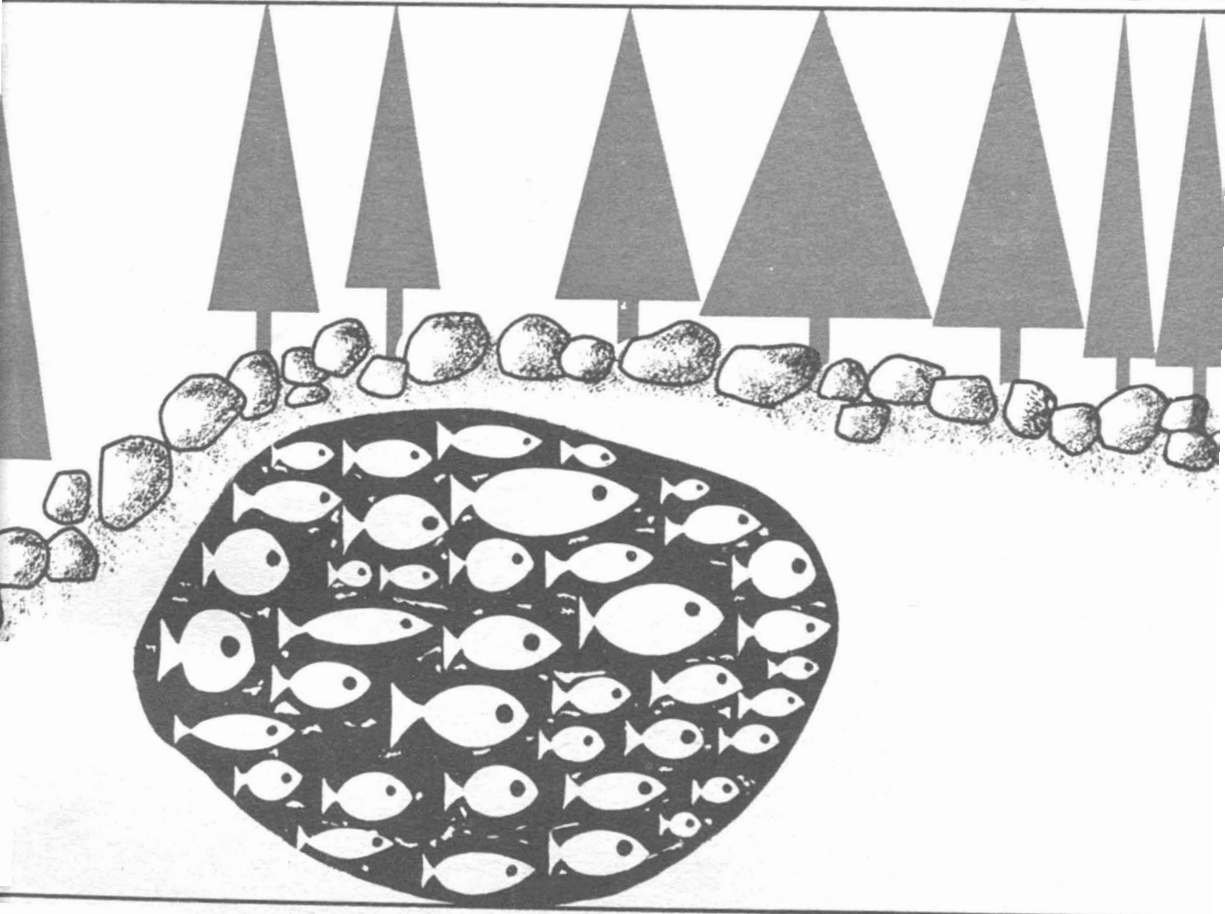


Volume 96,

N° 1,

janvier - février 1969

e naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR

G.-WILFRID CORRIVAUT

DIRECTEUR-ADJOINT

MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

GUY LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*

RENÉ BÉIQUE, *Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Université Laval*

PAUL BERTHET, *Faculté des sciences
de Lyon*

LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*

MICHEL DELSOL, *Faculté catholique
de Lyon*

LLOYD M. DICKIE, *Institut océano-
graphique de Bedford*

ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*

PAUL GERVAIS, *Université Laval*

ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire
naturelle de Paris*

WILLIAM S. HOAR, *Université de la
Colombie-Britannique*

ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*

VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*

GASTON MOISAN, *Université Laval*

A. C. NEISH, *Conseil national des recher-
ches du Canada, Halifax*

W. E. RICKER, *Office des recherches sur
les pêcheries du Canada*

D. M. ROSS, *Université d'Alberta*

HENRI TINTANT, *Faculté des sciences
de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec (2^e), Québec

Abonnement annuel

au Canada : \$ 6.00

— à l'étranger : \$ 7.00

— le numéro : \$ 1.50

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétaire de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec (10^e), Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Ministère des Affaires culturelles du Québec.

Le Ministère des Postes, à Ottawa, a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de deuxième classe de la présente publication.

VOLUME 96, 1969

LE NATURALISTE CANADIEN

Fondé en 1868 par l'abbé L. Provancher

PUBLICATION DE
L'UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC, CANADA

SOMMAIRE GÉNÉRAL DU VOLUME 96

NUMÉRO 1

La territorialité: Mécanisme de régulation de la densité de population chez certains Passériformes du Québec	RAYMOND McNEIL	1
Régimes d'exploitation du trèfle Ladino cultivé en association avec le mil et le brome. I. Productivité et composition botanique du fourrage.....	PAUL GERVAIS	37
Régimes d'exploitation du trèfle Ladino cultivé en association avec le mil et le brome. II. Composition chimique du fourrage ..	PAUL GERVAIS	47
Influence de la température sur le gonflement et le retrait des sols	S.-J. BOURGET	55
Influence de la tension de l'eau du sol sur le rendement et la composition minérale de l'orge et de la pomme de terre	A.-R. PESANT et S.-J. BOURGET	61
Variance génétique dans le fraisier	ROGER BÉDARD et FLORIAN I. LAUER	73
Dormance chez le fraisier	G. BEAUMONT, R. BÉDARD et H. P. THERRIEN	87
Le massif des monts Groulx : Note phytogéographique	PIERRE LANDRY	95
Études sur les <i>Solidago</i> L. IX. Une troisième liste de nombres chromosomiques des taxons du genre <i>Solidago</i> et de certains genres voisins....	JEAN R. BEAUDRY	103
A collection of marine algae from Newfoundland. II. Chlorophyta and Rhodophyta	ROBERT K. S. LEE	123
COMMUNICATION BRÈVE		
« Intercotidal » ou intertidal ?	JEAN-CLAUDE DIONNE	147
REVUE DES LIVRES		149

NUMÉRO 2

L'habitat du <i>Carex laxiculmis</i> Schwein. et du <i>Woodsia obtusa</i> (Spreng.) Torr. à Frelighsburg (Missisquoi), Québec	LIONEL CINQ-MARS	157
Les hybrides intergénériques <i>Aster</i> X <i>Solidago</i>	JEAN-PAUL BERNARD	167
Étude du pigment rouge isolé des fruits d' <i>Actaea rubra</i> Wild	G. FAVREAU, Y. RAYMOND et J. MASQUELIER	191
Technique histochimique pour l'étude de la polyphénoloxydase dans le xylème de l'orme d'Amérique	CAMILIEN GAGNON	203

Caractères cultureux et cytologiques de quelques espèces rangées par Bourdot et Galzin et d'autres auteurs dans le genre <i>Phaeolus</i> (Polyporacées)	ALIX DAVID	211
L'effet d'une éclaircie sur la croissance quinquennale d'un peuplement de sapin baumier âgé de 15 ans	PAUL E. VÉZINA et RENÉ-A. DOUCET	225
Sur trois <i>Himalopsyche</i> d'URSS (Trichoptères, Rhyacophilides)	F. SCHMID	243
Sur la position taxonomique du genre <i>Jafnea</i> Korf	P. BERTHET et R. P. KORF	247
COMMUNICATIONS BRÈVES		
Preliminary observations on nitrogen losses through ammonia volatilization following urea fertilization of soil in a jack pine forest	B. BERNIER, D. CARRIER and W. A. SMIRNOFF	251
Ethylene production with accompanying respiration rates from the time of blossoming to fruit maturity in three <i>Vaccinium</i> species	F. R. FORSYTH and I. V. HALL	257
NOTE TECHNIQUE		
A guide for the application of dark field microscopy for routine diagnosis in insect pathology	W. A. SMIRNOFF	261
REVUE DES LIVRES		277

NUMÉRO 3

Biologie et écologie de <i>Pandalus montagui</i> Leach (Decapoda Natantia). I. Distribution et migrations, à Grande-Rivière (Gaspé), Québec	RICHARD COUTURE et PIERRE TRUDEL	283
Biologie et écologie de <i>Pandalus montagui</i> Leach (Decapoda Natantia). II. Âge, croissance et reproduction.	RICHARD COUTURE et PIERRE TRUDEL	301
Contribution to the study of the food habits of Caribou. Part I. Lichen preferences	PIERRE DESMEULES and JOAN HEYLAND	317
Contribution to the study of the food habits of Caribou. Part II. Daily consumption of lichen	PIERRE DESMEULES and JOAN HEYLAND	333
Répartition géographique de l'Éperlan arc-en-ciel <i>Osmerus eparlanus mordax</i> et de <i>Glugea hertwigi</i> (Sporozoa: Microsporidia) en eau douce, au Québec	CLAUDE DELISLE et CLÉMENT VEILLEUX	337
Les fluctuations quantitatives du zooplancton de la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). I. Conditions hydroclimatiques et analyse volumétrique	GUY LACROIX et GABRIEL FILTEAU	359

Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les grès de Gaspé (Québec). II. Morphologie et systématique. Première section : A. – Euryptérides, B. – Ostracodermes, C. – Acanthodiens et Séla-ciens	YVON PAGEAU	399
REVUE DES LIVRES		479

NUMÉRO 4

Dr. Smallwood's weather observatory at St. Martin's	J. S. MARSHALL and NANCY BIGNELL	483
Feuillaison et défoliation des feuillus au Québec ..	G.-OSCAR VILLENEUVE	491
The usefulness of climatic normals for plant zonation in Canada	C. E. OUELLET	507
Interception de la pluie par une sapinière laurentienne	JEAN-GUY FRÉCHETTE	523
On the use of isentropic trajectories in the study of pollen transports	A. D. CHRISTIE and J. C. RITCHIE	531
Fréquences annuelles des précipitations au Québec méridional	RAYMOND-M. GAGNON	551
La fréquence de la rosée à la station agronomique de Saint-Augustin, Québec	PIERRE GOSSELIN	555
Vertical temperature distribution over Montréal	D. YAP, K. L. S. GUNN and C. EAST	561
Les pluies maximales probables au Québec	RAYMOND PERRIER	581
Pluie horaire à l'Assomption, Québec	R.-M. GAGNON	591
Évapotranspiration potentielle au Québec	MICHEL FERLAND	601
Vapor pressure deficit vs. relative humidity for expressing atmospheric moisture content	G. D. V. WILLIAMS and J. BROCHU	621
Estimation du nombre de jours d'enneigement par des variables macro-climatiques dans la moitié orientale du Canada	C. E. OUELLET	637
Vorticity in nature : the mechanics of hurricane development	M. SCHABBAR	651
Régime des vents à Grande-Rivière (Baie des Chaleurs)	F.-ROBERT BOUDREAU	667
Thunder — A survey	BHARTENDU	671
Modèle mathématique de crues à la fonte de la neige	RAYMOND CHARBONNEAU	683
Recent canadian trends in air pollution meteorology	R. E. MUNN and M. S. HIRT	711

COMMUNICATIONS BRÈVES

Influence de la matière organique dans le dosage du fer, de l'aluminium et du manganèse dans les sols à l'aide du spectrophotomètre à absorption atomique	R. BARIL et G. BITTON	725
REVUE DES LIVRES		731

NUMÉRO 5

Une nouvelle espèce arctique de <i>Lathyrus</i>	JACQUES ROUSSEAU et MARCEL RAYMOND	735
Études sur la flore du Saguenay. II. – Note sur la présence de l' <i>Aster laevis</i> L.	RICHARD CAYOUE	743
Études sur la flore du comté de Lévis. I. – Notes sur quelques espèces d'importance phytogéographique	DOMINIQUE DOYON et RICHARD CAYOUE	749
<i>Sarracenia purpurea</i> L. as host and carnivore at Lac Carré, Terrebonne Co., Québec	DOROTHY E. SWALES	759
Notes phytogéographiques et description d'un saule hybride	ERNEST LEPAGE	765
The Provancher species of <i>Prototrupoidea</i> (Hymenoptera)	LUBOMIR MASNER	775
Aspects de la régénération chez <i>Veretillum cynomorium</i> (Cnidaria, Pennatulacea)	BERNARD BUISSON	785
A comparison of the rates of apparent photosynthesis of the cranberry and the common lowbush blueberry	BEVERLY BONN, F. R. FORSYTH and I. V. HALL	799
Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les grès de Gaspé (Québec). II – Morphologie et systématique	YVON PAGEAU	805
REVUE DES LIVRES		891

NUMÉRO 6

Modification du métabolisme des protéines au cours de l'endurcissement au froid du blé d'hiver	M. V. BRIQUET, H. P. THERRIEN et E. A. ROCHAT	895
Comportement de certaines variétés de trèfle blanc sous paissance simulée	PAUL GERVAIS	903
Dénombrement des chromosomes chez quelques cyprins	PIERRE LEGENDRE et DAVID M. STEVEN	913

The Arctic char, <i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus), of Matamek Lake, Québec	LLYOD H. SAUNDERS and G. POWER	919
Synopsis of nearctic ichneumoninae stenopneusticae with particular reference to the northeastern region (Hymenoptera) — Supplement 1	GERD H. HEINRICH	935
Life-form spectra of contrasting slopes of the grazed pastures of Northern New Jersey	JEAN-MARC DESCHÊNES	965
La Société Linnéenne de Québec. Ses 40 ans de vie active	GÉRARD DUMONT	979
REVUE DES LIVRES		985
SOMMAIRE GÉNÉRAL DU VOLUME 96		II
INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS AVEC TITRES		IIV

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS AVEC TITRES

Baril, R. et G. Bitton. Influence de la matière organique dans le dosage du fer, de l'aluminium et du manganèse dans les sols à l'aide du spectrophotomètre à absorption atomique	725
Beaudry, Jean R. Études sur les <i>Solidago</i> L. IX. Une troisième liste de nombres chromosomiques des taxons du genre <i>Solidago</i> et de certains genres voisins	103
Beaumont, G., R. Bédard et H. P. Therrien. Dormance chez le fraisier	87
Bédard, R. Voir G. Beaumont	87
Bédard, Roger et Florian I. Lauer. Variance génétique dans le fraisier	73
Bernard, Jean-Paul. Les hybrides intergénériques <i>Aster X Solidago</i>	167
Bernier, B., D. Carrier and W. A. Smirnoff. Preliminary observations on nitrogen losses through ammonia volatilization following urea fertilization of soil in a jack pine forest	251
Berthet, P. et R. P. Korf. Sur la position taxonomique du genre <i>Jafnea</i> Korf	247
Bhartendu. Thunder — A survey	671
Bignell, Nancy. Voir J. S. Marshall	483
Bitton, G. Voir R. Baril	725
Bonn, Beverley, F. R. Forsyth and I. V. Hall. A comparison of the rates of apparent photosynthesis of the cranberry and the common lowbush blueberry	799
Boudreault, F.-Robert. Régime des vents à Grande-Rivière (Baie des Chaleurs)	667
Bourget, S. J. Influence de la température sur le gonflement et le retrait des sols	55
Bourget, S. J. Voir A.-R. Pesant	61
Briquet, M. V., H. P. Therrien et E. A. Rochat. Modification du métabolisme des protéines au cours de l'endurcissement au froid du blé d'hiver	895
Brochu, J. Voir G. D. V. Williams	621
Buisson, Bernard. Aspects de la régénération chez <i>Veretillum cynomorium</i> (Cnidaria, Pennatulacea)	785
Carrier, D. Voir B. Bernier	251
Cayouette, Richard. Études sur la flore du Saguenay. II — Note sur la présence de l' <i>Aster laevis</i> L	743
Cayouette, Richard. Voir Dominique Doyon	749
Charbonneau, Raymond. Modèle mathématique de crues à la fonte de la neige	683
Christie, A. D. and J. C. Ritchie. On the use of isentropic trajectories in the study of pollen transports	531
Cinq-Mars, Lionel. L'habitat du <i>Carex laxiculmis</i> Schwein. et du <i>Woodsia obtusa</i> (Spreng.) Torr. à Frelighsburg (Missisquoi), Québec	157

Couture, Richard et Pierre Trudel. Biologie et écologie de <i>Pandalus montagui</i> Leach (Decapoda Natantia). I. Distribution et migrations à Grande-Rivière (Gaspé), Québec	283
Couture, Richard et Pierre Trudel. Biologie et écologie de <i>Pandalus montagui</i> Leach (Decapoda Natantia). II. Âge, croissance et reproduction	301
David, Alix. Caractères culturaux et cytologiques de quelques espèces rangées par Bourdot et Galzin et d'autres auteurs dans le genre <i>Phaeolus</i> (Polyporacées) ..	211
Delisle, Claude et Clément Veilleux. Répartition géographique de l'Éperlan arc-en-ciel <i>Osmerus eperlanus mordax</i> et de <i>Glugea hertwigi</i> (Sporozoa: Microsporidia) en eau douce au Québec	337
DesMeules, Pierre and Joan Heyland. Contribution to the study of the food habits of Caribou. Part I. Lichen preferences	317
DesMeules, Pierre and Joan Heyland. Contribution to the study of the food habits of Caribou. Part II. Daily consumption of lichens	333
Dionne, Jean-Claude. "Intercotidal" ou intertidal?	147
Doyon, Dominique et Richard Cayouette. Études sur la flore du comté de Lévis. I — Notes sur quelques espèces d'importance phytogéographique	749
Dumont, Gérard. La Société Linnéenne de Québec. Ses 40 ans de vie active	979
East, C. Voir D. Yap	561
Favreau, G., Y. Raymond et J. Masquelier. Étude du pigment rouge isolé des fruits d' <i>Actaea rubra</i> Wild	191
Ferland, Michel. Évapotranspiration potentielle au Québec	601
Filteau, Gabriel. Voir Guy Lacroix	359
Forsyth, F. R. Voir Beverley Bonn	799
Forsyth, F. R. and I. V. Hall. Ethylene production with accompanying respiration rates from the time of blossoming to fruit maturity in three <i>Vaccinium</i> species	257
Fréchette, Jean-Guy. Interception de la pluie par une sapinière laurentienne	523
Gagnon, Camilien. Technique histochimique pour l'étude de la polyphénoloxydase dans le xylène de l'orme d'Amérique	203
Gagnon, R. M. Pluie horaire à l'Assomption, Québec	691
Gagnon, Raymond-M. Fréquences annuelles des précipitations au Québec méridional	551
Gervais, Paul. Régimes d'exploitation du trèfle Ladino cultivé en association avec le mil et le brome. I. Productivité et composition botanique du fourrage	37
Gervais Paul. Régimes d'exploitation du trèfle Ladino cultivé en association avec le mil et le brome. II. Composition chimique du fourrage	47
Gervais Paul. Comportement de certaines variétés de trèfle blanc sous paissance simulée	903
Gosselin, Pierre. La fréquence de la rosée à la station agronomique de Saint-Augustin	555

Gunn, K. L. S. Voir D. Yap	561
Hall, I. V. Voir F. R. Forsyth	257
Hall, I. V. Voir Beverley Bonn	799
Heinrich, Gerd H. Synopsis of nearctic ichneumoninae stenopneusticae with particular reference to the northeastern region (Hymenoptera) Supplement I	935
Heyland, Joan. Voir Pierre DesMeules	317
Heyland, Joan. Voir Pierre DesMeules	333
Hirt, M. S. Voir R. E. Munn	711
Korf, R. P. Voir P. Berthelet	247
Lacroix, Guy et Gabriel Filteau. Les fluctuations quantitatives du zooplancton de la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). I. Conditions hydroclimatiques et analyse volumétrique	359
Landry, Pierre. Le massif des monts Groulx: Note phytogéographique	95
Lauer, Florian I. Voir Roger Bédard	73
Lee, Robert K. S. A collection of marine algae from Newfoundland. II. Chlorophyta and Rhodophyta	123
Legendre, Pierre et David M. Steven. Dénombrement des chromosomes chez quelques cyprins	913
Lepage, Ernest. Notes phytogéographiques et description d'un saule hybride	765
McNeil, Raymond. La territorialité: Mécanisme de régulation de la densité de population chez certains Passériformes du Québec	1
Marshall, J. S. and Nancy Bignell. Dr Smallwood's weather observatory at St. Martin's	483
Masner, Lubomir. The Provancher species of Proctotrupoidea (Hymenoptera)	775
Masquelier, J. Voir G. Favreau	191
Munn, R. E. and M. S. Hirt. Recent canadian trends in air pollution meteorology	711
Ouellet, C. E. The usefulness of climatic normals for plant zonation in Canada	507
Ouellet, C. E. Estimation du nombre de jours d'enneigement par des variables macroclimatiques dans la moitié orientale du Canada	637
Pageau, Yvon. Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les grès de Gaspé (Québec) II. Morphologie et systématique. Première section: A. — Euryptérides, B. — Ostracodermes, C. — Acanthodiens et Sélaciens	399
Pageau, Yvon. Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les grès de Gaspé (Québec). II. Morphologie et systématique	805
Perrier, Raymond. Les pluies maximales probables au Québec	581
Pesant, A.-R. et S.-J. Bourget. Influence de la tension de l'eau du sol sur le rendement et la composition minérale de l'orge et de la pomme de terre	61
Power, G. Voir Lloyd H. Saunders	919

Raymond, Marcel. Voir Jacques Rousseau	735
Raymond, Y. Voir G. Favreau	191
Ritchie, J. C. Voir A. D. Christie	531
Rochat, E. A. Voir M. V. Briquet	895
Rousseau, Jacques et Marcel Raymond. Une nouvelle espèce arctique de <i>Lathyrus</i>	735
Saunders, Lloyd H. and G. Power. The Arctic char, <i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus), of Matamek Lake, Québec	919
Schabbar, M. Vorticity in nature: the mechanics of hurricane development	651
Schmid, F. Sur trois <i>Himalopsyche</i> d'URSS (Trichoptères, Rhyacophilides)	243
Smirnoff, W. A. Voir B. Bernier	251
Smirnoff, W. A. A guide for the application of dark field microscopy for routine diagnosis in insect pathology	261
Steven, David M. Voir Pierre Legendre	913
Therrien, H. P. Voir G. Beaumont	87
Therrien, H. P. Voir M. V. Briquet	895
Trudel, Pierre. Voir Richard Couture	283
Trudel, Pierre. Voir Richard Couture	301
Veilleux, Clément. Voir Claude Delisle	337
Vézina, Paul E. et René A. Doucet. L'effet d'une éclaircie sur la croissance quinquennale d'un peuplement de sapin baumier âgé de 15 ans	225
Villeneuve, G.-Oscar. Feuillaison et défoliation des feuillus au Québec	491
Williams, G. D. V. Vapor pressure deficit vs relative humidity for expressing atmospheric moisture content	621
Yap, D., K. L. S. Gunn and C. East. Vertical temperature distribution over Montréal	561

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Présentation des manuscrits

Le manuscrit, écrit en français ou en anglais, doit être dactylographié sur papier de format 8½ x 11 avec double interligne, au recto seulement de chaque feuille, sans ratures. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et des graphiques.

Au début de chaque mémoire on indiquera dans l'ordre:

- le titre du mémoire; il devra être bref et précis, ne comporter ni abréviations, ni formule chimiques (il est permis d'utiliser les symboles chimiques pour indiquer les isotopes).
- le nom de l'auteur ou des auteurs, précédé des initiales ou du prénom; il est préférable d'omettre les grades et titres académiques.
- le nom de l'établissement dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.
- un bref résumé en français et un autre en anglais, n'excédant pas 300 mots chacun, doivent précéder le texte.

Références bibliographiques

Les références peuvent être citées dans le texte par un numéro ou par le nom de l'auteur et l'année de publication. Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de: *et al.*

A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs.

Chaque citation comprendra: 1) nom et prénom (ou initiales des prénoms) de L'AUTEUR; 2) année de publication; 3) titre de l'article; 4) titre du périodique en abrégé (selon la *Word List of Scientific Periodicals* ou *Chemical Abstracts*); 5) le tome du volume, en **chiffres arabes**; 6) première et dernière pages du mémoire.

Pour les livres cités dans la bibliographie, on indiquera: 1) nom et initiales des prénoms de L'AUTEUR; 2) date de publication; 3) titre de l'ouvrage; 4) nom de l'éditeur; 5) ville; 6) nombre de pages.

Plan du manuscrit

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan suivant: introductions méthodes expérimentales, matériel utilisé, résultats, discussions et conclusion, remerciement, et références. L'importance des titres et sous-titres doit être mise en évidence par l'emploi judicieux des italiques et capitales. Les caractères soulignés d'un trait sont composés *en italique*, de deux traits en PETITES CAPITALES, de trois traits en GRANDES CAPITALES, d'un trait ondulé en **caractères gras**.

Les noms latins d'espèces et de variétés doivent être soulignés en vue de leur impression en italiques.

Les noms communs d'êtres vivants prennent une majuscule initiale lorsqu'ils sont employés pour désigner l'espèce dans son ensemble.

Les notes infrapaginales doivent être réduites à un strict minimum et numérotées successivement dans tout le texte.

Illustrations du manuscrit

La direction de la revue limite ses frais de clichage à trois clichés par manuscrit; tous clichés additionnels seront à la charge de l'auteur.

Les photographies doivent être de bonne qualité et finies sur papier glacé. Deux, quatre ou huit photographies peuvent être groupées sur une même planche, collées sur un carton rigide de 7" x 10", numérotées proprement et visiblement à l'extrémité droite de chaque photographie. On indiquera à l'endos le nom de l'auteur, le titre du texte et le numéro correspondant à la citation du texte.

Les graphiques ou autres dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc de type « Bristol » avec légende complète. Dans certains cas, la photographie ou le dessin doit comporter une échelle de référence indiquant la grandeur.

Les tableaux seront numérotés en chiffres romains. Leur nombre et leur dimension seront réduits au minimum. Les mêmes données numériques ne doivent pas être publiées deux fois, une fois sous forme de tableaux, une autre fois sous forme de courbes.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

Presentation of paper

Papers in either French or English should be typewritten, double-spaced throughout, (including tables, references and legends) on white bond paper 8½ x 11. Each sheet should be numbered; and references, tables, figures and legends should be on separate sheets.

The title page should give the following informations:

- Title: short and precise, without any abbreviations or chemical formulæ (except isotopes).
- Name of author or authors preceded by initials.
- Address; Author's institution.
- Abstract; both an English abstract not exceeding 300 words, and a French *résumé* should precede the text.

References

IN THE TEXT: — They should be cited either by a number or by the name of the author with the year of publication. Only the first author followed by *et al* should be given when the article has more than three authors.

REFERENCE SECTION: — Authors should be listed alphabetically or numerically and indicated the following way for periodicals (with the punctuation shown): Author's name and initials. Year of publication. Title. Name of journal spelled out or abbreviated in accordance with *the World list of scientific periodicals or Chemical Abstracts*, volume number: inclusive pagination. In the case of books, references should be listed the following way: Author's name and initials. Year of publication. Complete title. Name of publisher. Address of publisher. Number of pages.

Example: OSBORNE, F. F., 1956, Geology near Quebec City. *Naturaliste Can.*, **83**, 157-223.

Form of paper

Considerable latitude is allowable in the arrangement of the contents of a paper, however, it is felt that in many papers it is possible to adhere to an arrangement as follows: Introduction, Methods, Materials, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References.

Underlining in the text should be avoided. Contributors should know that words underlined by a single line appear in *italics* in the printed form. They appear as SMALL CAPITALS when underlined twice, and FULL CAPITAL when underlined three times.

Footnotes, which are to be avoided as far as possible, should bear consecutive numbers.

Illustrations

PHOTOGRAPHS: — Plates should bear a reasonable relationship to the length of the text and must be meaningful. A paper of 20 printed pages should have no more than 3 plates. The author can be required to pay for additional plates. For good reproduction, they should be a good quality, of high contrast, and printed on glossy paper. A plate can be made up by mounting 2-4-8- or more pictures mounted on cardboard of 7" x 10". Each picture should have a figure number on the lower right corner. The author is responsible for providing figures of a size and quality suitable for grouping into plates. The reverse side of each photograph or plate should bear the author's name with the figure number used for reference in the text.

GRAPHS AND LINE DRAWINGS: — They should be made with India ink on white drawing paper or Bristol board and have a complete legend.

TABLES: — They should bear consecutive Roman numbers. The same data should not be presented in two forms *i.e.* tables and curves.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 96

Janvier-Février 1969

N° 1

LA TERRITORIALITÉ : MÉCANISME DE RÉGULATION DE LA DENSITÉ DE POPULATION CHEZ CERTAINS PASSÉRIFORMES DU QUÉBEC¹

RAYMOND MCNEIL

Département des Sciences Biologiques, Université de Montréal

Résumé

Les résultats présents indiquent que la superficie moyenne des territoires (\bar{T}) et le pourcentage de couverture de l'espace par les territoires de l'espèce (C) sont des facteurs dépendants de la densité de la population (D). Par contre, entre \bar{T} et C, il n'y a aucune corrélation. Il semble que \bar{T} ait une superficie maximale autant qu'une superficie minimale, autrement dit, même si l'espace est inoccupé, un mâle n'étendra pas les limites de son territoire indéfiniment. En outre, les données actuelles tendent à démontrer qu'il n'y a aucune corrélation entre la superficie moyenne des territoires et les besoins alimentaires de l'espèce.

Étant donné que \bar{T} est constant par rapport à l'indice volumétrique de la végétation (I.V.) et que C augmente proportionnellement à I.V., on peut conclure que \bar{T} est indépendant de I.V. et que le C serait indirectement dépendant de I.V., étant lié avant tout à D, lequel varie selon I.V. D'autre part, vu qu'il n'y a pas de corrélation entre \bar{T} et I.V., il semble que la valeur alimentaire du territoire n'est pas tellement importante. Le niveau de saturation de l'habitat influence d'abord la densité et la biomasse, et ensuite le C et la superficie territoriale, car le C et le \bar{T} dépendent premièrement de la densité.

En conséquence, on peut croire que les principales fonctions biologiques du territoire (type A) sont de limiter la densité de la population, d'éviter la surpopulation, tout en facilitant la formation du couple et en le maintenant uni, en réduisant les interactions dans les activités reproductives de la part des autres membres conspécifiques. Ces fonctions possibles sont, semble-t-il, plus importantes encore que la réserve de nourriture.

Abstract

According to the present data, the population density (D) appears to control the mean area of the territories (\bar{T}) and the space covered

1. Travail poursuivi en vue de l'obtention du grade de M. Sc. sous la direction du professeur Paul Pirlot au Département des Sciences Biologiques de l'Université de Montréal.

by the territories of the species (C). There is no correlation between \bar{T} and C. It seems that \bar{T} might have a maximum as well as a minimum area: a male will not extend indefinitely the limits of its territory in the presence of inoccupied space. Moreover the data indicate that there is no correlation between the mean area of the territories and the food necessities of the species.

Because \bar{T} is constant with regard to the volumetric vegetation index (I.V.) and because C increases proportionally to I.V., we may conclude that \bar{T} is independent on I.V. and that C is indirectly dependent on I.V., being essentially related to D, which varies proportionally to I.V. On the other hand, because there is no correlation between \bar{T} and I.V., the food value of the territory does not seem to be so much important. The carrying capacity of the habitat affects first of all the density (D) and the biomass, and consequently C and \bar{T} , because C and \bar{T} are density dependent.

Consequently, we may conclude that the principal biological functions of the territory (type A) are to limit the population density, to avoid overpopulation while facilitating the pair-formation and its maintenance, and while reducing conspecific interactions in the reproductive activities. These possible functions appear to be more important than the food value of the territory.

Introduction

Si l'on se réfère à plusieurs travaux de la littérature, on se rend compte que différents facteurs peuvent agir sur la densité des populations, et surtout que les facteurs qui agissent sur la superficie des territoires sont plus ou moins connus. Par exemple, le territoire d'*Empidonax minimus* diminue en superficie si la densité de la végétation augmente (Breckenridge, 1956). Chez *Seiurus aurocapillus*, c'est l'inverse (Stenger and Falls, 1959). Enfin, la superficie territoriale semble plus ou moins dépendante de la densité de la population; même si les auteurs ne l'affirment pas clairement, c'est là une idée qui découle de la lecture de leurs travaux (Conder, 1956; Lawrence, 1953; Stewart, 1953).

La territorialité, dans le sens de Noble (1939) « Any defended area », existe chez un grand nombre d'espèces animales (poissons, reptiles, oiseaux, mammifères). Plusieurs synthèses ont été publiées sur la territorialité des oiseaux (Altum, 1868; Moffat, 1903; Howard, 1920; Mayr, 1935; Noble, 1939; Nice, 1941; Armstrong, 1947; Hinde, 1956). La publication la plus récente sur ce sujet remonte à 1958; il s'agit du travail de Carpenter qui fait une revue de la territorialité chez les vertébrés en donnant l'historique, les définitions, les fonctions. Carpenter retrace l'idée de la territorialité jusqu'à 1678, et je cite: « Willugby (1678) believed that the male nightingale at his first coming occupied or seized a place, which Willugby termed a Friehold. Into this area, the nightingale would not admit others except his mate ». Selon Lack (1944), l'idée de

« food-territory » remonte à Aristote. Néanmoins, le terme *territoire* semble avoir été utilisé pour la première fois par Goldsmith en 1774. Parlant des oiseaux de la catégorie des pinsons, Goldsmith (1854) écrit: « *The fact is, all these small birds mark out a territory to themselves, which they will permit none of their own species to remain in; they guard their dominions with the most watchful resentment; and we seldom find two male tenants in the same hedge together* » En 1868, Altum définissait ainsi le territoire chez les oiseaux (traduit par Mayr, 1935): « *Territory is an area occupied by one male of a species which it defends against intrusions of other males of the same species and in which it makes itself conspicuous* ». Noble (1939) donne donc une définition plus large: « *Any defended area* ».

Dans la classe des oiseaux, on peut rencontrer plusieurs types de territoires variant quant à la grandeur, et quant à la fonction. Plusieurs auteurs (Nice, 1941; Armstrong, 1947; Hinde, 1956) ont tenté d'en faire une classification. Acceptant la définition de Noble, on s'aperçoit qu'aucune de ces classifications n'est complète car plusieurs espèces manifestent des types de territorialité qu'on ne peut ranger dans l'une ou l'autre des classifications.

J'inclus ici la classification de Hinde (1956):

TYPE A: « *Large breeding area within which nesting, courtship, and mating and most of food-seeking usually occur* ». Ceci est le type de territorialité le plus courant chez les Passériformes. C'est celui que nous allons considérer dans ce travail. C'est un territoire dont les limites sont établies par le mâle, limites que le mâle manifeste par son chant, parfois aidé de la femelle. La définition d'Altum s'applique bien ici, et ce type correspond au type A décrit par Nice en 1941. Il y a exclusion territoriale intraspécifique et les territoires d'une même espèce ne se compénètrent pas.

TYPE B: « *Large breeding area, not furnishing most of the food, e.g. Nightjar* ».

TYPE C: « *Nesting territories of colonial birds--a small area around the nest* ». Ici, on peut inclure les territoires des goélands et ceux des Fous de Bassan.

TYPE D: « *Pairing and/or mating territories* ». Comme exemple, citons la Poule des prairies, *Tympanuchus cupido*.

Ayant toujours à l'esprit « *Any defended area* » comme définition du territoire, on doit admettre que la classification de Hinde, tout en étant probablement la meilleure, ne permet pas de classer les « *Feeding territory* » et « *Roosting territory* » de Nice (1941), ni le « *Mating and nesting territory* » des albatros (espace restreint autour du nid, voir Rice and Kenyon, 1962), ni le « *Winter territory* » du Pipit commun (*Anthus spinoletta*) défendu par chaque sexe séparément en hiver (Gibb, 1956), ni le territoire défendu par le mâle et centré autour de la femelle (territoire qui se déplace avec la femelle) chez *Leucosticte tephroscoïis* (French, 1959), ni le territoire communal défendu par 15-25

individus de *Crotophaga ani* et chez qui plusieurs femelles peuvent nicher et couvrir dans le même nid (Davis, 1940), ni l'« *individual distance* » qui, selon Conder (1949), est « *an area around a bird, which moves with it, has no topographical reference, and into which no other individual is allowed to come* » (un exemple de ceci a été publié par Marler en 1956 à propos de *Fringilla coelebs*).

Comme on peut le voir, la variété des types de territoires est très grande et très complexe. Quelques espèces, cependant, n'ont pas de territoire, ainsi *Tringa totanus* (Hale, 1956) et les colibris du genre *Amazilia* (Skutch, cité par Mayaud, 1950). Le type de territorialité le plus répandu est le type A; toutefois on s'aperçoit que même à l'intérieur d'un type tel que celui-ci, il y a des variantes. Ainsi, chez la Fauvette flamboyante (*Setophaga ruticilla*), le mâle et la femelle défendent le type A; mais à l'intérieur de ce territoire, la femelle défend un espace autour du nid, contre l'intrusion par son conjoint (Ficken, 1962).

Tous ces types de territoires représentent des situations intraspécifiques; il est cependant important de considérer les types de situations interspécifiques, ou de territorialisme interspécifique. Cette question a été traitée par Simmons en 1951, et ses conclusions sont résumées par Hamilton (1962):

1— « *Territorial overlap within the same habitat (habitat co-occupancy)* ». C'est la situation trouvée chez le genre *Parus* dans les régions paléarctiques ouest (Gibb, 1954; cité par Hamilton, 1962). Ici, il semble que les couples défendent leur territoire contre les individus conspécifiques et non contre les individus congénériques. Hamilton suggère que les différences spécifiques des espèces, quant au plumage et aux moeurs, facilitent cet « *habitat co-occupancy* ». Ce serait le cas chez le genre *Dendroica* (MacArthur, 1958).

2— « *Occupation of the same habitat via mutual territorial exclusion (lateral habitat separation)* ». Ici, les couples excluent des territoires qu'ils défendent les individus conspécifiques et congénériques. C'est le cas entre les espèces du genre *Sturnella* (*magna* et *neglecta*) (Lanyon, 1956). C'est aussi le cas entre *Agelaius phoeniceus* et *A. Tricolor* en Californie (Orians and Collier, 1963). Ici, on songe à la loi de Gause (Gause, 1934, 1935). Il s'agit d'une adaptation permettant la sympatrie entre des congénères semblables morphologiquement et éthologiquement (Hamilton, 1962).

3— « *Territorial separation* ». Ici, les territoires, considérant leurs trois dimensions, sont séparés spatialement. Il y a stratification des niches. C'est le cas entre des espèces du genre *Vireo* (Hamilton, 1962).

Il peut exister d'autres types de situations interspécifiques surtout si l'on considère ce qui peut se passer entre des espèces de familles différentes. Ainsi, par exemple, l'« *aggressive neglect* » entre Meliphagidae et Nectariniidae (Ripley, 1959, 1961; MacArthur and MacArthur, 1961). Les situations que nous rencontrerons dans cette étude sont du premier et du troisième type.

Depuis la publication du travail d'Howard en 1920, la signification biologique du territoire a attiré l'attention de nombreux naturalistes; toutefois, à cause de la diversité des moeurs territoriales des oiseaux, différentes théories ont été proposées (Allee, 1947; Hinde, 1956; Rowan, 1966) et la question demeure toujours controversée. Plusieurs auteurs ont probablement eu tort de considérer séparément chaque type de territoire. Je me limite ici à résumer les principales fonctions biologiques attribuées au type A selon les classifications de Nice (1941) et d'Hinde (1956).

FACILITER LA FORMATION DU COUPLE ET LE MAINTENIR UNI

Howard (1920) attribuait deux principales fonctions au territoire, dont l'une consistait à faciliter la formation du couple et à le maintenir uni. Selon Lack (1935, 1943, 1948, 1954), il s'agit là probablement de la seule fonction de la territorialité: « *Territory seems to be nothing more than an affair of the male bird and its real significance is that it provides him with a more or less prominent headquarters where he can sing or otherwise display* ». Par « *display* », Lack entend ici la lutte qui a pour but d'attirer une femelle.

ASSURER UNE RÉSERVE DE NOURRITURE AU COUPLE ET À LA NICHÉE

Il s'agirait là de la première fonction biologique du territoire (Altum, 1868; Tinbergen, 1939; Nice, 1941) ou de la seconde (Moffat, 1903; Howard, 1920). Cette idée a été fortement critiquée par Lack (1943, 1954), et même par Hinde (1956). Lack (1954) écrivait: « *Few territorial species feed in their territories, and it is doubtful whether territorial behaviour is important in maintaining a food supply or in limiting numbers* ». En ce qui concerne les espèces qui s'alimentent sur leur territoire, Hinde (1956) écrivait: « *the behaviour is not specialized for the defense of food objects* ».

ASSURER LA PROTECTION DU COUPLE, DU NID ET DE LA NICHÉE

Cette idée a été proposée par Nice en 1941.

RÉDUIRE LA PRÉDATION PAR LA DISPERSION

Selon Tinbergen (1952), la dispersion des couples par la territorialité peut réduire la prédation sur l'espèce dans son ensemble, surtout quand les oeufs, les nids et les femelles sont cryptiques.

LIMITER LA DENSITÉ DE LA POPULATION ET ÉVITER LA SURPOPULATION

Moffat (1903) a suggéré que les corps à corps servaient à morceler les territoires, limitant à un endroit donné les couples à un nombre passablement

constant. Ces ajustements empêcheraient l'accroissement indéfini de la population et condamneraient les individus les plus faibles au célibat plutôt qu'à la mort. Moffat (1903), à l'égal de Kendeigh (1947), Hensley et Cope (1951), Stewart et Aldrich (1951), McNeil (1964) et Blondel (1965), soutenait que l'habitat contient un grand nombre d'oiseaux célibataires des deux sexes qui sont prêts à remplacer les oiseaux détenteurs de territoires, advenant leur disparition (mort, désertion, etc. . .).

Howard (1920) et Nice (1941) ont accepté l'idée que la territorialité puisse régulariser la densité de la population en limitant la reproduction. Cependant, Lack (1943, 1948, 1954) s'y est opposé fortement. Il prétendait de son côté que le nombre d'individus n'était pas régularisé par les moeurs territoriales, mais plutôt par une mortalité dépendante de la densité.

L'idée de Moffat a été reprise par Wynne-Edwards (1959, 1962, 1966). Il écrivait en 1959: « *A theory is put forward that, for each species, population-densities are limited at a safe level, which will protect the food-supply from longterm depletion and assure its renewal for the future. Instead of competing directly for food, animals compete for conventional substitutes, e.g. territory or social position, which are capable of imposing a ceiling density at the optimum level, and can prevent it from rising to the starvation level which would endanger future resources* ». Il ajoutait en 1962: « *when the population rises, instead of the density becoming greater and greater, in the best habitats it soon approaches a limit, and any surplus is obliged to overflow into less favourable habitats, until these are likewise filled up* ».

Au cours de l'été de 1962, j'ai fait des observations concernant les effets possibles du volume de la végétation sur la densité des populations et la superficie des territoires de certains Passériformes du Québec. Un nouveau concept a aussi été considéré; il s'agit du pourcentage de couverture de l'espace par les territoires de l'espèce. Je veux montrer le plus clairement possible les relations qui existent entre ces trois éléments qui appartiennent à l'autécologie, tout en essayant d'élucider le problème de la principale fonction biologique du territoire de type A.

Localité et climat

Cinq stations ont été choisies pour cette étude dans la localité de Saint-Fabien-de-Panet, Comté de Montmagny, Québec. Cette localité se situe à 46°38'N et 70°11'0, à environ 6 milles (9.6 km) à l'ouest de la frontière Québec-Maine (figure 1).

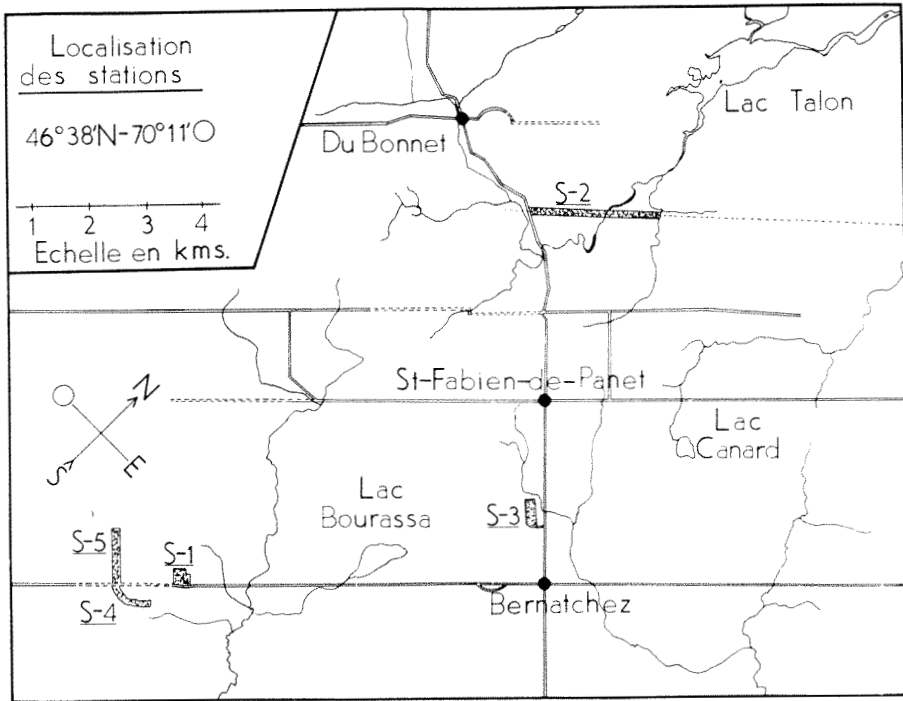


















FIGURE 1. Situation géographique des cinq stations (S-1, S-2, S-3, S-4, et S-5) à St-Fabien-de-Panet, Comté de Montmagny, Québec.

Toutes les eaux de cette région coulent vers la rivière Saint-Jean, au sud-est, dans l'État du Maine. Selon Béland (1957), la région est située, au point de vue physiographique, dans les Hautes-Terres des Appalaches. Toutes les roches consolidées sont d'âge paléozoïque et datent des époques allant du Cambrien au Dévonien. La plupart d'entre elles sont d'origine sédimentaire, mais il y a aussi des roches extrusives et intrusives. L'altitude de la région étudiée varie de 1300 (396 m) à 2200 pieds (671 m) au dessus du niveau de la mer. Il s'agit donc d'une topographie très ondulée à l'exception de la station no 2 (S-2) qui est plate.

La région en question a été défrichée depuis environ 60 ans. On y trouve de la forêt décidue sur les flancs de colline et de la forêt de conifères sur les terres les plus basses. Plusieurs de ces forêts ont été plus ou moins touchées par l'homme; les forêts mixtes semblent justement être le résultat du passage des bûcherons.

J'ai effectué les dénombrements des populations et la détermination des territoires au cours de l'été de 1962, spécialement en juin et juillet. Pendant cette période d'observations, les températures maximales ont varié entre les valeurs suivantes: juin, $57^{\circ}F - 81$, moyenne de 67; juillet, $56 - 73$, moyenne

Types de végétation.

- | | |
|---|--|
| 1  | 9  |
| 2  | 10  |
| 3  | 11  |
| 4  | 12  |
| 5  | 13  |
| 6  | 14  |
| 7  | 15  |
| 8  | 16  |

===== RIVIERE.



0 90 180
ECHELLE EN METRES.

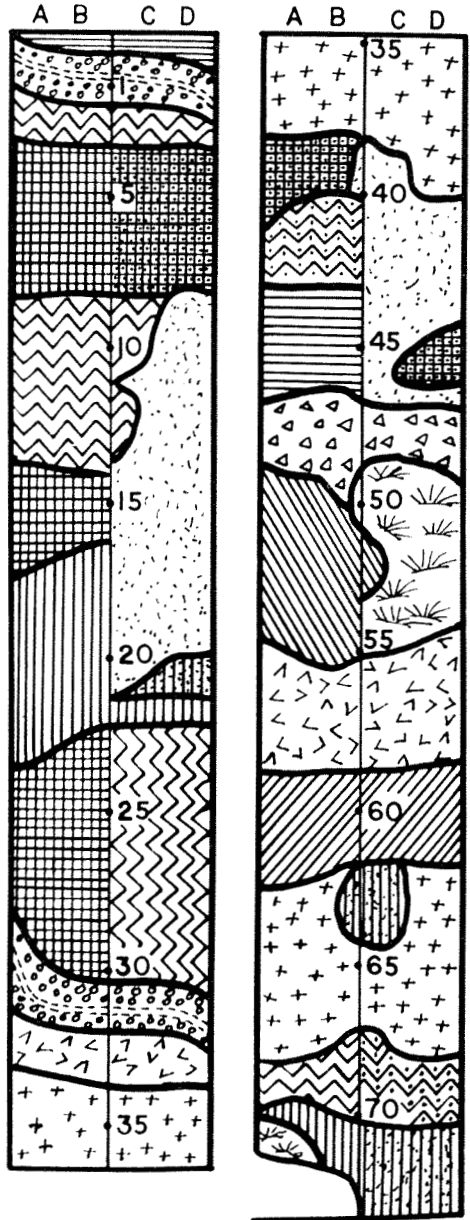


FIGURE 2. Carte illustrant la distribution des différents types de végétation de la station no 2 (S-2).

de 64. Pour décrire le climat, je me réfère à Blair (1957), Trawartha (1954) et à Waltz (1962) qui donnent la classification des climats établie par Köppen en 1918 et modifiée plus tard par Ackerman (1941). D'après ces auteurs, le climat du Québec, étant de type tempéré, peut être représenté par le symbole « Dbf ». Selon Blair et Waltz, ce climat est caractérisé par un été frais dont la température moyenne du mois le plus chaud s'élève à moins de 71.6°F (22°C). Ce type a, pour le mois le plus froid, janvier, une température au-dessous de 32°F (0°C), et est marqué par un hiver long et l'absence de saison sèche. La précipitation du mois le plus chaud dépasse 3 cm (1.2 pouces). Au cours de l'été de 1962, les précipitations furent à peu près normales.

Description structurale de la végétation

Dans la localité précédemment décrite (figure 1), cinq stations ont été choisies pour obtenir cinq biotopes pouvant être comparés. Ici, par biotope, j'entends l'habitat d'une communauté biotique (Udvardy, 1959), laquelle sera considérée comme un groupe de populations (Odum, 1960; Kendeigh, 1961).

Les cinq stations choisies ont été cartographiées (par exemple, voir figure 2). On peut caractériser les cinq biotopes correspondants de la façon suivante:

- S-1 — Forêt décidue plutôt homogène;
- S-4 — Forêt décidue hétérogène;
- S-3 — Forêt mixte hétérogène;
- S-5 — Forêt mixte partiellement bûchée récemment;
- S-2 — Forêt de conifères hétérogène.

Ici, par forêt mixte, j'entends une forêt qui contient des arbres décidus et des conifères mélangés, et par hétérogène, j'entends que la forêt contient plusieurs espèces d'arbres. Étant donné que toutes les stations étaient hétérogènes (à l'exception de S-1, voir figure 3) elles ont donc été subdivisées en autant de sous-stations qu'il y avait de types différents de végétation sur la station. Ces types étaient ensuite cartographiés (figure 2).

Pour décrire ces biotopes, une ligne imaginaire de 90 mètres de longueur fut tracée dans les endroits les plus caractéristiques de chaque type de végétation, c'est-à-dire une ligne réunissant quatre points consécutifs placés à intervalle de 30 mètres (voir figure 3).

Il existe deux méthodes de description de végétation applicables à une étude telle que la présente: celle de Dansereau (1958, 1961) utilisée et modifiée

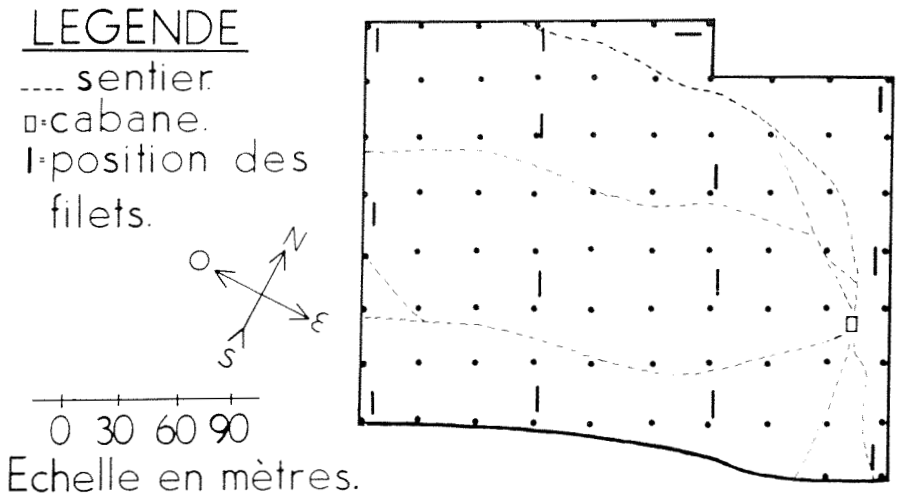


FIGURE 3. Carte de la station no 1 (S-1). Les points noirs représentent des plaques (numéros) posées aux arbres à intervalles de 30 mètres afin de subdiviser la station en coordonnées.

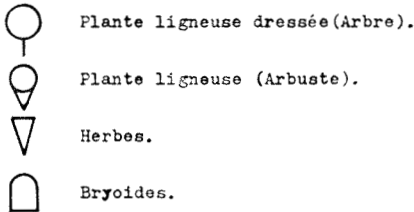
un peu par Waltz (1962), et celle d'Emlen (1956). Celle d'Emlen a beaucoup de valeur, cependant la méthode de description de la végétation par Dansereau, parce que structurale, s'avérait plus utile, surtout en vue d'une analyse ultérieure de la stratification des espèces aviennes dans la forêt en fonction de la stratification de la végétation.

La méthode retenue ici fut donc celle de Dansereau, modifiée partiellement et complétée pour le besoin de l'étude. Cette méthode permet de représenter visuellement, à l'aide de symboles introduits dans un graphique, tous les éléments du milieu. Les éléments empruntés à cette méthode sont les nos 1, 2 et 3 du tableau I, et les symboles des conditions du site (tableau II). D'autres facteurs de la description de la végétation sont importants: hauteur des branches les plus basses (« *canopy bottom* » d'Emlen, 1956), sol encombré de branches ou d'arbres morts; les symboles correspondants à ces facteurs sont au tableau I.

Dans la présente étude, les populations et les communautés d'oiseaux seront considérées en rapport avec l'indice de diversité de la végétation, l'indice volumétrique (volume de la végétation), et l'indice fonctionnel (% de conifères par rapport aux décidus). Le mot *fonctionnel* utilisé ici est emprunté à Dansereau (1958, 1961). Ces trois indices sont obtenus de la façon suivante à partir des graphiques de description structurale de la végétation (figure 4). D'abord on calcule les valeurs suivantes:

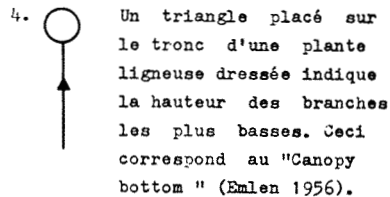
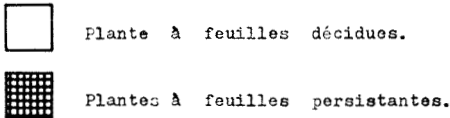
TABLEAU I

Résumé des symboles utilisés dans la description structurale des habitats d'oiseaux.

1. FORME. (Dansereau, 1958 et 1961).2. STRATIFICATION. (Dansereau, 1958 et 1961).

Ceci représente les étages de végétation.

- 1 plus de 25 mètres.
- 2 de 10-25 mètres.
- 3 de 8-10 mètres.
- 4 de 2-8 mètres.
- 5 de 0.5-2 mètres.
- 6 de 0.1-0.5 mètre.
- 7 de 0.0-0.1 mètre.

3. FONCTION.5. BRANCHES MORTES AU SOL.

Une double flèche ←→ placée horizontalement entre les étages 6 et 7 de la stratification des espèces végétales indique que le sol est couvert et encombré de branches et d'arbres morts.

6. IDENTIFICATION DES ESPECES.

Les espèces végétales ont été identifiées à l'aide de la Flore laurentienne (Marie-Victorin, 1947). Dans la description structurale, les espèces ont été représentées par des abréviations.

D_1 = Nombre total d'individus (en comptant les symboles de la forme végétale, tableau I).

D_2 = Nombre d'individus, en ne tenant pas compte des étages-6 et 7 de la végétation.

À partir de ces deux concepts, on peut calculer l'indice de diversité de la végétation: I_1 et I_2 .

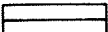
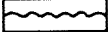




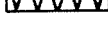

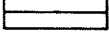




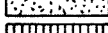
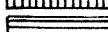



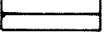






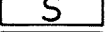
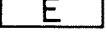

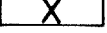
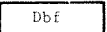
$$I_1 = \frac{\text{Nombre total des espèces végétales, et}}{D_1}$$

$$I_2 = \frac{\text{Nombre des espèces végétales ne tenant pas compte des étages-6 et 7}}{D_2}$$

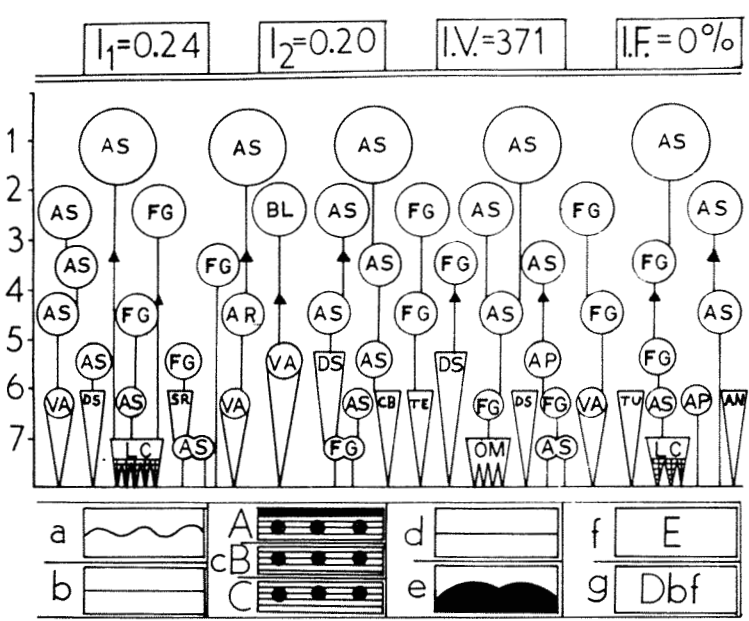
J'admets que D_1 et D_2 ne sont pas statistiquement indépendants l'un de l'autre; il en est de même des indices I_1 et I_2 . Les valeurs D_1 et D_2 ne servent qu'à calculer les I_1 et I_2 . Il faut voir ici que I_1 s'applique à toute la végétation (arbres, arbustes et herbacées), alors que I_2 ne tient pas compte des herbacées. Je tiens à calculer deux indices différents de diversité de la végétation, car ces deux indices pourraient peut-être influencer différemment sur la diversité des espèces d'oiseaux, selon qu'on considère soit toute la végétation (arbres, arbustes et herbacées), soit seulement les arbres et arbustes.

TABLEAU II

Symboles des conditions du site (par catégories), d'après Dansereau, 1961.

<p>a - UTILISATION</p> <p>1. vierge </p> <p>2. semi-naturel </p> <p>3. pâturé </p> <p>4. bûché </p> <p>5. moissonné </p> <p>6. labouré </p> <p>7. incendié </p>	<p>b - STRUCTURE DU SOL</p> <p>8. mou </p> <p>9. moyen </p> <p>10. dur </p>	<p>c - TEXTURE DU SOL</p> <p>(A, B, C signifient surface, fond et roche-mère)</p> <p>11. pierre </p> <p>12. boulders </p> <p>13. cailloux </p> <p>14. sable </p> <p>15. limon </p> <p>16. argile </p> <p>17. organique </p>	<p>d - DRAINAGE</p> <p>18. excessif </p> <p>19. bon </p> <p>20. déficient </p>	<p>e - RELIEF</p> <p>21. plat </p> <p>22. déprimé </p> <p>23. ondulé </p> <p>24. abrupt </p>	<p>f - EXPOSITION</p> <p>25. nord </p> <p>26. sud </p> <p>27. est </p> <p>28. ouest (west) </p> <p>29. plat </p>	<p>g - CLIMAT</p> <p></p> <p>Utiliser les symboles de W. Köppen, 1918. Voir A. T. Blair, 1957; Ackerman, 1941; G. T. Trewartha, 1957; et pour la Province de Québec, D. Waltz, 1962.</p>
--	---	---	---	--	---	---

STATION No. 1.



STATION No.5; Type no. 3.

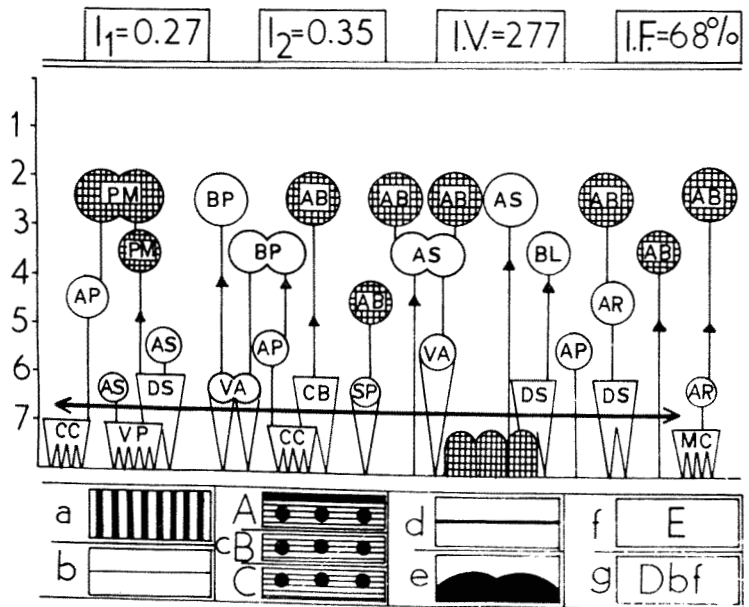


FIGURE 4. Deux exemples de représentation graphique de la végétation.

L'indice volumétrique se calcule ainsi:

I.V. = $(n_1 \times 5) + (n_2 \times 15) + (n_3 \times 2) + (n_4 \times 6) + (n_5 \times 1.5) + (n_6 \times 0.4) + (n_7 \times 0.1)$, où $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7$ = Nombre d'individus dans chaque couche ou étage de végétation dans le graphique.

Les facteurs de multiplication dépendent de l'intervalle en mètres entre les étages de végétation (voir stratification, tableau I). Ainsi, par exemple à l'étage no 2, l'intervalle entre 10-25 mètres est de 15 mètres. Précisons que le facteur de multiplication pour l'étage no 1 égale 5, parce que je juge que les arbres les plus hauts ne dépassaient pas 30 mètres; donc l'intervalle au-dessus de 25 mètres est égal à 5 mètres.

Il est à noter qu'étant donné qu'un arbre comme le sapin (*Abies balsamea*) peut distribuer ses branches et son feuillage sur plusieurs étages de végétation (des étages-1 à 5), le même individu est donc compté parfois à plusieurs reprises (ainsi, un sapin peut être compté aux étages-1, 2, 3, et 4). Cet indice volumétrique reflète le volume de la végétation contenue dans un parallépipède de 90 mètres de longueur, 30 mètres de hauteur, et 1 mètre de largeur.

L'indice fonctionnel: I.F. % = $\frac{100c}{c+d}$, où

$d = (n_1 \times 5) + (n_2 \times 15) + (n_3 \times 2) + (n_4 \times 6) + (n_5 \times 1.5) \dots$ pour les arbres à feuilles décidues.

$c = (n_1 \times 5) + (n_2 \times 15) + (n_3 \times 2) + (n_4 \times 6) + (n_5 \times 1.5) \dots$ pour les conifères.

Cet indice donne le pourcentage de la végétation constituée par des arbres à feuilles persistantes par rapport à tous les arbres et arbustes des étages en haut des étages-6 et 7.

Tous ces éléments nous permettent d'avoir une description assez juste de la végétation, et les trois indices nous donnent des valeurs numériques que l'on peut analyser à l'aide des méthodes statistiques. À chacun des types de végétation correspond un graphique de description structurale (par exemple, voir figure 4). Ces graphiques représentent la végétation que l'on trouve dans un parallépipède tel que décrit plus haut.

Méthode de détermination de la densité de population et de la superficie territoriale

Avant de continuer, il convient de définir ici quelques concepts qui reviendront souvent dans ce travail. L'écologie des oiseaux sera considérée sous deux aspects distincts, celui de la population et celui de la communauté. Le concept

de population signifiera ici un groupe d'individus de la même espèce occupant une place particulière, c'est-à-dire l'habitat (Odum, 1960). De son côté, la communauté biotique sera un groupe d'organismes occupant une région donnée, petite ou grande. La communauté biotique est prise ici sous le sens d'un groupe de populations (Odum, 1960; Kendeigh, 1961). Le terme *biocénose* utilisé par Möbius en 1877 a la même signification (Gause, 1936). Si le concept de *niche écologique* originellement utilisé par Grinnell en 1917 réfère aux éléments essentiels du milieu utilisés par l'animal et est donc une subdivision de l'habitat, le concept de biotope appartient à la synécologie, et peut être considéré comme l'*habitat* de la communauté biotique (Udvardy, 1959).

Il existe une méthode de détermination des territoires connue sous le nom de *spot-mapping method* ou de *cartographie des territoires*. Cette méthode, en plus de permettre d'évaluer la superficie du territoire défendu par un couple, permet d'estimer la densité de la population (McNeil, 1964).

La cartographie des territoires est basée sur le fait que chaque espèce d'oiseau possède un chant spécifique, chant que l'observateur entraîné peut facilement reconnaître sur le terrain, et sur le fait que l'oiseau mâle manifeste les limites de son territoire à l'aide de ce chant. En 1927, Cooke (cité par Kendeigh, 1944) écrivait à peu près ceci: un bon moyen de faire un recensement d'oiseaux est de compter les mâles qui chantent tôt le matin, une fois que la période de migration est passée; chaque mâle chante près du nid, et on peut supposer qu'il représente un couple. La « *spot-mapping method* » fut lancée par Willians (1936), et elle fut utilisée par la suite par plusieurs auteurs dont Breckenridge (1956), Johnston et Odum (1956), Kendeigh (1944, 1947, 1956, 1961), Odum et Kuenzler (1955) et Blondel (1965).

Cette méthode peut être décrite comme suit. D'abord, il faut diviser la station en coordonnées: dans mon travail, chacune des stations fut marquée à l'aide de plaques numérotées posées aux arbres, ceci à tous les 30 mètres d'intervalle (figure 3). Ensuite, il s'agit de localiser les mâles pendant qu'ils chantent, et de les porter sur une carte de la station à la fin de la saison d'observation. Au cours des observations, il faut tenir compte des déplacements des individus (qu'on peut indiquer sur la carte en reliant les points qui représentent un individu) et aussi des individus qui chantent au même moment (on les représente sur la carte en entourant les symboles d'un cercle). Tenant compte de ces observations et du fait que le mâle, qui défend son territoire et le manifeste par son chant, chante dans son territoire, il s'agit d'entourer les points extrêmes qui forment un groupe pour avoir la superficie du territoire (figure 5). Ceci s'applique ici aux espèces qui défendent un territoire du type A, territoire qui est le siège de toutes les activités du couple. Il y a exclusion territoriale intraspécifique, et dès lors, les territoires ne se compénètrent pas.

Évidemment, en entourant les points extrêmes, il est possible que l'on n'obtienne pas l'entière superficie du territoire défendu. En effet, en tenant

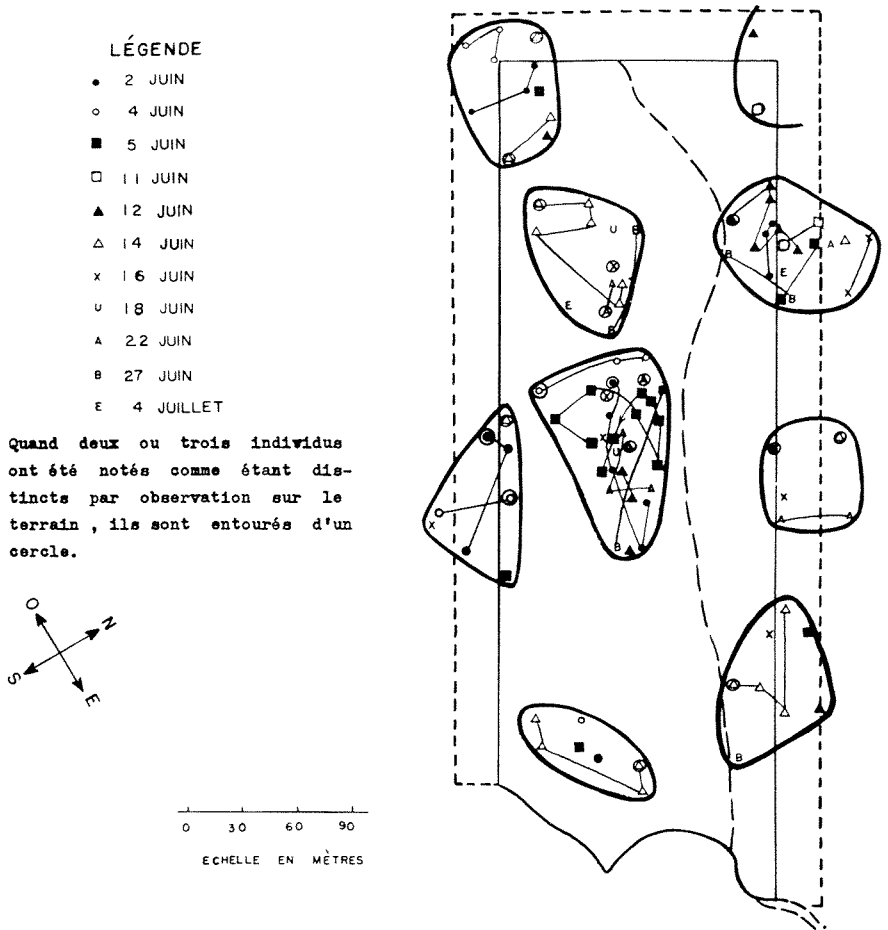


FIGURE 5. Carte des territoires de la Fauvette couronnée (*Seiurus aurocapillus*), dans la station no 3 (S-3).

compte de la portée du chant de l'oiseau, il y a une possibilité que le territoire défendu s'étende un peu au delà des points extrêmes. Cette marge est probablement constante à l'intérieur de l'espèce, mais doit varier selon les espèces, car il y a une variation interspécifique quant à la portée du chant. Pour déterminer cette marge, il faudrait donc connaître l'amplitude du chant, et les conditions du travail sur le terrain ne m'ont pas permis de l'évaluer. Dans la présente étude, aucune attention spéciale ne fut portée à la distinction entre le territoire *utilisé* par l'espèce et le territoire *défendu*. Ceci a déjà été fait par Odum et Kuenzler (1955) et Stenger et Falls (1959). Il aurait été intéressant de surveiller ce phénomène, mais, pour cela, il aurait fallu se limiter à ce problème-là seul.

Cette méthode permet de connaître de façon assez précise la densité de la population reproductive, la superficie du territoire, et le pourcentage de cou-

verture de la station par l'espèce. La densité de population par cette méthode représente le nombre des *individus adultes qui nichent effectivement* et non le nombre d'individus présents dans l'aire étudiée. D'après Moffat (1903), Ken-deigh (1947), Hensley et Cope (1951), Stewart et Aldrich (1951), McNeil (1964) et Blondel (1965), des oiseaux peuvent être présents dans une forêt sans y nicher et sans y défendre de territoires. Il s'agit probablement d'individus erratiques non reproducteurs.

Naturellement, cette méthode d'analyse de population peut introduire quelques erreurs qui sont toutefois généralement de faible importance. Il faut supposer que seulement le mâle chante, car si la femelle chante tout en circulant parfois jusque dans les territoires voisins, des erreurs peuvent être introduites dans l'estimation de la superficie territoriale, et peut-être dans celle de la densité. Par exemple, Mumford (1962) rapporte le cas d'un Moucherolle tchébec (*Empidonax minimus*) chez qui le mâle et la femelle chantaient tous deux le *tchébec* au moins pendant la construction du nid. Toutefois, ceci semble être un cas isolé, et ce problème n'a pas encore été étudié à fond. Cette méthode implique aussi que les mâles sont uniterritoriaux, c'est-à-dire qu'ils défendent un seul territoire. Un cas de polyterritorialité a été signalé chez *Muscicapa hypoleuca* (Muscicapidae) par von Hartman en 1956. Enfin, il faut supposer que la polyandrie n'existe pas, car deux mâles dans un même territoire seraient difficiles à distinguer, et cela pourrait causer des erreurs. Un cas est rapporté par Hann (1940) pour *Seiurus aurocapillus*, mais ceci semble être une exception.

Résultats et discussion

Il est important de se rappeler que les territoires dont il est question ici, étant déterminés à l'aide de la cartographie des territoires à partir de la localisation des mâles pendant qu'ils chantent, sont du type A de Nice (1941) et d'Hinde (1956). Considérant la définition de ce type de territoire, et tenant compte d'observations sur le terrain, on peut conclure qu'il y a exclusion territoriale intraspécifique, et partant, que les territoires des couples ne se superposent ni ne se compénètrent à l'intérieur de l'espèce. À la suite de ces préliminaires et après consultation auprès du Dr Pierre Jolicoeur, j'ai observé (McNeil, 1964) qu'il existait une relation mathématique entre la densité de la population, la superficie moyenne des territoires et le pourcentage de couverture de l'espace par les territoires de l'espèce. Ainsi,

N = Nombre de territoires d'une espèce dans la station;

T_N = Superficie du $N^{\text{ème}}$ territoire en hectare (mutuellement exclusifs);

S = Superficie de la station en hectares;

ΣT = Somme des superficies des territoires d'une espèce sur la station, en hectares.

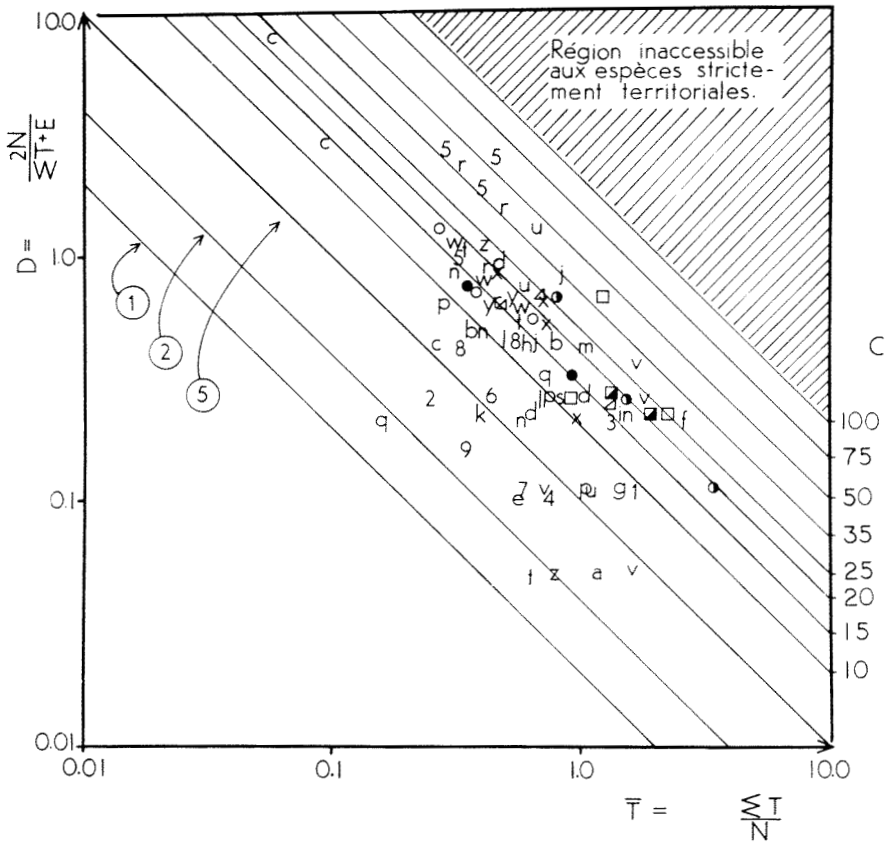


FIGURE 6. L'ordonnée représente la densité des populations, et l'abscisse représente la superficie moyenne des territoires de l'espèce sur une station. La graduation est logarithmique. Les symboles sont compilés dans le tableau III.

Étant donné que les territoires ne se recouvrent pas et sont tous compris dans la station, on peut affirmer que:

$$\Sigma T \leq S.$$

Un territoire en périphérie de la station était compté comme compris dans la station, à condition qu'au moins la moitié de sa superficie soit à l'intérieur des limites de la station. $E = S - \Sigma T =$ Espace libre, non compris dans les territoires de l'espèce. $\bar{T} = \frac{\Sigma T}{N} =$ Superficie moyenne des territoires d'une espèce sur la station, en hectares.

Naturellement, le territoire est une réalité tridimensionnelle. Ici, nous ne considérerons que deux dimensions formant la superficie. Ceci a peu de consé-

quence, car, d'une façon générale, l'épaisseur du territoire d'une espèce, selon la dimension verticale, varie très peu, et on peut presque la considérer comme constante. Ainsi, Stenger et Falls (1959) notent au sujet de *Seiurus aurocapillus*: « Height values were less variable than areas of territories and did not compensate for them ». Notons, cependant, que Saunders indique un cas contraire en 1936 à propos de *Empidonax minimus* (Breckenridge, 1956).

Étant donné qu'un territoire doit contenir un couple, en principe, on peut dire que:

$D = \frac{2N}{S} = \frac{2N}{\Sigma T + E}$ = densité des adultes nichant sur la station, en individus par hectare.

On peut aussi calculer la biomasse par hectare (*standing crop biomass*): $B = \frac{2N\bar{P}}{S} = \frac{2N\bar{P}}{\Sigma T + E}$ où \bar{P} est le poids moyen de l'espèce. Cette valeur \bar{P} a été calculée en faisant la moyenne, pour chaque espèce, des poids inscrits sur les fiches des séries de spécimens d'oiseaux conservés au département de zoologie de l'Université de Montréal (McNeil, 1964).

Généralement, une espèce n'occupe pas tout l'espace dans une station; ceci nous amène à établir le pourcentage de couverture de la station par les territoires de l'espèce:

$$C = \frac{\Sigma T}{S} = \frac{\Sigma T}{\Sigma T + E} = \frac{N\bar{T}}{S} = \frac{N\bar{T}}{\Sigma T + E}$$

Si on divise D par C, on obtient:

$$\frac{D}{C} = \frac{\frac{2N}{\Sigma T + E}}{\frac{N\bar{T}}{\Sigma T + E}} = \frac{2}{\bar{T}};$$

donc, $D\bar{T} = 2C$.

Cette équation, dans les conditions de l'étude présente, permet de voir les relations entre la densité, la superficie moyenne des territoires et le pourcentage de couverture de la station par les territoires. Précisons, toutefois, que cette équation ne se vérifie qu'au niveau de la population. Si on regarde la figure 6, on observe que l'on obtient théoriquement une courbe, mettant en relation D et \bar{T} . Ceci parce que d'une part on a N au numérateur en D et N au dénominateur en \bar{T} , et d'autre part on a ΣT au numérateur en \bar{T} et ΣT au dénominateur en D. Ceci amène une relation mathématique inverse et montre qu'on doit attendre mathématiquement cette relation inverse entre D et \bar{T} , tout comme on l'attendrait par raisonnement simple d'ailleurs. À cause de cette relation inverse,

il est préférable d'utiliser les coordonnées logarithmiques. Enfin, si $C = 100\%$, l'équation devient $D \bar{T} = 2$, et si $C = 50\%$, l'équation devient $D \bar{T} = 1$. Dans la figure 6, on doit observer que, lorsque $C = 100\%$, la région située au dessus de la droite $D \bar{T} = 2$ est inaccessible aux espèces strictement territoriales. car à ce moment, toute la station est couverte par les territoires de l'espèce.

Les figures 6, 7 et 8 illustrent l'application de cette équation aux résultats obtenus à la suite des observations dans les cinq communautés biotiques correspondant aux cinq biotopes. Dans ces diagrammes, les espèces sont représentées par des symboles; la liste de ces derniers peut être trouvée au tableau III.

Dans l'analyse de ces diagrammes (figures 6, 7 et 8), on rencontre une difficulté, si on veut chercher le coefficient de corrélation, espèce par espèce.

TABLEAU III

Identifications des symboles qui apparaissent dans les figures 6, 7, 8, 9, 12 et 13.

Symboles	Espèces	Symboles	Espèces
a	<i>Sayornis phoebe</i>	v	<i>Parula americana</i>
b	<i>Empidonax flaviventris</i>	w	<i>Dendroica magnolia</i>
c	<i>Empidonax minimus</i>	x	<i>Dendroica caerulescens</i>
d	<i>Contopus virens</i>	y	<i>Dendroica coronata</i>
e	<i>Nuttallornis borealis</i>	z	<i>Dendroica virens</i>
f	<i>Cyanocitta cristata</i>	A	<i>Sitta canadensis</i>
g	<i>Parus atricapillus</i>	1	<i>Dendroica fusca</i>
h	<i>Parus hudsonicus</i>	2	<i>Dendroica pennsylvanica</i>
i	<i>Sitta carolinensis</i>	3	<i>Dendroica castanea</i>
j	<i>Troglodytes troglodytes</i>	4	<i>Dendroica striata</i>
k	<i>Turdus migratorius</i>	5	<i>Seiurus aurocapillus</i>
l	<i>Hylocichla mustelina</i>	6	<i>Seiurus noveboracensis</i>
m	<i>Hylocichla guttata</i>	7	<i>Oporornis philadelphia</i>
n	<i>Hylocichla ustulata</i>	8	<i>Geothlypis trichas</i>
o	<i>Wilsonia canadensis</i>	9	<i>Wilsonia pusilla</i>
p	<i>Regulus satrapa</i>	●	<i>Setophaga ruticilla</i>
q	<i>Regulus calendula</i>	◐	<i>Piranga olivacea</i>
r	<i>Vireo olivaceus</i>	□	<i>Pheucticus ludovicianus</i>
s	<i>Vireo solitarius</i>	■	<i>Junco hyemalis</i>
t	<i>Mniotilta varia</i>	+	<i>Carpodacus purpureus</i>
u	<i>Vermivora ruficapilla</i>	▲	<i>Zonotrichia albicollis</i>

En effet, à cause du petit nombre de stations, on obtient une valeur qui est difficilement significative statistiquement, du fait que le nombre de degrés de liberté ($n-2$) est égal à 1 généralement, rarement égal à 2. Je vais donc considérer en bloc les espèces qui ont des territoires dans au moins trois stations à la fois, et je disposerai ainsi de 48 degrés de liberté. À un niveau de probabilité de 95%, et avec 48 degrés de liberté, selon l'hypothèse nulle, le coefficient (r) sera significativement différent de zéro s'il dépasse 0.279 (Wert, Neidt and Anmann, 1954). Cette précision vaut pour toutes les valeurs de coefficient de corrélation qui seront mentionnées relativement aux figures 6, 7 et 8. Enfin, mentionnons qu'il n'est pas certain qu'il soit juste de faire l'hypothèse nulle étant donné le type spécial de relation qu'il y a entre D , \bar{T} et C .

Considérons d'abord la figure 6 et ne tenons compte que des espèces qui donnent au moins un degré de liberté. On s'aperçoit d'un seul coup d'oeil qu'il y a une corrélation négative entre D et \bar{T} pour les espèces suivantes: *Empidonax minimus*, *Contopus virens*, *Hylocichla ustulata*, *Regulus satrapa*, *Mniotilta varia*, *Vermivora ruficapilla*, *Dendroica magnolia*, *Dendroica caerulescens*, *Wilsonia canadensis*, *Piranga olivacea*, et *Zonotrichia albicollis*. La corrélation semble nulle pour *Pheucticus ludovicianus*, et \bar{T} demeure relativement constant pour *Vireo olivaceus*, *Parula americana*, et *Seiurus aurocapillus*. Considérant tout le groupe en bloc, on observe que le coefficient de corrélation ($r = -0.765$) est significatif. Si on examine des blocs « familles », ça n'éclaircit pas davantage les choses. Dans l'ensemble, c'est une corrélation qu'on attend mathématiquement et qui se vérifie.

Si on considère la biomasse, la corrélation est significative, tout en étant moins élevée ($r = -0.338$). Plusieurs auteurs ont manifesté de façon plus ou moins explicite le fait que la superficie territoriale était dépendante de la densité, ou du moins inversement proportionnelle à la densité; ainsi Conder (1956) à propos de *Oenanthe oenanthe*, Lawrence (1953) à propos du *Vireo olivaceus*, et Stewart (1953) à propos de *Geothlypis trichas*. On pourrait même se demander si le type C de territoire ne serait pas le résultat de la forte densité de la population. En effet, selon les observations de Wynne-Edwards (1962), le Goéland argenté (*Larus argentatus*), qui, sur des îles en mer, défend le type C, défend un territoire rapproché du type A sur les lacs de l'intérieur où la densité est faible. Je peux conclure de même si je compare mes observations sur *Larus argentatus* faites à Terre-Neuve et la rive nord du Saint-Laurent à celle faite sur le lac des Loups dans le Parc de la Vérendrye. On peut dire de même pour la Sterne arctique (*Sterna paradisaea*). Enfin, il semble que, selon Huxley (1934), « the defense of the territory becomes more vigorous when the territory is getting smaller because of a too large population density ». Il semble, cette fois selon Tinbergen (1951), qu'il y a pratiquement une superficie minimale en dessous de laquelle la valeur de \bar{T} ne peut descendre, car une trop grande diminution du territoire rend son défenseur agressif au point d'effrayer tous les

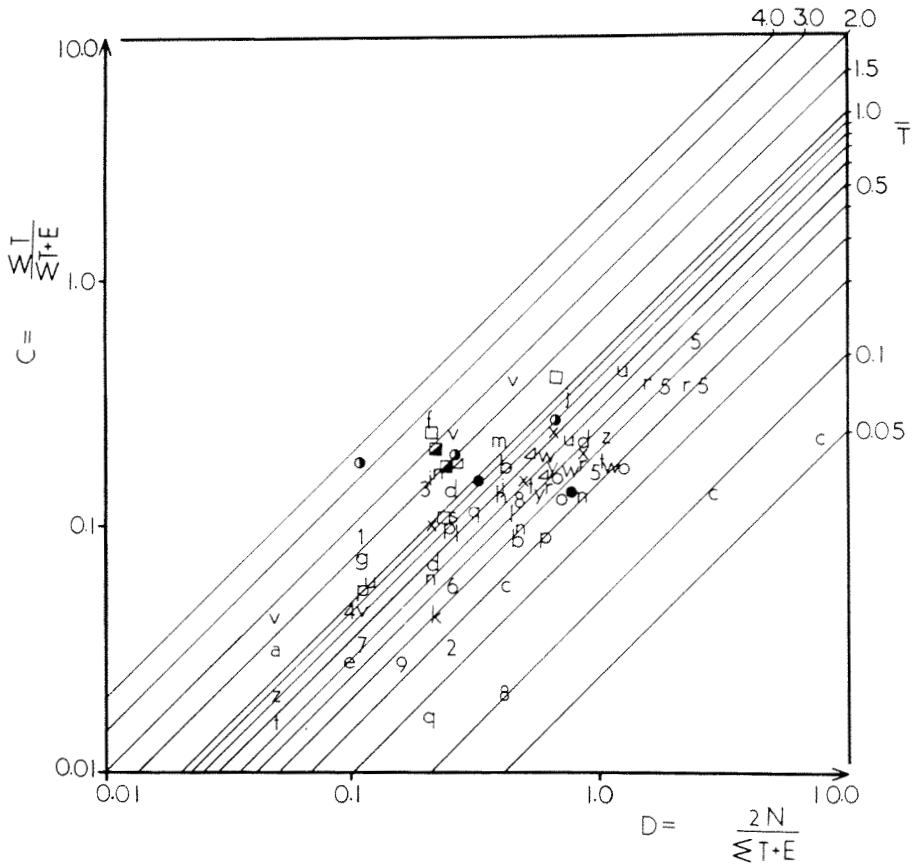


FIGURE 7. L'ordonnée représente le pourcentage d'occupation de l'espace par l'espèce, et l'abscisse représente la densité de la population. La graduation est logarithmique. Les symboles sont compilés dans le tableau III.

intrus, ou peut-être mieux tous ceux qui s'en approcheraient de telle sorte que cette « restriction » ne se produit pas et que \bar{T} demeure au dessus d'un minimum.

De son côté, la figure 7 met en relation C et D . Limitons-nous aux espèces qui ont des territoires dans au moins trois stations à la fois. La corrélation a des chances d'être significativement positive chez les espèces suivantes: *Empidonax minimus*, *Contopus virens*, *Hylocichla ustulata*, *Regulus satrapa*, *Vireo olivaceus*, *Mniotilta varia*, *Vermivora ruficapilla*, *Parula americana*, *Dendroica caerulescens*, *Seiurus aurocapillus*. La corrélation semble nulle chez *Wilsonia canadensis* et *Pheucticus ludovicianus*. La valeur de C reste constante quant aux espèces *Dendroica magnolia*, *Zonotrichia albicollis*, et *Piranga olivacea*. Prenant l'ensemble des espèces, la corrélation ($r = +0.699$) est significative. Si on observe la biomasse, la corrélation est encore significative, mais un peu plus faible ($r = +0.674$).

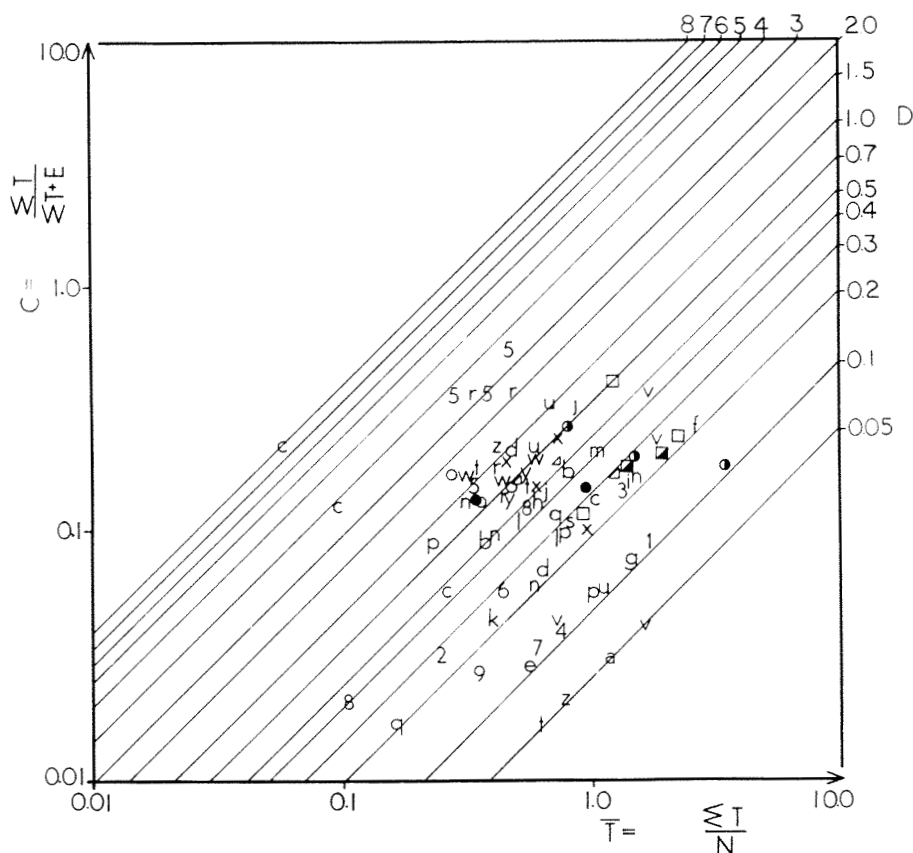


FIGURE 8. L'ordonnée représente le pourcentage d'occupation de l'espace par l'espèce et l'abscisse représente la superficie moyenne des territoires de l'espèce sur une station. La graduation est logarithmique. Les symboles sont compilés dans le tableau III.

Le diagramme (figure 8) ne montre aucune corrélation entre C et \bar{T} ($r = -0.104$). Si on regarde la figure, on voit pour quelques espèces une corrélation négative plus ou moins forte; pour d'autres la corrélation est nulle, et elle est positive pour *Parula americana* et *Dendroica magnolia*.

Quelles conclusions peut-on tirer de l'examen de ces trois diagrammes? On observe que \bar{T} est inversement proportionnel à la densité, et que la valeur de C est directement proportionnelle à la densité. Il semble donc que les valeurs C et \bar{T} soient liées à la densité. Par contre, théoriquement, on s'attendrait à ce que le C augmente si \bar{T} augmente. Or on n'observe aucune corrélation significative, car le coefficient est trop faible ($r = -0.104$). La valeur la plus élevée que j'ai obtenue concernant le facteur C égale 56.7%, et la moyenne des C des stations varie de 10.7% à 28.5%: au niveau de la population, il y a un assez fort pourcentage de l'espace qui n'est pas couvert par les territoires de

l'espèce. Il semble donc qu'un couple, surtout si la densité est faible, étende la superficie de son territoire (par suite de relâche de compétition intraspécifique), pour la simple raison que l'espace est libre. Toutefois, ce territoire ne s'étend pas indéfiniment, et c'est pour cela que même si \bar{T} est grand, le C diminue. Alors, la superficie territoriale semble liée à la densité, de même le pourcentage de couverture. La superficie territoriale ne semble pas affectée par le pourcentage de couverture; l'inverse semble vrai aussi.

Enfin, toujours si on examine en bloc les espèces qui ont des territoires dans au moins trois stations à la fois, les résultats suggèrent que la corrélation entre la biomasse et \bar{T} d'une part, et le C d'autre part est plus faible que celle entre la densité et ces mêmes facteurs. Ceci laisse entendre que la biomasse a moins

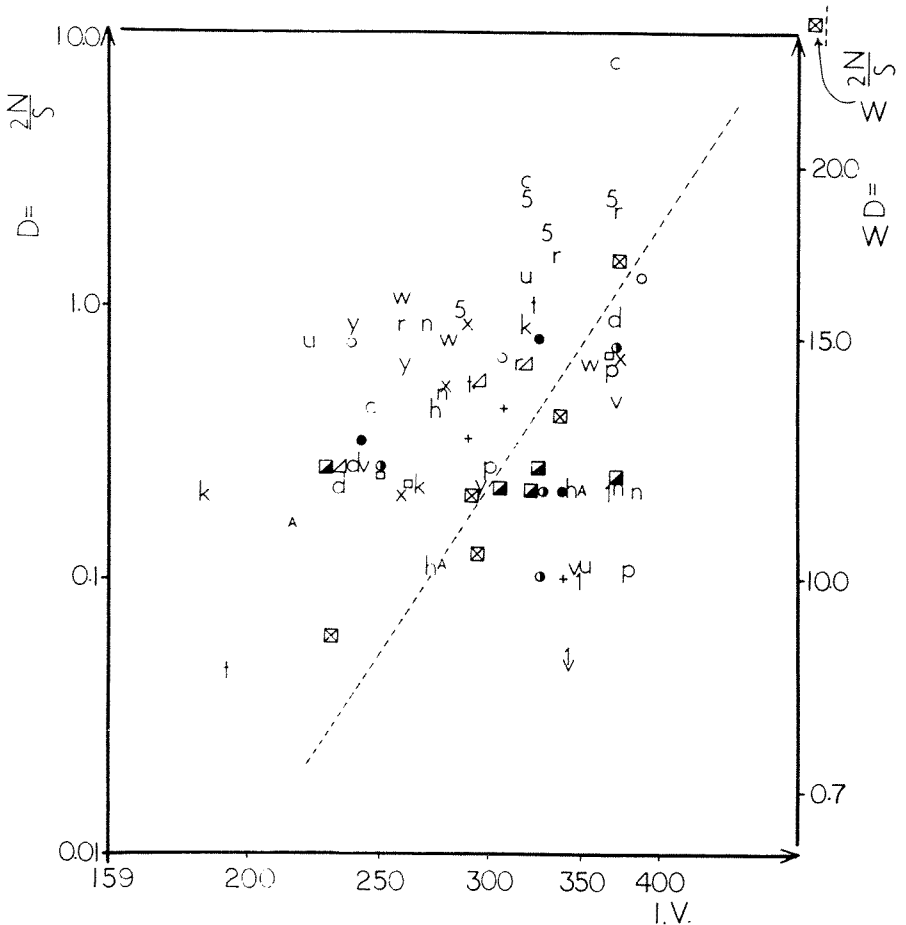


FIGURE 9. L'ordonnée gauche représente la densité de la population; l'ordonnée droite représente la densité de la communauté, et l'abscisse représente l'indice volumétrique de la végétation. La graduation est logarithmique. Les symboles sont compilés dans le tableau III.

TABLEAU IV

Ce tableau représente la variation intraspécifique et interspécifique de la densité des populations (D) en fonction de l'indice fonctionnel de la végétation (I. F.). Les croix (+++) indiquent la densité relative.

Espèces	Décidu (0--30)	Mixte (31--69)	Conifères (70--100)
<i>Empidonax minimus</i>	+++		
<i>Contopus virens</i>	+++		
<i>Parus hudsonicus</i>		+	++
<i>Sitta canadensis</i>	+	+	+
<i>Turdus migratorius</i>	+	+++	+
<i>Hylocichla ustulata</i>	+	+++	++
<i>Regulus satrapa</i>		++	++
<i>Vireo olivaceus</i>	+++		
<i>Mniotilta varia</i>		+++	+
<i>Vermivora ruficapilla</i>		+++	++
<i>Parula americana</i>	+++	++	+
<i>Dendroica magnolia</i>		++	+++
<i>Dendroica caerulescens</i>	++	+++	
<i>Dendroica coronata</i>		++	+++
<i>Dendroica fusca</i>			++
<i>Seiurus aurocapillus</i>	+++	+	
<i>Wilsonia canadensis</i>		+++	++
<i>Setophaga ruticilla</i>	+++		
<i>Piranga olivacea</i>	+++	+	
<i>Pheucticus ludovicianus</i>	+++	+	
<i>Carpodacus purpureus</i>		++	+
<i>Junco hyemalis</i>	++	++	++
<i>Zonotrichia albicollis</i>		+++	++

d'importance que le nombre d'oiseaux. Cette conclusion est appuyée par le fait qu'il n'y a aucune corrélation entre la superficie moyenne des territoires d'une espèce (tenant compte de toutes les stations où l'espèce a des territoires) et le poids moyen de cette espèce (\bar{P}).

Les auteurs ont attribué différentes fonctions possibles à la territorialité (Allee, 1947; Hinde, 1956; Rowan, 1966). Une des fonctions suggérées est celle-ci: le territoire assurerait une réserve de nourriture au couple et à sa nichée (Altum, 1868; Tinbergen, 1939; Nice, 1941); cette idée est vraisemblable du moins en partie, en dépit du fait qu'elle fut fortement critiquée par Lack (1943, 1954) et par Hinde (1956). Toutefois, étant donné le fait que le poids de l'oi-

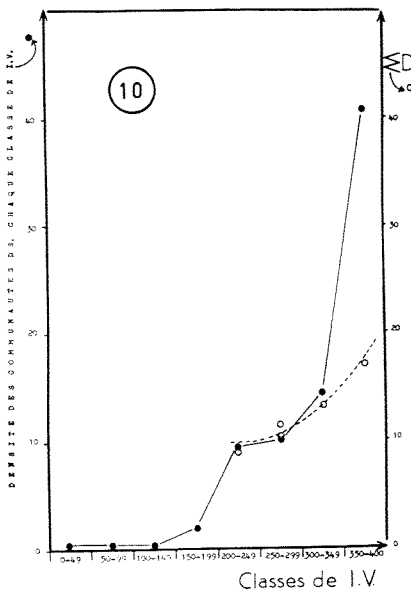


FIGURE 10. Variations de la densité des communautés en fonction du volume de la végétation (I. V.).

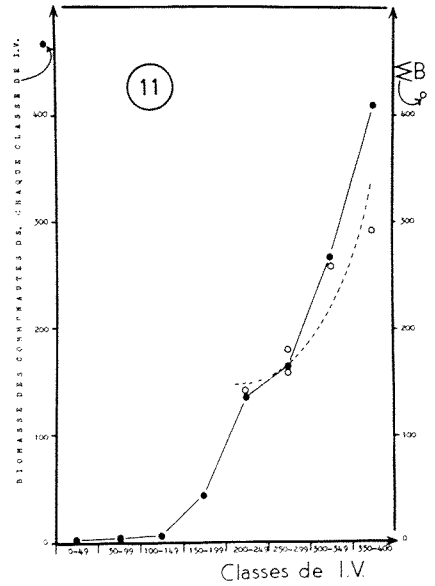


FIGURE 11. Variations de la biomasse des communautés en fonction du volume de la végétation (I. V.).

seau n'intervient pas sur \bar{T} (la quantité de nourriture nécessaire au bien-être d'une espèce pourrait en principe être liée à son poids), et le fait que le C est généralement faible, il semble donc que ce pourcentage de couverture et \bar{T} soient liés à la densité (résultant de compétition intraspécifique), et on peut penser que le territoire fournit à l'espèce plus de nourriture que ce dont elle a réellement besoin. Ceci est appuyé par les observations de Beer, Frenzel et Hansen (1956) sur le *Vireo olivaceus*, *Dendroica petechia*, et *Melospiza melodia* : chez ces oiseaux, l'espace minimum requis par un couple pour élever avec succès sa nichée peut être considérablement plus petit, quand les frontières du territoire sont strictement physiques, par exemple si on a affaire à une île sur un lac.

Advenant le fait que la principale fonction biologique de la territorialité soit d'assurer une réserve de nourriture, on devrait s'attendre à observer une variation des trois facteurs D , \bar{T} et C en fonction du volume de la végétation (I.V.). Précisons que les valeurs qui nous intéressent ici (D , C et \bar{T}) peuvent avant tout être influencées par l'indice fonctionnel de la végétation (I.F.). Il est entendu que certaines espèces sont liées aux conifères, d'autres aux décidus, et d'autres aux forêts mixtes : tout dépend de la sténicité ou de l'eurycité des espèces. Il y a donc une grande variation interspécifique si l'on considère les effets de I.F. sur D , \bar{T} et C ; on peut constater cette variation à la fois inter-

spécifique et intraspécifique en regardant le tableau IV, lequel rend compte de la variation de la densité des populations en fonction de I.F. À partir de ce tableau et se souvenant des relations entre D , \bar{T} et C déjà établies, on peut déduire la variation de \bar{T} et C en fonction de I.F.

La figure 9 met en relation, pour chaque espèce, la densité de la population et l'indice volumétrique de la végétation occupée par la population. La même figure met en relation la densité des communautés [$\Sigma D = \frac{\Sigma(2N)}{S}$] et l'indice

volumétrique moyen de la station occupée par la communauté. Ici encore, à cause du petit nombre de stations, on a toujours la même difficulté dans l'analyse statistique : le nombre de degrés de liberté est trop faible. Limitons-nous aux espèces qui ont des territoires dans au moins trois stations différentes à la fois. Sur le plan de la population, si on examine visuellement le diagramme, on peut croire que la corrélation a des chances d'être positive pour : *Empidonax minimus*, *Contopus virens*, *Vireo olivaceus*, *Mniotilta varia*, *Dendroica caerulescens*, *Seiurus aurocapillus*, *Wilsonia canadensis*, *Pheucticus ludovicianus*, et *Zonotrichia albicollis*. La corrélation semble nulle pour *Regulus satrapa*, *Vermivora ruficapilla*, *Parula americana*, et *Piranga olivacea*; et négative pour *Hylocichla ustulata* et *Dendroica magnolia*. Il faut se rappeler le fait que I.F. influence fortement la densité; ceci peut expliquer la corrélation nulle et négative avec I.V. Toujours selon la même figure, la corrélation semble vraiment positive entre la densité de la communauté (ΣD) et l'indice de la végétation (I.V.) moyen de la station. On obtient la même allure de diagramme si au lieu d'étudier la densité, on examine la biomasse.

Ces observations peuvent être fortement appuyées par les figures 10 et 11. Ces deux diagrammes, sur le plan et de la population et de la communauté, montrent la corrélation qu'il y a entre différentes classes de I.V. et d'une part la densité (figure 10), et d'autre part la biomasse (figure 11). Il s'agit de densité cumulative dans les différentes classes de végétation. On voit très bien que la densité de la population et de la communauté est proportionnelle à l'indice volumétrique de la végétation, et plus concrètement au volume de la végétation.

En définitive, que signifie cela ? Cela signifie que la densité est proportionnelle à la capacité de support de l'habitat. Ce concept est défini par Gause (1931, 1935), Wing (1956) et Odum (1960) comme étant un niveau de saturation de l'habitat, ou le nombre maximum d'individus ou le maximum de biomasse qu'un habitat peut supporter adéquatement. Gause (1931) a montré au sujet de *Tribolium confusum* que le niveau de saturation du milieu augmentait si la quantité de nourriture augmentait. On peut penser que le niveau de saturation de l'habitat est proportionnel au volume de végétation, en parlant des oiseaux.

Analysons maintenant la figure 12, laquelle met en relation, sur le plan des populations, le pourcentage de couverture (C) et l'indice volumétrique de

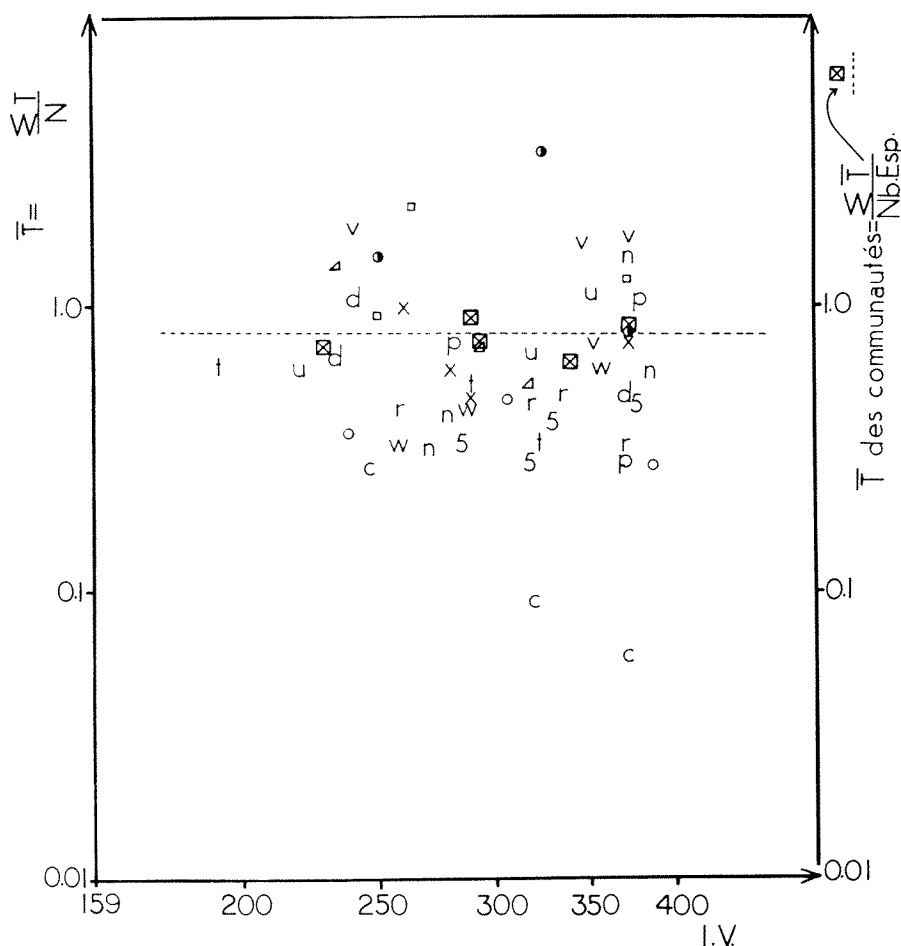


FIGURE 13. L'ordonnée gauche représente la superficie moyenne des territoires de l'espèce sur une station; l'ordonnée droite représente la superficie moyenne des territoires de toutes les espèces de la communauté sur une station, et l'abscisse représente l'indice volumétrique de la végétation. La graduation est logarithmique. Les symboles sont compilés dans le tableau III.

Nous avons analysé la variation de D et C en fonction de $I.V.$, voyons maintenant la variation de \bar{T} à l'aide de la figure 13. La variation de \bar{T} des populations semble manifester une corrélation positive, au simple examen visuel du diagramme pour *Hylocichla ustulata*, *Vermivora ruficapilla*, *Dendroica magnolia*, et *Seiurus aurocapillus*. Quant à cette dernière espèce, notons que Stenger et Falls (1959) ont observé le même phénomène: « *the size of the territory increased with increasing height and density of forest canopy* ». Par contre, la corrélation est négative pour *Contopus virens*, *Mniotilta varia*, *Zonotrichia albicollis*, et *Empidonax minimus*. Saunders a observé là même corrélation chez *Empidonax minimus* (Breckenridge, 1956). La superficie territoriale demeure

constante chez *Vireo olivaceus* et *Wilsonia canadensis*, alors qu'on a aucune corrélation chez *Regulus satrapa*, *Parula americana*, *Dendroica caerulescens*, *Piranga olivacea* et *Pheucticus ludovicianus*. Considérant les espèces en bloc, on obtient une corrélation négative ($r = -0.116$) non significative, et chose importante, selon le diagramme, on se rend compte que la superficie moyenne de tous les territoires d'une communauté (station) reste constante pour une augmentation de I.V. Ceci montre bien, je crois, que le volume de la végétation n'influence aucunement la superficie territoriale, sauf exceptions.

Conclusions

Les résultats actuels tendent à démontrer que la superficie moyenne du territoire (\bar{T}) et le pourcentage de couverture de l'espace par les territoires de l'espèce (C) sont des valeurs dont la variation dépend de la densité de la population (D). Par contre, entre \bar{T} et C, il n'y a aucune corrélation. Il semble que \bar{T} ait un maximum autant qu'un minimum; autrement dit, même si l'espace est libre, un mâle n'étendra pas indéfiniment les limites de son territoire. La valeur de C est généralement assez faible, même si la densité est relativement forte.

Si on observe la corrélation qui existe entre la biomasse d'une part, et \bar{T} ou C d'autre part, on s'aperçoit que le nombre d'individus qui constituent la population a plus d'importance que la biomasse de cette population. En outre, entre \bar{T} et le poids moyen de l'espèce, il n'y a aucune corrélation, ce qui indique qu'il n'y a pas de corrélation entre la superficie moyenne du territoire et les besoins alimentaires de l'espèce : les ressources alimentaires nécessaires pour soutenir un couple sont vraisemblablement proportionnelles à la biomasse de ce couple. On attendrait alors une corrélation positive entre \bar{T} et la biomasse de l'oiseau.

Étant donné que \bar{T} est constant par rapport à I.V. et que le C augmente proportionnellement à I.V., on peut conclure que \bar{T} est indépendant de I.V. et que le C serait dépendant de I.V. indirectement, étant avant tout lié à D, lequel est dépendant de I.V. D'autre part, vu qu'il n'y a pas de corrélation entre \bar{T} et I.V., il semble donc que la valeur alimentaire du territoire n'est pas tellement importante. Le niveau de saturation de l'habitat influence d'abord la densité et la biomasse, et ensuite le C et la superficie territoriale, car le C et le \bar{T} dépendent premièrement de la densité.

En conséquence de tout cela, on peut croire que la principale fonction biologique du territoire soit de limiter la densité de la population, d'éviter la surpopulation, tout en facilitant la formation du couple et en le maintenant uni, en réduisant les interactions dans les activités reproductives de la part des

autres membres conspécifiques. Ces fonctions possibles sont, semble-t-il, plus importantes encore que la réserve de nourriture. On peut rappeler ici l'assertion d'Elton en 1949 : « the chief density-dependent factors are intra-specific competition for resources, space or prestige ». Ici, je considère les mots *space or prestige* comme très importants. Enfin, Odum (1960) écrit: « The fact that the area defended by birds is often larger at the beginning of the nesting cycle than later when the demand for food is greatest, and the fact that many territorial species of birds, fish, and reptiles do not defend the feeding area at all give support to the idea that *reproductive isolation* for the nest builder has greater survival value than the *isolation of a food supply* ». Cela s'accorde avec les conclusions de Rowan (1966) qui, parlant de la territorialité permanente chez certaines espèces sud-africaines, écrit: « The defended area may be required to provide food for adults and young, or it may not, and the single common factor throughout appears to be the license to reproduce, which, in term, can only be interpreted as a population regulatory mechanism ».

Enfin, précédemment, nous avons vu que le poids d'une espèce (au moins chez les Passériformes de la forêt) n'intervenait pas dans la superficie moyenne du territoire de l'espèce. Quels seraient alors les facteurs responsables de la variation interspécifique de la superficie du territoire ? Il ne semble pas y avoir de corrélation entre cette superficie et le besoin de réserves nutritives chez l'espèce. Il semblerait que la nature même du chant et ses qualités (qui intervient dans la défense du territoire) puissent avoir quelque action dans la variation interspécifique quant à la grandeur du territoire (Hartshorne, 1958). Toutefois, cette idée n'a pas été vérifiée, et il y aurait là matière à recherche intensive.

Remerciements

Je tiens à remercier les docteurs Paul Pirlot et Pierre Jolicœur du Département des Sciences Biologiques de l'Université de Montréal. Tous deux m'ont fait tirer profit de leur esprit critique et de leur expérience. La réalisation de ce travail a été rendue possible grâce à une bourse octroyée par le Conseil National des Recherches du Canada.

Références

- ACKERMAN, E. A., 1941. The Köppen classification of climates in North America. *Geogr. Rev.*, **31**: 105-111.
- ALLEE, W. C., 1947. Animal sociology. *Dans* Encyclopaedia Britannica, vol. I, pages 971D-972. University of Chicago.
- ALTUM, J. B. T., 1868. *Der Vegeel und sein Leben*. Münster, Niemann (Traduit par MAYR, 1935).

- ARMSTRONG, E. A., 1947. Bird display and behaviour. London: Lindsay Drummond Ltd.
- BEER, J. R., L. D. FRENZEL and N. HANSEN, 1956. Minimum space requirements of some passerine birds. *Wilson Bull.*, **68**: 200-209.
- BÉLAND, J., 1957. Régions de Saint-Magloire et de Rosaire-Saint-Pamphile. Districts électoraux de Dorchester, Bellechasse, Montmagny et L'Islet. *Rapp. géol. Minist. Mines, Québec*, **76**.
- BLAIR, T. A., 1957. Weather elements. A text in elementary meteorology. Fourth edition. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc.
- BLONDEL, J., 1965. Étude des populations d'oiseaux dans une garrigue méditerranéenne: description du milieu, de la méthode de travail et exposé des premiers résultats obtenus à la période de reproduction. *Terre et Vie*, **1965**: 311-342.
- BRECKENRIDGE, W. J., 1956. Measurements of the habitat niche of the Least Flycatcher. *Wilson Bull.*, **68**: 47-51.
- CARPENTER, C. R., 1958. Territoriality: a review of concepts and problems. *Dans Behavior and evolution*. Pages 224-250. Édité par A. Roe et G. G. Simpson. Yale Univ. Press.
- CONDER, P.J., 1949. Individual distance. *Ibis*, **91**: 649-655.
- CONDER, P.J., 1956. The territory of the Weather *Oenanthe oenanthe*. *Ibis*, **98**: 453-459.
- COOKE, M. T., 1927. The purpose of bird censuses and how to take them. *U. S. Dept. Agr. Cir.*, **261**: 1-4.
- DANSEREAU, P., 1958. A universal system for recording vegetation. *Contr. Inst. bot. Univ. Montréal*, n° **72**.
- DANSEREAU, P., 1961. Essais de représentation cartographique des éléments structuraux de la végétation. Colloques internationaux du Centre National de la recherche scientifique, **XCVII**, 234-255.
- DAVIS, D. E., 1940. Social nesting habits of the Smooth-billed Ani. *Auk*, **57**: 179-218.
- ELTON, C., 1949. Population interspersions: an essay on animal community patterns. *J. Ecol.*, **37**: 1-23.
- EMLEN, J. T., JR., 1956. A method for describing and comparing avian habitats. *Ibis*, **98**: 565-632.
- FICKEN, M. S., 1962. Agonistic behavior and territory in the American Redstart. *Auk*, **79**: 607-632.
- FRENCH, N. R., 1959. Life history of the Black-rosy Finch. *Auk*, **76**: 158-180.
- GAUSE, G. F., 1931. The influence of ecological factors on the size of population. *Am. Nat.*, **65**: 70-76.
- GAUSE, G. F., 1934. Experimental analysis of Vito Volterra's mathematical theory of the struggle for existence. *Science*, **79**: 16-17.
- GAUSE, G. F., 1935. Vérifications expérimentales de la théorie mathématique de la lutte pour la vie. Paris: Hermann (Actualités scientifiques).
- GAUSE, G. F., 1936. The principles of biocoenology. *Quart. Rev. Biol.*, **11**: 320-336.
- GIBB, J., 1954. Feeding ecology of tits, with notes on treecreepers and goldcrest. *Ibis*, **96**: 513-543.

- GIBB, J., 1956. Food, feeding habits and territory of the Rock Pipit *Anthus spinoletta*. *Ibis*, **98**: 506-530.
- GOLDSMITH, O., 1774. An history of the earth, and animated nature. Vol. V., J. Nourse, London.
- GOLDSMITH, O., 1854. History of the earth and animated nature, embracing the new discoveries in natural history; together with a life of the author by W. Irving. William Sprent, Néville Street Hull.
- GRINNELL, J., 1917. The niche-relationships of the California Thrasher. *Auk*, **34**: 427-433.
- HALE, W. G., 1956. The lack of territory in the Redshank *Totanus totanus*. *Ibis*, **98**: 398-400.
- HAMILTON, T. H., 1962. Species relationships and adaptations for sympatry in the avian genus *Vireo*. *Condor*, **64**: 40-68.
- HANN, H. W., 1940. Polyandry in the Oven-bird. *Wilson Bull.*, **52**: 69-72.
- HARTSHORNE, C., 1958. Some biological principles applicable to song-behavior. *Wilson Bull.*, **70**: 41-56.
- HENSLEY, M. M. and J. B. COPE, 1951. Further data on removal and repopulation of the breeding birds in a spruce-fir forest community. *Auk*, **68**: 483-493.
- HINDE, R. A., 1956. The biological significance on the territories of birds. *Ibis*, **98**: 340-369.
- HOWARD, H. E., 1920. Territory in bird life. London: Murray.
- HUXLEY, J. S., 1934. A natural experiment on the territorial instinct. *Brit. Birds*, **27**: 270-277.
- JOHNSTON, D. W. and E. P. ODUM, 1956. Breeding bird populations in relation to plant succession on the Piedmont of Georgia. *Ecology*, **37**: 50-62.
- KENDEIGH, S. C., 1944. Measurement of bird populations. *Ecol. Monogr.*, **14**: 67-106.
- KENDEIGH, S. C., 1947. Bird population studies in the coniferous forest biome during a spruce budworm outbreak. *Dept. Lands and Forests, Ontario Division of Research, Biol. Bull.*, **1**.
- KENDEIGH, S. C., 1956. A trail census of birds at Ithaca State Park, Minnesota. *Flicker*, **28**: 90-104.
- KENDEIGH, S. C., 1961. Animal ecology. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc.
- LACK, D., 1935. Territory and polygamy in a Bishop-bird *Euplectes hordacea hordacea* (Linn.). *Ibis* (**13**) **5**: 817-836.
- LACK, D., 1943. The life of the Robin. London: H. F. and G. Witherby.
- LACK, D., 1944. Early references to territory in bird life. *Condor*, **46**: 108-111.
- LACK, D., 1948. Notes on the ecology of the Robin. *Ibis*, **90**: 252-279.
- LACK, D., 1954. The natural regulation in animal numbers. Oxford: Clarendon Press.
- LANYON, W. E., 1956. Territory in the Meadowlark, genus *Sturnella*. *Ibis*, **98**: 485-489.
- LAWRENCE, L. de K., 1953. Nesting life and behaviour of the Red-eyed Vireo. *Can.Fld Nat.*, **67**: 47-77.

- MACARTHUR, R. H., 1958. Population ecology of some warblers of northeastern coniferous forests. *Ecology*, **39**: 599-619.
- MACARTHUR, R. H. and J. W. MACARTHUR, 1961. On bird species diversity. *Ecology*, **42**: 594-598.
- MARLER, P., 1956. Territory and individual distance in the Chaffinch *Fringilla coelebs*. *Ibis*, **98**: 496-501.
- MAYAUD, N., 1950. Territoires. Dans *Traité de Zoologie*. Vol. XV. Pages 717-729. Édité par P. Grassé. Paris: Masson & Cie.
- MAYR, E., 1935. Bernard Altum and the territory theory. *Proc. Linn. Soc. N. Y.*, **45-46**: 24-38.
- MCNEIL, R., 1964. Territorialité, densité et diversité des communautés chez certains Passériformes de la Province de Québec. *Thèse de Maîtrise ès Sciences (M. Sc.)*, Université de Montréal.
- MOFFAT, C. B., 1903. The spring rivalry of birds, some views on the limits of multiplication. *Ir. Nat.*, **12**: 152-166.
- MUMFORD, R. E., 1962. Notes on Least Flycatcher behavior. *Wilson Bull.*, **74**: 98-99.
- NICE, M. M., 1941. The role of territory in bird life. *Am. Midl. Nat.*, **26**: 441-487.
- NOBLE, G. K., 1939. The role of dominance in the life of birds. *Auk*, **56**: 263-273.
- ODUM, E. P., 1960. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: W. B. Saunders Co.
- ODUM, E. P. and E. J. KUENZLER, 1955. Measurements of territory and home range size in birds. *Auk*, **72**: 128-137.
- ORIAN, G. H. and G. COLLIER, 1963. Competition and blackbirds social systems. *Evolution*, **17**: 449-459.
- RICE, D. W. and K. W. KENYON, 1962. Breeding cycles and behavior of Laysan and Black-footed Albatrosses. *Auk*, **79**: 517-567.
- RIPLEY, S. D., 1959. Competition between sunbird and honeyeater species in the Moluccan Islands. *Am. Nat.*, **93**: 127-132.
- RIPLEY, S. D., 1961. Aggressive neglect as a factor in interspecific competition in birds. *Auk*, **78**: 366-371.
- ROWAN, M. K., 1966. Territory as a density-regulating mechanism in some South African birds. *Ostrich*, suppl., **6**: 397-408.
- SIMMONS, K. E. L., 1951. Interspecific territorialism. *Ibis*, **93**: 406-413.
- STENGER, J. and J. B. FALLS, 1959. The utilized territory of the Ovenbird. *Wilson Bull.*, **71**: 125-140.
- STEWART, R. E., 1953. A life history study of the Yellow-throat. *Wilson Bull.*, **65**: 99-115.
- STEWART, R. E. and J. W. ALDRICH, 1951. Removal and repopulation of breeding birds in a spruce-fir forest community. *Auk*, **68**: 471-482.
- TINBERGEN, N., 1939. The behaviour of the Snow Bunting in spring. *Trans. Linn. Soc. New York*, **5**: 1-95.
- TINBERGEN, N., 1951. *The study of instinct*. London: Oxford Univ. Press.

- TINBERGEN, N., 1952. On the significance on territory in the Herring Gull. *Ibis*, **94**: 158-159.
- TREWARTHA, G. T., 1954. An introduction to climate. Third edition. New York: McGraw-Hill Book Co., Inc.
- UDVARDY, M. D. F., 1959. Notes on the ecological concepts of habitat, biotope, and niche. *Ecology*, **40**: 725-728.
- VON HAARTMAN, L., 1956. Territory in the Pied Flycatcher, *Muscicapa hypoleuca*. *Ibis*, **98**: 460-475.
- WALTZ, D., 1962. Phytogeographia laurentiana. III- Les conditions de distribution gaspésienne du *Tussilago farfara* L. *Naturaliste can.*, **89**: 38-65.
- WERT, J. E., C. O. NEIDT and J. S. AHMANN, 1954. Statistical methods in educational and psychological research. Appleton-Century-Crofts, Inc.
- WILLIAMS, A. B., 1936. The composition and dynamics of a beach-maple climax community. *Ecol. Monogr.*, **6**: 317-408.
- WING, L. W., 1956. Natural history of birds. A guide to ornithology. New York: The Ronald Press.
- WYNNE-EDWARDS, V. C., 1959. The control of population-density through social behaviour: a hypothesis. *Ibis*, **101**: 436-441.
- WYNNE-EDWARDS, V. C., 1962. Animal dispersion in relation to social behaviour. Edinburg and London: Oliver and Boyd.
- WYNNE-EDWARDS, V. C., 1966. Self-regulation of bird-populations and the role of social behaviour. *Ostrich*, suppl., **6**: 381-387.

RÉGIMES D'EXPLOITATION DU TRÈFLE LADINO CULTIVÉ EN ASSOCIATION AVEC LE MIL ET LE BROME.

I. PRODUCTIVITÉ ET COMPOSITION BOTANIQUE DU FOURRAGE

PAUL GERVAIS¹

Station de Recherches, Lennoxville, Québec, Canada

Résumé

Une étude réalisée à la Station de Recherches de Lennoxville, Québec, sur loam limoneux de Coaticook de 1954 à 1959 montre que la production des mélanges trèfle ladino-graminées a varié selon les régimes d'exploitation pratiqués. Hausser le niveau des coupes de 1½ à 3 pouces a réduit le rendement du trèfle, mais n'a pas affecté celui des graminées. La régie comportant 4 coupes par année a livré des rendements en trèfle, en mil ou en brome significativement supérieurs à ceux de la régie comprenant 6 coupes. Couper 2 fois par saison a diminué significativement la production de la légumineuse, mais a considérablement accru celle des graminées et, par le fait même, la production totale.

Abstract

A study involving two forage mixtures, two heights and three frequencies of cutting was conducted at the Research Station, Lennoxville, Québec, on a Coaticook silt loam from 1954 to 1959. Raising the height of cutting from 1½ to 3 inches depressed the clover yield but did not alter the grass yield. Cutting 4 times per season resulted in more clover and more grass than cutting 6 times. The infrequently cut plots (2 times) yielded the least clover but the most grass.

Introduction

Dans un rapport antérieur (4), le comportement du trèfle ladino soumis à divers régimes de fauche au cours d'une période de deux ans a été consigné. Étant donné la pérennité de cette légumineuse, on a maintenu l'expérience durant trois années supplémentaires en vue d'étudier l'influence, à plus long terme, des régies appliquées sur la persistance, la productivité et la composition chimique du trèfle ladino et des graminées associées. Ce travail a été réalisé à la Station de Recherches de Lennoxville, Québec, de 1954 à 1959.

1. Adresse actuelle: Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec 10^e, Québec

Revue de littérature

Nombre de chercheurs ont étudié l'effet des régimes d'exploitation sur la productivité et la persistance du trèfle ladino. Brown et Munsell (1) rapportent des rendements plus élevés, un tapis végétal mieux pourvu en trèfle et une meilleure survie en défoliant des mélanges trèfle ladino-graminées à 2 pouces du sol plutôt qu'à 4 pouces. Sprague et Garber (6) ont obtenu des résultats similaires en abaissant le niveau de la coupe de 3 à 2 pouces. D'après Ward et coll. (9), le trèfle ladino persiste davantage et produit plus lorsque récolté à un pouce plutôt qu'à 2½ pouces de hauteur. Hunt et Wagner (5) ont trouvé que les mélanges coupés à 2 pouces donnaient un meilleur rendement et contenaient un plus fort pourcentage de trèfle ladino que ceux défoliés à 4 pouces. Burger et coll. (2) rapportent que le rendement des mélanges et leur teneur en trèfle ladino baissent au fur et à mesure que l'on hausse le niveau des coupes, passant de 1 pouce à 2 pouces puis à 4 pouces.

Les résultats de Fletchall et Brown (3), cependant, laissent voir que le niveau des coupes importe peu, mais que ce sont les défoliations fréquentes qui abaissent les rendements. D'autres chercheurs (2, 5, 7, 8) ont aussi trouvé que la fréquence des coupes exerçait une influence marquée sur le rendement et le rapport légumineuse/graminée dans les mélanges.

Mode opératoire

Cette étude a été effectuée sur loam limoneux de Coaticook, sol bien égoutté, de fertilité moyenne et d'un pH de 5.7. On a appliqué et incorporé au sol, avant le semis, 2 tonnes de pierre à chaux moulue, 1,000 livres de 4-16-12 et 25 livres de borax à l'acre.

On a semencé du trèfle ladino Oregon certifié, *Trifolium repens L.*, seul et en mélange avec du mil Climax, *Phleum pratense L.*, et du brome inerme canadien, *Bromus inermis* Leyss, à raison de 2 livres à l'acre pour le trèfle ladino (semence inoculée), 8 livres pour le mil et 16 livres pour le brome. On a utilisé, comme plante-abri, de l'avoine au taux de 1½ boisseau à l'acre. Le semis a eu lieu le 12 juin 1954. L'avoine a été coupée au stade début d'épiaison et enlevée des parcelles. À l'automne, les plantes fourragères étaient très bien implantées.

Cette expérimentation a été réalisée d'après la méthode du « split-plot » avec 4 répétitions et selon la répartition suivante :

- a. parcelles principales : les mélanges,
- b. sous-parcelles : les régimes d'exploitation.

TABLEAU I

Influence des mélanges trèfle ladino-graminées sur les rendements fractionnés et totaux en livres de matière sèche à l'acre, 1955 - 1959.

Fractions et années	Mélanges		Diff. sign. P = .05
	Trèfle ladino-mil	Trèfle ladino-brome	
Fraction trèfle			
1955	1490	1648	N.S.
1956	1341	1172	N.S.
1957	724	853	N.S.
1958	1901	2005	N.S.
1959	593	842	241
Moyenne	1210	1304	N.S.
Fraction graminée			
1955	1943	960	142
1956	1782	1940	N.S.
1957	2785	2450	N.S.
1958	3193	2789	N.S.
1959	2873	2445	N.S.
Moyenne	2515	2117	347
Production totale			
1955	3433	2608	766
1956	3123	3112	N.S.
1957	3509	3303	N.S.
1958	5094	4794	N.S.
1959	3466	3287	N.S.
Moyenne	3725	3421	N.S.

Les régimes d'exploitation comportaient 3 fréquences d'utilisation : 2, 4 et 6 coupes par saison de végétation et 2 hauteurs de coupe : 1½ et 3 pouces. Aucune coupe n'a été effectuée après le 10 septembre. Les parcelles mesuraient 6 pieds sur 20 pieds. À chaque récolte, on a prélevé et pesé une bande de fourrage de 41 pouces de largeur sur toute la longueur des parcelles. On a ensuite recueilli de chaque parcelle un échantillon représentatif que l'on a mis à sécher après l'avoir séparé à la main en vue de connaître la contribution au rendement et la composition chimique de chaque espèce ensemencée (trèfle ladino, mil, brome) et le degré d'invasion d'autres espèces (mauvaises herbes, espèces utiles non semées).

On a appliqué une fertilisation de maintien, 600 livres de 0-20-20, en septembre 1957.

Résultats et interprétation

Les données recueillies sur les 3 semis à l'étude au cours des années 1955 et 1956 ont déjà fait l'objet d'un rapport (4). Par la suite, l'invasion des parcelles de trèfle ladino pur par les graminées a amené l'élimination de ce semis. Le présent article ne porte que sur les semis trèfle ladino-mil et trèfle ladino-brome soumis à divers régimes d'exploitation de 1955 à 1959.

TABLEAU II

Influence des hauteurs de coupe sur les rendements fractionnés et totaux des mélanges trèfle ladino-graminées en livres de matière sèche à l'acre, 1955 - 1959.

Fractions et années	Hauteurs de coupe		Diff. sign. P = .05
	1½"	3"	
Fraction trèfle			
1955	1769	1369	154
1956	1457	1056	144
1957	867	710	110
1958	2424	1482	119
1959	900	535	120
Moyenne	1484	1030	62
Fraction graminée			
1955	1648	1255	161
1956	1858	1864	N.S.
1957	2565	2670	N.S.
1958	2977	3005	N.S.
1959	2581	2737	N.S.
Moyenne	2326	2306	N.S.
Production totale			
1955	3417	2624	162
1956	3315	2920	184
1957	3432	3380	N.S.
1958	5401	4487	187
1959	3480	3272	N.S.
Moyenne	3809	3376	121

RENDEMENTS EN FOURRAGE

Les deux mélanges ont donné un rendement similaire en trèfle pour la moyenne des 5 années et au cours de chacune des années de production, sauf en 1959 alors que le mélange trèfle ladino-brome contenait plus de trèfle que le mélange trèfle ladino-mil (tableau I). Le mil a livré plus d'herbe à l'acre que le brome durant la première année et pour la moyenne des 5 années. Le faible rendement du brome en 1955 (fraction graminée et production totale) est attribué à la lente implantation de cette graminée. Au point de vue production totale, il n'y a eu aucune différence significative entre les 2 mélanges; en 1955, toutefois, le mélange trèfle ladino-mil a surpassé le mélange trèfle ladino-brome.

Comme les mélanges trèfle ladino-mil et trèfle ladino-brome, au cours de la période des 5 années, se sont comportés d'une façon similaire, les tableaux II et III ne présentent que les résultats moyens de ces 2 mélanges.

Les hauteurs de coupe ont fortement influencé les rendements de la fraction trèfle dans les 2 mélanges (tableau II). Hausser le niveau de la coupe de 1½ à 3 pouces a occasionné une réduction significative de rendement à chaque année. Les hauteurs de coupe, cependant, n'ont exercé qu'une faible influence sur la production du mil et du brome. Ces deux graminées ont donné un rendement similaire à l'un ou l'autre niveau de coupe, sauf en 1955 où la production des parcelles coupées à 1½ pouce de hauteur a excédé significativement celle des parcelles récoltées à 3 pouces. La production totale a suivi, dans l'ensemble, la même tendance que la fraction trèfle; elle a été significativement plus élevée lorsque les coupes ont été effectuées à 1½ pouce en 1955, 1956, 1958 et pour la moyenne des 5 années.

La fréquence des défoliations a été le facteur qui a le plus affecté la productivité des mélanges (tableau III). La régie comportant 4 coupes par saison a livré des rendements totaux et des rendements en trèfle, en mil et en brome significativement supérieurs à ceux de la régie comprenant 6 coupes. Couper 2 fois par saison a réduit significativement la production de la légumineuse, mais a considérablement accru celle des graminées. Le rendement total et celui des graminées ont diminué au fur et à mesure que l'on a augmenté la fréquence des coupes.

COMPOSITION BOTANIQUE DU FOURRAGE

La composition botanique du fourrage récolté de 1955 à 1959 a été établie d'après les rendements en matière sèche des fractions trèfle, graminées et autres plantes non semées.

TABLEAU III

Influence des fréquences de coupe sur les rendements fractionnés et totaux des mélanges trèfle ladino-graminées en livres de matière sèche à l'acre, 1955-1959.

Fractions et années	Fréquences de coupe			Diff. sign. P = .05
	2	4	6	
Fraction trèfle				
1955	1471	1794	1442	189
1956	1266	1579	924	177
1957	410	1040	916	135
1958	1001	2062	2797	146
1959	414	932	806	147
Moyenne	912	1482	1377	76
Fraction graminée				
1955	2214	1152	989	198
1956	3224	1345	1014	184
1957	3462	2418	1972	264
1958	4326	2573	2074	224
1959	4138	2179	1660	293
Moyenne	3473	1933	1542	154
Production totale				
1955	3685	2946	2431	198
1956	4490	2924	1938	225
1957	3872	3458	2888	288
1958	5327	4635	4871	229
1959	4552	3111	2466	278
Moyenne	4385	3415	2919	148

La teneur en trèfle des 2 mélanges a été très satisfaisante (figure 1). Bien qu'elle ait varié d'une année à l'autre, elle a été de 31.5% dans le mélange à base de mil et de 36.2% dans celui à base de brome pour la moyenne des 5 années. Ce dernier mélange, toutefois, renfermait plus de plantes non semées (5.0%) que le premier mélange (2.9%). De même, la contribution du brome (58.8%) a été inférieure à celle du mil (65.6%).

Les défoliations rases ont favorisé la légumineuse (figure 2). Les parcelles coupées à 1½ pouce de hauteur contenaient 7.4% plus de trèfle que celles

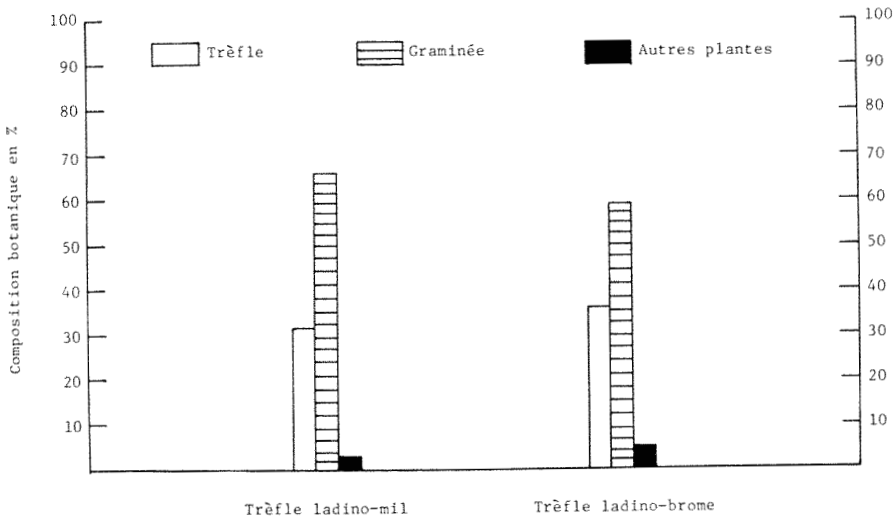


FIGURE 1. Influence des mélanges sur la composition botanique du fourrage récolté, 1955-1959.

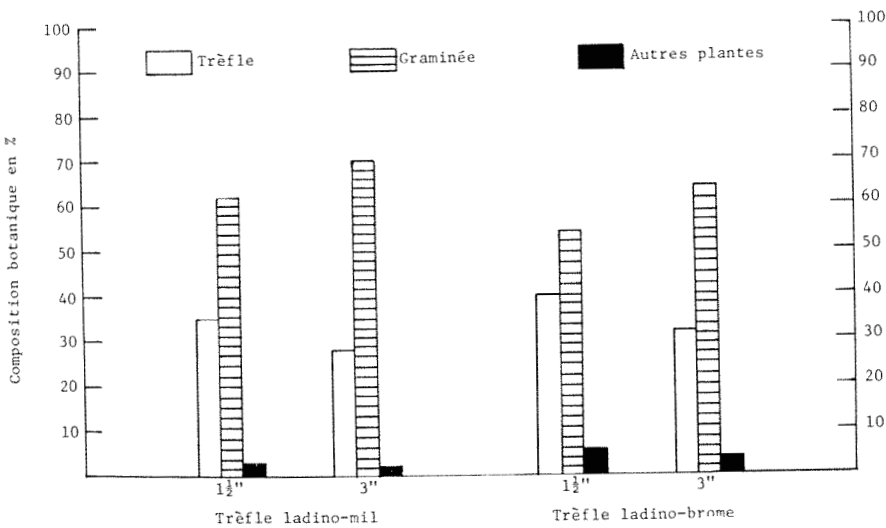


FIGURE 2. Influence des hauteurs de coupe sur la composition botanique du fourrage récolté, 1955-1959.

récoltées à 3 pouces. Les graminées, d'autre part, ont bénéficié d'une défoliation haute; le pourcentage de mil a augmenté de 7.6 et celui du brome de 9.6. Les autres plantes n'ont pas été affectées d'une façon appréciable par le niveau des coupes, bien que les mélanges coupés à 1 1/2 pouce en contenaient légèrement plus qu'à 3 pouces de hauteur.

Le pourcentage de trèfle dans les mélanges a augmenté avec la fréquence des coupes et, inversement, celui des graminées a baissé (figure 3). Récoltés comme

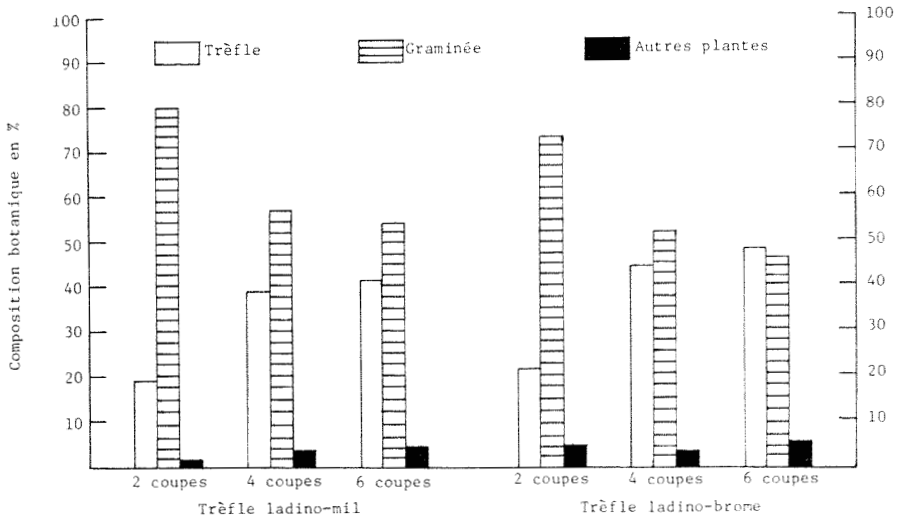


FIGURE 3. Influence des fréquences de coupes sur la composition botanique du fourrage récolté, 1955-1959.

foin (2 coupes), les mélanges contenaient environ $3\frac{1}{2}$ fois plus de graminées que de trèfle. Étant une plante basse, le trèfle ladino a subi une très forte compétition de la part des plantes hautes comme le mil et le brome. Toutefois, coupés à l'état feuillé (4 ou 6 coupes), les mélanges n'ont pas varié d'une façon appréciable dans leur teneur en trèfle, en mil et en brome.

Conclusions

Les mélanges trèfle ladino-mil et trèfle ladino-brome, indépendamment des régies appliquées, ont donné un rendement total similaire pour la moyenne des 5 années de production. Le mil et le brome sont deux graminées qui s'associent bien au trèfle ladino et les deux associations sont d'un très bon rapport dans les Cantons de l'Est.

Les coupes rases ($1\frac{1}{2}$ pouce) ont donné lieu à un rendement en trèfle plus élevé que les coupes plus hautes (3 pouces), mais le niveau des défoliations n'a pas affecté la production des graminées. Les prélèvements de 4 coupes par année se sont révélés significativement supérieurs à ceux de 6 coupes quant au rendement en trèfle et en graminées. D'autre part, c'est sous la régie ne comportant que 2 coupes que les graminées ont produit le plus, mais que le trèfle a rendu le moins.

Le comportement général des mélanges indique qu'une paissance en rotation plutôt intensive durant de courtes périodes, tel que suggéré par la régie com-

prenant 4 coupes à 1½ pouce de hauteur, assurerait un rendement élevé et une bonne persistance du trèfle ladino. Une exploitation plus fréquente — 6 coupes par année — serait de nature, d'après les résultats obtenus, à diminuer le rendement des mélanges d'environ 15% sans abaisser, toutefois, leur teneur en trèfle. D'autre part, les mélanges livrent leur plus fort rendement en graminées lorsqu'ils sont récoltés pour le foin, mais ceci s'accomplit au détriment de la légumineuse.

Remerciements

L'auteur désire exprimer sa profonde gratitude à MM. L. Lachance et A.E. Ouellette, agronomes, de la Station de Recherches de Lennoxville pour l'aide apportée dans la poursuite de cette recherche.

Références

1. BROWN, B.A. and R.I. MUNSELL, 1956. Effects of cutting systems on ladino clover. *Bull. Conn. agric. exp. Stn*, 313.
2. BURGER, A.W., J.A. JACKOBS and C.N. HITTLE, 1958. The effect of height and frequency of cutting on the yield and botanical composition of tall fescue and smooth brome grass mixtures. *Agron. J.*, **50**: 629-632.
3. FLETCHALL, O.H. and F.M. BROWN, 1959. The establishment and management of ladino clover in Missouri. *Res. Bull. Mo. agric. exp. Stn*, 696.
4. GERVAIS, PAUL, 1960. Effects of cutting treatments on ladino clover grown alone and in mixture with grasses. I. Productivity and chemical composition of forrage. *Can. J. Pl. Sci.*, **40**: 317-327.
5. HUNT, O.J. and R.E. WAGNER, 1963. Effects of management practices on yield and composition of three grass-legume mixtures. *Agron. J.*, **55**: 13-16.
6. SPRAGUE, V.G. and R.J. GARBER, 1950. Effect of time and height of cutting and nitrogen fertilization on the persistence of the legume and production of orchardgrass — ladino and brome grass — ladino associations. *Agron. J.*, **42**: 586-593.
7. TESAR, M.B. and H.L. AHLGREN, 1950. Effect of height and frequency of cutting on the productivity and survival of ladino clover (*Trifolium repens* L.) — *Agron. J.*, **42**: 230-235.
8. WAGNER, R.E., 1952. Yields and botanical composition of four grass-legume mixtures under differential cutting. *Tech. Bull. U.S. Dep. Agric.*, 1063.
9. WARD, C.Y., J.N. JONES, J.H. LILLARD, J.E. MOODY, R.H. BROWN and R.E. BLASER, 1966. Effects of irrigation and cutting management on yield and botanical composition of selected legume-grass mixtures. *Agron. J.*, **58**: 181-184.

RÉGIMES D'EXPLOITATION DU TRÈFLE LADINO CULTIVÉ EN ASSOCIATION AVEC LE MIL ET LE BROME.

II. COMPOSITION CHIMIQUE DU FOURRAGE

PAUL GERVAIS¹

Station de Recherches, Lennoxville, Québec, Canada

Résumé

On a analysé chimiquement le fourrage provenant de mélanges trèfle ladino-graminées soumis à divers régimes d'exploitation durant une période de 5 ans. La composition chimique de la fraction trèfle a été sensiblement la même pour la plupart des constituants, quelle qu'ait été la graminée compagne. Toutefois, cultivé avec le mil, le trèfle ladino contenait plus de Ca, mais moins de K et de cendres qu'associé au brome. Le mil renfermait moins de protéines, de cendres, de P et de K, mais plus de fibre et d'extractifs non azotés que le brome.

Les hauteurs de coupe ont eu, en règle générale, un effet plutôt minime sur la composition chimique des espèces. Les coupes rases n'ont qu'augmenté la fibre et diminué le potassium dans le trèfle, et accru le phosphore et abaissé la fibre dans les graminées.

Les fréquences de défoliation, au contraire, ont considérablement influencé la composition chimique des plantes. Dans les fractions trèfle et graminées, la teneur en protéines, en matières grasses, en P et en K a augmenté, et la teneur en fibre et en extractifs non azotés a diminué avec la fréquence des coupes. Chez le trèfle, le pourcentage de Ca s'est accru avec l'âge des tissus alors que le contraire s'est produit chez les graminées.

Abstract

Forage harvested from ladino clover-grass mixtures grown under different managerial treatments for 5 years was chemically analysed. The chemical composition of the clover fraction was similar for most constituents, regardless of the companion grass. The clover, however, had a higher content of Ca and a lower content of ash and K when grown with timothy than when associated with brome grass.

Height of cutting, in general, had little effect on the chemical composition of species. Close cutting only increased the fibre and reduced the K content in the clover fraction, and raised the P and lowered the fibre content in the grass fraction.

1. Adresse actuelle: Faculté d'agriculture, Université Laval, Québec 10^e, Québec.

Frequency of cutting, on the contrary, has considerably modified the chemical composition of plants. In both fractions, the protein, fat, P and K contents increased, and the fibre and N — free extract contents decreased with increasing cutting frequencies. The percentage of Ca followed an opposite trend according to species. In the clover fraction, it increased with advancing stage of growth while, in the grass fraction, the reverse was true.

Introduction

L'influence de divers régimes d'exploitation sur la productivité de mélanges trèfle ladino-graminées et la composition botanique du fourrage récolté a été consignée dans un rapport antérieur (7). Le présent article traite de la composition chimique du trèfle et des graminées. Cette étude a été réalisée à la Station de Recherches de Lennoxville, Québec, de 1955 à 1959.

Revue de littérature

On reconnaît, depuis longtemps, une haute valeur alimentaire au trèfle ladino. Il contient, d'après Plummer (11), de forts pourcentages d'éléments nutritifs et sa teneur en azote et en éléments minéraux, selon Stewart et Bear (15), est élevée. Van Riper et Smith (16) rapportent que le trèfle ladino a une haute teneur en protéines à tous les stades de croissance. Jensen (8) n'a trouvé aucune différence significative dans la teneur en protéines du trèfle ladino récolté de la mi-mai à la mi-juillet. Brown et Munsell (3) mentionnent que la valeur alimentaire d'un mélange trèfle ladino-graminée est supérieure à celle d'un jeune foin de luzerne. Les mêmes auteurs (3) rapportent qu'un fourrage coupé ras contient moins de protéines mais plus de fibre que celui récolté à un niveau plus élevé. Les résultats de Peterson et Hagan (9) montrent que les protéines, les matières grasses et les cendres baissent et que la fibre augmente avec l'âge du végétal.

Le rapport de Phillips et coll. (10) sur la composition chimique de huit graminées, mil et brome inclus, démontre que les protéines, les matières grasses et les cendres diminuent et que la fibre et les extractifs non azotés augmentent avec le vieillissement des plantes. Sotola (14) a déterminé la composition chimique du brome récolté à divers stades de croissance. Il a trouvé que les protéines, le calcium et le phosphore diminuaient et que la fibre augmentait au fur et à mesure que la graminée avançait en âge.

Mode opératoire

La procédure suivie a déjà été décrite ailleurs (7). Rappelons brièvement que deux mélanges fourragers, trèfle ladino — mil et trèfle ladino — brome, ont été récoltés 2, 4 et 6 fois par saison à une hauteur de 1½ et 3 pouces

du sol. On a recueilli de chaque parcelle, immédiatement après la coupe, un échantillon représentatif du fourrage que l'on a séparé à la main en ses parties composantes : espèces ensemencées (trèfle ladino, mil, brome) et autres plantes. Les échantillons fractionnés ont été séchés séparément jusqu'au poids constant pour établir le rendement des espèces et la composition botanique des mélanges. L'analyse chimique a été faite, selon les méthodes décrites par Ward et Johnston (18), sur des échantillons composés du fourrage provenant des 4 répétitions de chaque régie pour chacune des espèces ensemencées.

Résultats et interprétation

La composition chimique du trèfle ladino, pour la moyenne des 5 années, a été sensiblement la même dans les 2 mélanges (tableau I). Seuls les pourcentages de cendres, de Ca et de K ont été significativement différents. Le trèfle ladino, en culture avec le mil, renfermait plus de Ca, mais moins de K et de cendres qu'en association avec le brome.

La composition chimique du mil a été très différente de celle du brome. Le mil contenait significativement moins de protéines, de cendres, de phosphore et de potassium, mais plus de fibre et d'extractifs non azotés que le brome. Phillips et coll. (10) ont aussi obtenu une teneur en protéines et en cendres plus élevée dans le brome que dans le mil. La teneur en matières grasses et en calcium a été similaire dans les deux graminées.

Les données du tableau I montrent que la composition chimique du trèfle ladino diffère considérablement de celle des graminées. Chez la légumineuse, le fourrage récolté comprend presque uniquement des feuilles, alors que chez les graminées, il est composé de feuilles et de tiges. Les feuilles contiennent plus de protéines et moins de fibre que les tiges, tel que l'ont démontré Waite et Sastry (17), et Fagan et Jones (5). Ainsi, le trèfle ladino contenait beaucoup plus de protéines et bien moins de fibre que les graminées. De plus, le pourcentage de calcium a été au-delà de trois fois plus élevé dans le trèfle que dans l'une ou l'autre des graminées. D'autre part, le mil et le brome avaient une teneur en matières grasses et en potassium beaucoup plus forte que le trèfle. Plusieurs auteurs (2, 4, 6, 15) ont démontré que le trèfle ladino, en mélange, prélève moins de K que la graminée associée.

Les hauteurs de coupe, en règle générale, ont peu affecté la composition chimique des espèces (tableau II). Chez le trèfle, les différences n'ont été significatives que pour la fibre et le potassium, et dans les deux cas, elles ont juste atteint le seuil $P = 0.5$. Le trèfle coupé à 1½ pouce de hauteur contenait plus de fibre et moins de potassium que celui récolté à 3 pouces. Chez les graminées, aucune différence significative n'a été notée, sauf pour la fibre et le phosphore. L'herbe coupée à 1½ pouce du sol renfermait moins de fibre, mais plus de phosphore que celle prélevée à 3 pouces.

TABLEAU I

Influence des mélanges sur la composition chimique moyenne du trèfle
et des graminées récoltés de 1955 à 1959.

Mélanges	Fractions	Pourcentages							
		Protéine brute	Fibre brute	Extractifs non azotés	Matières grasses	Cendres	Ca	P	K
Trèfle ladino-mil	Trèfle	26.35	16.70	47.16	1.95	7.84	1.90	0.33	1.25
Trèfle ladino-brome	Trèfle	26.42	16.44	47.21	1.92	8.01	1.83	0.32	1.38
Diff. sign. P = 0.5		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0.17	0.06	N.S.	0.08
Trèfle ladino-mil	Mil	16.43	26.83	47.04	2.85	6.85	0.57	0.30	1.96
Trèfle ladino-brome	Brome	19.65	26.38	43.22	2.74	8.01	0.58	0.34	2.28
Diff. sign. P = 0.5		0.69	0.39	0.82	N.S.	0.22	N.S.	0.02	0.09

TABLEAU II

Influence des hauteurs de coupe sur la composition chimique moyenne du trèfle et des graminées récoltés de 1955 à 1959.

Mélanges	Fractions	Hauteurs de coupe	Pourcentages							
			Protéine brute	Fibre brute	Extractifs non azotés	Matières grasses	Cendres	Ca	P	K
Trèfle ladino-mil	Trèfle	1½"	26.03	16.91	47.17	1.95	7.94	1.90	0.34	1.19
		3"	26.66	16.48	47.16	1.96	7.74	1.89	0.33	1.32
Trèfle ladino-brome	Trèfle	1½"	26.21	16.60	47.24	1.90	8.05	1.87	0.32	1.33
		3"	26.64	16.28	47.17	1.94	7.97	1.80	0.32	1.43
Moyenne		1½"	26.12	16.76	47.20	1.92	8.00	1.88	0.33	1.26
		3"	26.65	16.38	47.16	1.95	7.86	1.84	0.32	1.38
Diff. sign. P = 0.5			N.S.	0.28	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0.08
Trèfle ladino-mil	Mil	1½"	16.44	26.57	47.27	2.81	6.91	0.58	0.31	1.94
		3"	16.41	27.09	46.82	2.90	6.78	0.56	0.29	1.98
Trèfle ladino-brome	Brome	1½"	19.70	26.13	43.36	2.71	8.10	0.60	0.35	2.29
		3"	19.60	26.62	43.10	2.77	7.91	0.57	0.34	2.27
Moyenne		1½"	18.07	26.35	45.32	2.76	7.50	0.59	0.33	2.12
		3"	18.00	26.86	44.96	2.84	7.34	0.56	0.31	2.12
Diff. sign. P = 0.5			N.S.	0.39	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	0.01	N.S.

TABLEAU III

Influence des fréquences de coupe sur la composition chimique moyenne du trèfle et des graminées récoltés de 1955 à 1959.

Mélanges	Fractions	Fréquences de coupe	Pourcentages							
			Protéine brute	Fibre brute	Extractifs non azotés	Matières grasses	Cendres	Ca	P	K
Trèfle ladino-mil	Trèfle	2	22.92	19.34	48.10	1.73	7.91	2.01	0.31	1.11
		4	27.13	15.97	47.04	1.99	7.87	1.90	0.34	1.32
		6	28.99	14.79	46.36	2.12	7.74	1.78	0.35	1.31
Trèfle ladino-brome	Trèfle	2	23.34	18.96	47.95	1.76	7.99	1.90	0.29	1.34
		4	26.96	15.70	47.38	1.95	8.01	1.85	0.32	1.36
		6	28.97	14.66	46.28	2.05	8.04	1.75	0.35	1.44
Moyenne		2	23.13	19.15	48.03	1.74	7.95	1.96	0.30	1.22
		4	27.04	15.84	47.21	1.97	7.94	1.88	0.33	1.34
		6	28.98	14.73	46.32	2.08	7.89	1.76	0.35	1.38
Diff. sign. P = 0.5			0.70	0.35	0.66	0.12	N.S.	0.07	0.01	0.09
Trèfle ladino-mil	Mil	2	12.72	30.39	48.32	2.51	6.06	0.54	0.26	1.64
		4	17.27	25.65	47.04	2.96	7.08	0.57	0.31	2.11
		6	19.29	24.45	45.76	3.09	7.41	0.60	0.32	2.12
Trèfle ladino-brome	Brome	2	14.66	30.26	45.37	2.41	7.30	0.56	0.29	1.93
		4	20.34	25.31	43.44	2.83	8.08	0.58	0.35	2.38
		6	23.94	23.56	40.86	2.99	8.65	0.62	0.39	2.53
Moyenne		2	13.69	30.33	46.84	2.46	6.68	0.55	0.28	1.78
		4	18.80	25.48	45.24	2.90	7.58	0.58	0.33	2.24
		6	21.62	24.00	43.31	3.04	8.03	0.61	0.36	2.32
Diff. sign. P = 0.5			0.85	0.48	1.01	0.15	0.27	0.03	0.02	0.11

Les fréquences de défoliation ou stades de croissance ont exercé un effet marqué sur la composition chimique des espèces. On a coupé les mélanges à trois stades de croissance : 1) à un stade très jeune sous une régie de six coupes par saison; 2) à un stade un peu plus avancé, mais encore à l'état feuillé, sous une régie de 4 coupes, et 3) à l'état de foin, sous une régie de deux coupes.

Il est établi clairement et depuis longtemps (3, 9, 10, 11, 12, 16, 17) qu'un fourrage jeune contient plus de protéines et moins de fibre qu'un fourrage âgé. Les résultats de cette expérience (tableau III) confirment, une fois de plus, cet énoncé et montrent que les protéines baissent et que la fibre augmente au fur et à mesure que l'on réduit le nombre des coupes, c'est-à-dire que les plantes progressent vers la maturité. On notera aussi que le trèfle ladino, au stade foin (2 coupes), renferme encore au moins autant de protéines et beaucoup moins de fibre que les graminées au stade feuillé (6 coupes). Les extractifs non azotés ont suivi une tendance similaire à celle de la fibre; le niveau a diminué avec la fréquence des coupes. Ces données concordent avec celles de Plummer (11) et de Phillips et coll. (10). Van Riper et Smith (16), cependant, ont trouvé que le pourcentage des extractifs non azotés changeait très peu. Les matières grasses, au contraire, ont été plus abondantes dans les fourrages jeunes que dans les fourrages âgés; ces résultats sont similaires à ceux de Bennett (1), de Plummer (11) et de Phillips et coll. (10).

Les fréquences de défoliation n'ont pas modifié significativement la teneur en cendres du trèfle ladino, mais celle des graminées a diminué avec l'âge des plantes. Ces résultats rejoignent ceux de Smith (12) pour le trèfle ladino et ceux de Phillips et coll. (10) et de Waite et Sastry (17) pour les graminées. Le calcium s'est comporté de façon différente selon les espèces. Dans le trèfle ladino, le pourcentage de Ca a monté au fur et à mesure que le végétal a vieilli alors que le contraire s'est produit dans le mil et le brome. La teneur en phosphore et en potassium a baissé avec l'âge des tissus du trèfle et des graminées, baisse déjà notée par d'autres chercheurs (8, 11, 13, 14, 19).

Remerciements

L'auteur remercie sincèrement le personnel du Service de la recherche en chimie analytique, Direction de la recherche, Ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa, pour l'aide apportée dans l'analyse chimique des plantes.

Références

1. BENNETT, W.H., 1956. Effect of stage of maturity, cutting treatment, and fertilization on the yield and crude protein, crude fiber, and ether extract contents of certain grasses and legumes. Doctorate's Thesis, Univ. of Wisconsin.
2. BLASER, R.E. and N.C. BRADY, 1950. Nutrient competition in plant associations. *Agron. J.*, **42**: 128-135.

3. BROWN, B.A. and R.I. MUNSELL, 1956. Effects of cutting systems on ladino clover. *Bull. Conn. agric. exp. Stn*, 313.
4. DRAKE, M., J. VENGRIS and W.G. COLBY, 1951. Cation- exchange capacity of plant roots. *Soil Sci.*, **72**: 139-147.
5. FAGAN, T.W. and T.H. JONES, 1924. The nutritive value of grasses as shown by their chemical composition. *Bull. Welsh Pl. Breed. Stn*, Ser. H., No. 3: 85-130.
6. GERVAIS, Paul, 1960. Effects of varying levels of phosphorus and potassium applications on productivity, and botanical and chemical composition of a ladino clover-timothy association. *Can. J. Pl. Sci.*, **40**: 185-198.
7. GERVAIS, Paul, 1968. Régimes d'exploitation du trèfle ladino cultivé en association avec le mil et le brome. I. Productivité et composition botanique du fourrage. *Naturaliste can.*, **96** (1): 00-00.
8. JENSEN, E.H., 1952. The effect of level of nutrition and cutting treatment on yield and composition of ladino clover (*Trifolium repens* L.). Doctorate's Thesis, Univ. of Wisconsin.
9. PETERSON, M.L. and R.M. HAGAN, 1953. Production and quality of irrigated pasture mixtures as influenced by clipping frequency. *Agron. J.*, **45**: 283-287.
10. PHILLIPS, T.G., J.T. SULLIVAN, M.E. LOUGHLIN and V.G. SPRAGUE, 1954. Chemical composition of some forage grasses. I. Changes with plant maturity. *Agron. J.*, **46**: 361-369.
11. PLUMMER, B.E., Jr., 1953. Chemical composition of grasses and legumes in Maine. *Bull. Me. agric. exp. Stn*, 513.
12. SMITH, Dale, 1964. Chemical composition of herbage with advance in maturity of alfalfa, medium red clover, ladino clover, and birdsfoot trefoil. *Res. Rep. agric. exp. Stn Univ. Wisc.*, no. 16.
13. SMITH, P.F., 1962. Mineral analyses of plant tissue. *Ann. Rev. Pl. Physiol.*, **13**, 81-108.
14. SOTOLA, J., 1941. The chemical composition and apparent digestibility of nutrients in smooth brome grass harvested in three stages of maturity. *J. agric. Res.*, **63**: 427-432.
15. STEWART, I. and F.E. BEAR, 1951. Ladino clover - Its mineral requirements and chemical composition. *Bull. New Jers. agric. exp. Stn*, 759.
16. VAN RIPER, G.E. and D. SMITH, 1959. Changes in the chemical composition of the herbage of alfalfa, medium red clover, ladino clover, and brome grass with advance in maturity. *Res. Rep. agric. exp. Stn Univ. Wisc.*, no. 4.
17. WAITE, R. and K.H.S. SASTRY, 1949. The composition of timothy (*Phleum pratense*) and some other grasses during seasonal growth. *Emp. J. exp. Agric.*, **17**: 179-187.
18. WARD, G.M., and F.B. JOHNSTON, 1962. Chemical methods of plant analysis. *Publ. Min. Agric. Can.*, 1064.
19. WEDIN, W.F., A.W. BURGER and H.L. AHLGREN, 1956. Effect of soil type, fertilization, and stage of growth on yield, chemical composition, and biological value of ladino clover (*Trifolium repens* L.) and alfalfa (*Medicago sativa*). *Agron. J.*, **48**: 147-152.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LE GONFLEMENT ET LE RETRAIT DES SOLS ¹

S.-J. BOURGET ²

Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec, Canada

Résumé

Des pâtes de sols ont été préparées avec de l'eau distillée et celles-ci ont été maintenues à cinq températures différentes. La limite de retrait, les retraites volumétriques et linéaires ainsi que le rapport de retrait de cinq types de sols ont été déterminés en utilisant ces pâtes.

Aucune tendance importante n'a été relevée entre les différentes températures et les propriétés mentionnées ci-haut. Les variations obtenues sur les types de sols peuvent être attribuées à d'autres facteurs tels la texture et les formes d'argile.

Abstract

Soil pastes were prepared using distilled water and they were maintained at five different temperatures. The shrinkage limit, the volumetric and linear shrinkage and the shrinkage ratio of five soil types were determined using these pastes.

No consistent correlation was found between the different temperatures and the above mentioned properties. The variation found between the soil types can be attributed to other factors such as texture and kinds of clay.

Introduction

Le gonflement et le retrait des sols sont des phénomènes mécaniques qui ont attiré l'attention des chercheurs intéressés particulièrement à la construction des routes. La plupart des travaux exécutés dans ce domaine ont porté sur l'explication des mécanismes de retrait (1, 5, 7) ou sur l'influence de certains facteurs susceptibles d'altérer ce phénomène (3, 6). Kaul (4) a étudié l'influence de la

1. Contribution N° 55 de la Faculté d'Agriculture de l'Université Laval, Québec, Canada.

2. Adresse actuelle: Station de Recherches. Ministère de l'Agriculture du Canada, Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec.

TABLEAU I

Texture des cinq types de sols.

Sols	% sable	% limon	% argile
Argile Ste-Rosalie	23.7	23.7	52.6
Loam argileux Mathilda	36.5	30.7	32.8
Loam argileux Joly	34.7	35.2	30.1
Loam sableux Tilly	61.3	22.7	16.0
Loam argileux St-Augustin	31.8	35.2	33.0

TABLEAU II

Limites de retrait des cinq sols préparés à cinq températures différentes.

Sols	Température °F				
	32	42	68	75	100
Ste-Rosalie	27	26	25	24	28
Mathilda	32	33	35	27	34
Joly	33	35	33	30	33
Tilly	33	36	35	28	29
St-Augustin	28	30	27	27	28

température sur le gonflement des argiles qui avaient été soumises à de fortes pressions. Il a trouvé que le gonflement de la montmorillonite variait suivant l'élévation de température alors que celle-ci n'avait aucune influence sur la kaolinite et l'illite.

Dans le présent travail, nous avons étudié l'influence de la température sur le gonflement et le retrait des sols.

Matériel et méthodes

Les cinq types de sol suivants ont été utilisés pour fins expérimentales : l'argile Ste-Rosalie, le loam argileux Mathilda, le loam argileux Joly, le loam sableux Tilly et le loam argileux St-Augustin. Des échantillons de l'horizon A de ces sols furent prélevés dans le champ, transportés au laboratoire, séchés à l'air et passés à travers un tamis de 2 mm.

Nous avons déterminé les facteurs de retrait suivants sur ces sols : limite de retrait, retraits volumétriques sur base humide et sur base sèche, retrait linéaire et rapport de retrait. La méthode de Dawson (2), basée sur le déplacement du mercure par une galette de sol sec, a été suivie. La pâte de sol était placée dans un moule à volume déterminé pour être ensuite séchée à l'étuve à 150°C. Pour la préparation de la pâte de sol, on a utilisé de l'eau distillée aux cinq températures suivantes : 32, 42, 68, 75 et 100°F. De plus, l'on s'est assuré que ces températures étaient maintenues durant toute la durée de la préparation de la pâte de sol, en utilisant un bain à température constante.

Les formules qui suivent ont servi pour le calcul des différents facteurs de retrait :

A) *Limite de retrait (LR)* :

$$LR = \left[\frac{(PH - PS) - (VH - VS) DE}{(PS - PT)} \right] \times 100$$

où: PH = poids du sol humide + moule

PS = poids du sol sec + moule

VH = volume du moule

VS = volume de la galette de sol sec

PT = poids du moule

DE = densité de l'eau

B) *Retraits volumétriques (RV)* :

1) Sur base humide = RVH

$$RVH = \frac{VH - VS}{VH} \times 100$$

2) Sur base sèche = RVS

$$RVS = \frac{VH - VS}{VS} \times 100$$

TABLEAU III

Influence de la température sur les retraits volumétriques.

Sols	Retraits	Température °F				
		32	42	68	75	100
Ste-Rosalie	RVH	23.5	25.7	26.2	24.2	24.9
	RVS	30.7	34.5	35.4	31.9	33.2
Mathilda	RVH	28.2	28.9	29.7	31.0	30.0
	RVS	39.2	40.6	42.3	44.8	42.8
Joly	RVH	21.6	22.1	22.6	22.9	25.9
	RVS	27.5	28.3	29.1	29.8	34.9
Tilly	RVH	13.9	11.3	11.9	17.4	18.8
	RVS	16.2	12.7	13.5	21.1	23.2
St-Augustin	RVH	27.2	26.7	28.0	30.1	27.6
	RVS	37.4	36.5	38.9	43.1	38.1

TABLEAU IV

Influence de la température sur le retrait linéaire et le rapport de retrait.

Sols	Retraits	Température °F				
		32	42	68	75	100
Ste-Rosalie	RL	8.53	9.41	9.61	8.82	9.11
	RR	1.46	1.48	1.53	1.52	1.44
Mathilda	RL	10.44	10.74	11.10	11.62	11.19
	RR	1.30	1.32	1.28	1.42	1.27
Joly	RL	7.77	7.07	8.17	8.32	5.59
	RR	1.29	1.24	1.31	1.30	1.31
Tilly	RL	4.86	3.91	4.12	6.19	6.71
	RR	1.31	1.29	1.29	1.43	1.40
St-Augustin	RL	10.05	9.84	10.38	11.25	10.20
	RR	1.42	1.39	1.46	1.44	1.42

C) *Retrait linéaire (RL)*:

$$RL = \left[1 - \sqrt[3]{1 - \frac{RVH}{100}} \right] \times 100$$

D) *Rapport de retrait (RR)*:

$$RR = \frac{(PS - PT)}{VS \times DE}$$

Résultats et discussion

Le tableau 1 nous montre qu'à l'exception du loam sableux Tilly, tous les sols renfermaient au moins trente pour cent d'argile. Étant donné l'importance de la fraction argile dans le retrait des sols, tel que mentionné par De Jong et Warkentin (3) et Mc Neal *et al.* (6), ces sols étaient donc appropriés à une telle étude. Toutefois nous n'avons pas étudié la composition des fractions argile, ce qui aurait peut-être contribué à expliquer les résultats d'une façon plus complète que la simple composition texturale.

Les résultats obtenus pour les limites de retrait des échantillons saturés avec de l'eau distillée à différentes températures sont présentés au tableau 2. On ne peut noter de corrélation entre l'augmentation et la diminution des limites de retrait et la température. Toutefois les plus basses valeurs des limites de retrait pour les cinq types de sols ont été obtenues à une température de 75°F. Étant donné que la limite de retrait est fonction du pourcentage d'humidité présent dans le sol lorsque, durant le ressuyage, le rétrécissement arrête, il n'est pas étonnant que le sol renfermant le plus d'argile ait donné les valeurs les moins élevées. Cela est en accord avec les résultats de De Jong et Warkentin (3) en autant que l'argile ne forme pas une matrice continue. L'analyse de variance a révélé une différence significative dans les limites de retrait seulement pour le sol Mathilda à une température de 75°F.

L'analyse des résultats obtenus pour les retraits volumétriques de même que pour le retrait linéaire et le rapport de retrait (tableaux 3 et 4), ne démontre aucune corrélation importante entre ces valeurs et la température. Le retrait volumétrique sur base sèche est toujours représenté par des valeurs plus élevées que celles du retrait volumétrique sur base humide. Le sol Tilly a donné les retraits volumétriques et linéaires les plus bas et cela est probablement dû à la texture sableuse de ce sol. Il est tout de même étonnant de réaliser que les rapports de retrait obtenus pour l'argile Ste-Rosalie sont plus élevés que ceux des autres sols, en dépit du fort pourcentage d'argile dans le sol Ste-Rosalie. Des différences significatives ont été obtenues dans les retraits volumétriques sur base humide pour le sol Mathilda aux températures de 75 et

100°F. et dans les rapports de retrait pour le même sol à une température de 75°F.

Les travaux de Kaul (4) ont démontré que le gonflement de la montmorillonite comprimée était affecté par la température alors que cela ne se produisait pas pour la kaolinite et l'illite. En se basant là-dessus on pourrait conclure que les fractions argile des cinq sols utilisés renfermaient très peu de montmorillonite ou que l'argile comprimée se comporte différemment de l'argile se trouvant sous des conditions ordinaires de pression. Toutefois, il est bon de mentionner que Davidson et Page (1) ont déjà trouvé que la pression résultant du gonflement de la montmorillonite était très élevée alors que celle résultant du gonflement de la kaolinite et de l'illite était négligeable. Cela s'explique par la présence de deux couches d'eau dans la montmorillonite. La composition de la solution du sol, comme l'ont suggéré Mc Neal *et al.* (6), ne devrait pas avoir influencé les résultats obtenus avec les différents traitements puisque nous avons utilisé l'eau distillée.

Conclusions

Bien que la variation de la température ait causé des différences dans le gonflement et le retrait, les résultats obtenus ne démontrent aucune corrélation entre la température et le retrait des sols.

Remerciements

L'auteur désire remercier le Conseil des Recherches Agricoles du Québec, dont les octrois ont permis la réalisation de ce travail, ainsi que l'assistance technique de P. Constantineau et L. Bilodeau.

Références

- (1) DAVIDSON, S.E. and J.B. PAGE, 1956. Factors influencing swelling and shrinkage in soil. *Proc., Soil Sci. Soc. Am.*, **20**: 320-324.
- (2) DAWSON, R.F., 1949. Laboratory manual in soil mechanics. New York: Pitman Publishing Corp. pp. 40-47.
- (3) DE JONG, E. and B.P. WARKENTIN, 1965. Shrinkage of soil samples with varying clay concentration. *Can. Geotech. J.*, **2**: 16-22.
- (4) KAUL, B.K., 1964. Effect of temperature on the swelling of compressed clays. *Curr. Sci.*, **33**: 170-173.
- (5) LAMBE, T.W., 1960. Compacted clay: structure. *Trans. Am. Soc. civ. Engrs.*, **125**: 682-706.
- (6) MC NEAL, B.L., W.A. NORVELL and N.T. COLEMAN, 1966. Effect of solution composition on the swelling of extracted soil clays. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, **30**: 313-317.
- (7) WARKENTIN, B.P., 1958. The mechanism of volume change in clays. *Tech. Mem. Proc. 12th Can. Soil Mech. Conf. N.R.C.*, n° 59.

INFLUENCE DE LA TENSION DE L'EAU DU SOL SUR LE RENDEMENT
ET LA COMPOSITION MINÉRALE DE L'ORGE ET
DE LA POMME DE TERRE ¹

A.-R. PESANT ² et S.-J. BOURGET ³

Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec

Résumé

L'orge et la pomme de terre ont été ensemencées en serre dans deux sols, avec et sans engrais, et soumises durant toute leur période de croissance à trois traitements d'humidité qui consistaient à laisser baisser l'eau disponible du sol à 80, 40 et 0 pour cent avant une irrigation. L'engrais chimique 4-24-20 a été appliqué au taux de 1.000 pour l'orge et 2.000 kg/hectare pour la pomme de terre. Les rendements des tubercules de pomme de terre et des racines, grains et paille de l'orge ont été prélevés à un stade où 50 pour cent des plantes avaient atteint la maturité.

En général les rendements ont augmenté et l'efficacité de l'utilisation de l'eau a diminué à mesure que la quantité d'eau utile augmentait. L'application d'engrais chimiques a contribué à accroître non seulement les rendements mais aussi l'influence des traitements d'humidité et l'efficacité de l'utilisation de l'eau. La composition minérale des tissus en potassium, calcium et magnésium n'a pas beaucoup varié à la suite des traitements d'humidité. Toutefois, la pomme de terre et l'orge croissant dans les sols non fertilisés, n'ont pu mobiliser facilement le phosphore du sol en présence d'une forte tension d'eau. A cause d'un effet de dilution, la teneur en azote des tissus a diminué avec l'augmentation des rendements.

Abstract

Barley and potatoes were grown in two soils in the greenhouse, with and without fertilizer, and submitted, during their growing period, to three moisture treatments which consisted in depleting the available moisture to 80, 40 and 0 percent prior to an irrigation. Fertilizer was

Contribution N° 57 de la Faculté d'Agriculture de l'Université Laval, Québec, Canada.

1. Ce travail représente une partie des exigences requises pour l'obtention du diplôme de la maîtrise ès sciences par l'auteur senior, à l'École des Gradués de l'Université Laval.

2. Adresse actuelle: Station de Recherche, Lennoxville, Québec, Canada.

3. Adresse actuelle: Station de Recherche, Ministère de l'Agriculture du Canada, Faculté d'Agriculture, Université Laval.

applied at the rate of 1,000 and 2,000 kg/hectare of 4-24-20 for barley and potatoes respectively. The yields of potato tubers and of barley stems, roots and grain were taken when 50% of the plants had reached maturity.

Usually, the yields increased and the efficiency of water use decreased as the quantity of available water increased. The application of fertilizer contributed to increase not only the yields but also the influence of the moisture treatments and the efficiency of water use. The potassium, calcium and magnesium content of the plant tissues did not vary greatly. However, barley and potatoes grown in unfertilized pots mobilized soil phosphorus less as soil moisture stresses increased. Because of dilution effect, the nitrogen content of plant tissues decreased with increasing yields.

Introduction

L'eau joue un rôle important dans la croissance végétale car, en plus d'être essentielle, elle sert de véhicule aux éléments nutritifs assimilés par le système racinaire de la plante. En dépit de nombreux travaux de recherche, nous constatons que l'information actuelle sur la variation dans la composition minérale des plantes due à différents régimes hydriques dans le sol est limitée.

Stanhill (1957) a analysé les résultats de quatre-vingts articles publiés sur ce sujet. Il a constaté que dans quatre-vingts pour cent des cas, le rendement des plantes décroissait à mesure que la quantité d'eau disponible du sol diminuait. Fulton et Murwin (1955) ont étudié l'effet de la dégradation de l'humidité du sol jusqu'à des taux de 75, 50 et 25 pour cent d'eau disponible sur la pomme de terre. Ils ont noté que la croissance des tubercules était sensiblement ralentie à mesure que le taux d'humidité du sol baissait, même si la zone racinaire contenait encore une grande réserve d'humidité disponible. Struchtemeyer (1961) accepte la théorie, qu'à mesure que le pourcentage d'eau disponible diminue, les rendements de la pomme de terre décroissent. Cependant, il souligne qu'un manque d'humidité du sol durant la dernière phase de croissance, a tendance à réduire les rendements d'une façon plus alarmante que durant la première phase. Bradley et Pratt (1954) soutiennent le point de vue de Fulton et Murwin (1955) à l'effet qu'on a les plus hauts rendements en tubercules si l'arrosage est fait lorsque l'humidité du sol ne baisse pas en-dessous de 50 pour cent d'eau disponible. Blake *et al.* (1955) n'ont constaté aucune variation dans les rendements de la pomme de terre lorsque les arrosages étaient faits à des taux d'humidité variant entre 35 et 67 pour cent d'eau utile. Cykler (1946, 1947) a noté que de hauts rendements de pomme de terre sont obtenus lorsque le taux d'humidité demeure élevé et ne baisse jamais en-dessous d'un niveau à mi-chemin entre la capacité de rétention de l'eau et le point de flétrissement.

Hobbs *et al.* (1963) ont trouvé que le rendement de la pomme de terre se maintenait en autant que l'eau disponible ne s'abaissait pas à un niveau inférieur à 75 pour cent. Robins et Domingo (1956) travaillant aussi avec la pomme de terre, ont prouvé qu'une haute tension diminue les rendements de 30 à 58 pour cent, augmente le fendillement de la tubercule et cela avec plus d'ampleur à partir de la mi-saison jusqu'à la récolte. Taylor (1952) a également noté que les hauts rendements de pomme de terre sont associés à une basse tension de l'eau du sol, aussi longtemps que ce dernier est bien drainé et aéré.

Aspinall *et al.* (1964) ont trouvé qu'une courte période de forte tension de l'eau du sol, peut ralentir l'élongation de la tige de l'orge alors que la formation du grain peut tolérer des cycles de tension élevée, sans effet nocif. Ils ajoutent qu'une haute tension de l'eau du sol diminue le poids et le nombre de grains par épi, tout en affectant plus sérieusement les parties croissant rapidement. Aspinall (1965) a étudié plus profondément l'effet de la tension de l'eau sur la croissance du grain d'orge. Il affirme que, répartie sur une grande période, l'accroissement de la tension de l'eau du sol amène une réduction dans le taux de croissance. De plus, la présence d'une haute tension d'eau dans un sol produit un faible arrêt de la croissance et une perte de matière sèche durant l'étape finale du mûrissement.

Richards et Wadleigh (1952) affirment que les résultats, au sujet de l'influence de la tension de l'eau du sol sur les besoins en eau et sur l'absorption des éléments nutritifs par la plante, sont limités. Ils soulignent qu'il est possible que l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les plantes varie avec la dose en éléments nutritifs. Les études de Bourget et Carson (1962) sur l'avoine et la luzerne ont démontré que la composition chimique des tiges de ces deux plantes en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium n'a pas été beaucoup affectée par la variation de la tension de l'eau. Toutefois, sur les sols non fertilisés, le contenu en phosphore dans le grain d'avoine a diminué lorsque la tension de l'eau a augmenté, cela semble indiquer que cet élément devient moins disponible dans le sol lorsque la tension de l'eau est élevée. Mederski et Wilson (1960) ont constaté également que la quantité de phosphore absorbé par le maïs diminuait à mesure que la tension de l'eau disponible du sol augmentait.

Dans le présent travail, nous avons étudié l'influence de la tension de l'eau du sol sur le rendement, l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la composition minérale de l'orge et de la pomme de terre cultivées dans deux sols de texture différente avec ou sans apport d'engrais chimiques.

Méthode

SOLS, ESPÈCES VÉGÉTALES ET FERTILISATION

Nous avons fait ce travail en serre, en utilisant l'horizon de surface des deux types de sols suivants: le sable loameux Tilly et le loam sableux St-Nicolas.

Ces deux sols ont été décrits dans les rapports pédologiques de Baril et Rochefort (1957, 1965). Ils ont un bon drainage et sont particulièrement bien adaptés à la culture de la pomme de terre. Le tableau I nous montre le pH et l'analyse granulométrique des deux sols.

TABLEAU I
Analyse granulométrique et pH de chaque type de sol.

Sols	% sable	% limon	% argile	pH
Sable loameux Tilly	79.0	14.4	6.6	4.6
Loam sableux St-Nicolas	60.4	21.0	18.6	4.5

On a divisé ces sols en quantité de 4,500 g qu'on a versés dans des pots de grès d'un gallon. Les deux espèces végétales suivantes ont été ensemencées: orge (*Hordeum Vulgare* L.), variété hâtive Parkland et pomme de terre (*Solanum Tuberosum* L.), variété semi-hâtive Keswick. Pour les fins de l'expérience, on a gardé 8 plants d'orge et 2 de pommes de terre dans chaque pot.

Les deux niveaux de fertilité suivants ont été utilisés:

a) Aucun engrais chimique et b) 1,000 kg/hectare de 4-24-20 pour l'orge et 2,000 kg/hectare de 4-24-20 pour la pomme de terre. L'engrais a été mélangé au volume total du sol dans chacun des pots.

TRAITEMENTS D'HUMIDITÉ

Les unités hygrométriques de gypse de Bouyoucos (1961) ont été utilisées afin de suivre l'évolution de l'humidité dans les sols. Six unités hygrométriques ont d'abord été choisies au hasard parmi un groupe d'une centaine et l'on a procédé à la calibration de 3 unités par type de sol selon la méthode de Kelley (1944). Les déterminations de la capacité de rétention de l'eau et du point de flétrissement ont été faites suivant les méthodes de l'humidité équivalente de Briggs et Shantz (1912) et du tournesol de Richards (1954) respectivement.

Les traitements consistaient à laisser baisser l'eau disponible jusqu'à 80, 40 et 0 pour cent avant une irrigation. L'eau disponible représente la différence entre la capacité de rétention de l'eau et le point de flétrissement. Après le semis, les sols ont été arrosés avec de l'eau distillée jusqu'à ce que leur teneur en eau soit égale à la capacité au champ. Les plantes ont alors utilisé l'eau du sol jusqu'à ce que le degré de réduction d'humidité désiré soit atteint. Ce dernier était déterminé au moyen de la courbe de calibration des unités hygrométriques pour chaque sol. Le sol était alors arrosé avec une quantité suffisante d'eau distillée pour ramener son pourcentage d'humidité à la capacité de rétention. Des lectures de l'humidité du sol furent faites une fois par jour, du début jusqu'à la mi-saison et par la suite, deux fois par jour, jusqu'à la fin de la période de végétation.

On a utilisé trois répétitions de chacun des traitements d'humidité et de fertilité, ce qui représentait un total de 72 contenants. De plus, les traitements furent distribués au hasard à l'intérieur des 3 répétitions.

RÉCOLTES ET ANALYSES CHIMIQUES

Les rendements de l'orge et de la pomme de terre ont été déterminés au stade où 50 pour cent des plantes avaient atteint la maturité. Dans les deux cas, les tiges ont été coupées au niveau du sol, et les racines ont été séparées du sol par plusieurs lessivages dans l'eau distillée. Ces tissus ont par la suite été séchés à une température de 80°C, pesés et moulus au moyen d'un moulin Wiley. Les poids des tubercules de même que ceux du grain ont été enregistrés.

Dans le but d'étudier l'influence de la tension de l'eau du sol sur la composition en azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium des tissus végétaux, on a effectué des analyses chimiques selon les méthodes suivantes: l'azote total par la méthode de Kjeldahl, le phosphore par la méthode colorimétrique, le potassium, le calcium et le magnésium à l'aide du photomètre à flamme. L'extraction des quatre derniers éléments a été réalisée en suivant la procédure décrite par Ward et Johnston (1962).

Résultats et discussion

RENDEMENTS

Nous aurions désiré interpréter les rendements de la pomme de terre et de l'orge à un stade de maturité homogène au sein des trois traitements d'humidité. Dans ce cas, il aurait fallu tenir compte de l'influence de la teneur en eau d'irrigation sur la période de végétation. En effet, nous avons pu constater que l'augmentation de l'eau disponible accélérerait la floraison de la pomme de terre. Par contre l'orge a démontré moins de différence.

Il y eut une augmentation des rendements en tubercules à mesure que l'humidité du sol augmentait. La plupart des auteurs cités dans la revue de la littérature ont affirmé que les rendements des plantes accroissaient à mesure que la quantité d'eau disponible du sol augmentait et les rendements obtenus ici prouvent cet avancé dans la plupart des cas. Toutefois, en l'absence d'engrais sur le sol Tilly on constate que les rendements de l'orge ont diminué à mesure que l'eau disponible a augmenté. Il est difficile d'expliquer ce renversement quoiqu'il est possible que l'orge non fertilisée ait souffert d'un manque d'aération ou d'autres conditions qui ont contribué à ralentir la croissance à mesure que le pourcentage d'eau disponible augmentait, et que l'application d'engrais chimiques au sol Tilly ait contribué à contrebalancer l'effet de ces facteurs.

Dans tous les cas, l'influence des différents traitements d'humidité a été plus importante lorsque nous avons appliqué l'engrais chimique au sol. Ce-

TABLEAU II

Rendements de l'orge et de la pomme de terre
(g de matière sèche/pot; moyenne de 3 répétitions)

Niveaux d'humidité disponible en %	ORGE						POMME DE TERRE	
	Sans engrais			Avec engrais			Sans engrais	Avec engrais
	Paille	Grain	Racines	Paille	Grain	Racines	Tubercules	Tubercules
80	9.63	5.02	2.12	Sable loameux Tilly		5.95	16.33	51.54
				29.22	13.73			
40	10.34	5.47	2.83	25.59	13.11	5.39	14.68	38.81
0	12.18	6.32	2.86	22.27	11.63	4.76	14.13	8.30
				Loam sableux St-Nicolas				
80	6.79	3.48	2.68	19.24	10.77	6.15	12.62	30.88
40	5.37	2.71	4.93	17.09	10.07	5.83	11.30	13.81
0	1.62	0.20	2.67	12.04	7.09	4.83	4.06	1.42

pendant, on constate que la pomme de terre supporte moins bien les fortes tensions d'eau dans un sol fertilisé que dans un sol non fertilisé. Les rendements en tubercules laissent supposer qu'à un niveau près de zéro pour cent d'eau disponible il existe une forte concentration des éléments nutritifs créant ainsi une solution hypertonique en regard des cellules de la racine.

L'analyse de la variance (tableau 5) a démontré que l'apport d'engrais chimiques a donné des différences significatives dans les rendements de l'orge et de la pomme de terre sur les deux sols. Par contre les différences de rendements dues aux traitements d'humidité sont significatives sur les deux sols dans le cas de la pomme de terre et seulement sur le sol St-Nicolas dans le cas de l'orge.

EFFICACITÉ DE L'UTILISATION DE L'EAU

Le tableau 3 représente les valeurs de l'efficacité de l'utilisation de l'eau disponible par l'orge et la pomme de terre pour la période complète de croissance. On a déterminé le coefficient de l'utilisation de l'eau en faisant le quotient de la quantité de matière sèche produite par la quantité totale d'eau (en centimètres) ajoutée au sol pour chaque traitement. L'eau utilisée, en plus de suffire aux besoins de la plante, comprenait aussi celle perdue par évaporation.

Les valeurs de l'efficacité d'utilisation de l'eau du sol sont habituellement plus grandes pour les plantes des sols fertilisés que pour celles des sols non fertilisés. Ces résultats sont en accord avec ceux de Richard et Wadleigh (1952).

Scofield (1945) a trouvé que les différentes tensions avaient une légère influence sur les quantités d'eau requises pour la luzerne. Nos résultats obtenus sur le sol Tilly indiquent qu'à l'exception des tubercules de pomme de terre fertilisée, l'efficacité de l'utilisation de l'eau s'est accrue à mesure que le niveau de l'eau disponible baissait. Ceci est en accord avec les résultats obtenus pour l'avoine par Bourget et Carson (1962). Par contre, sur le loam sableux St-Nicolas, c'est au niveau de 40 pour cent d'eau disponible que l'orge a utilisé l'eau le plus efficacement alors que les coefficients d'utilisation des tubercules de pomme de terre accroissent avec les niveaux d'humidité sur sol fertilisé. En l'absence de fertilisation il y a augmentation des coefficients des niveaux 0 à 40 seulement.

L'analyse de la variance (tableau 5) indique que la tension de l'eau du sol et l'application d'engrais ont eu un effet très significatif sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau par l'orge sur les deux sols. Pour les tubercules de pomme de terre la seule différence significative a été obtenue entre les traitements d'humidité sur le sol St-Nicolas.

TABLEAU III

Efficacité de l'utilisation de l'eau par les plantes
(g de matière sèche/cm d'eau utilisée x; moyenne de 3 répétitions)

Niveaux d'humidité disponible en %	ORGE						POMME DE TERRE	
	Sans engrais			Avec engrais			Sans engrais	Avec engrais
	Paille	Grain	Racines	Paille	Grain	Racines	Tubercules	Tubercules
	Sable loameux Tilly							
80	0.18	0.09	0.04	0.40	0.19	0.08	0.32	0.61
40	0.30	0.16	0.08	0.48	0.24	0.10	0.54	0.75
0	0.42	0.22	0.10	0.53	0.28	0.11	0.62	0.42
	Loam sableux St-Nicolas							
80	0.20	0.11	0.08	0.36	0.20	0.11	0.40	0.59
40	0.26	0.13	0.13	0.44	0.26	0.28	0.51	0.49
0	0.14	0.01	0.23	0.41	0.24	0.17	0.32	0.11

x Incluant les pertes par évaporation

TABLEAU IV

Composition minérale des tissus de plantes cultivées sur le sol St-Nicolas
(% de la matière sèche)

Niveaux d'humidité disponible en %	Avec engrais					Sans engrais				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	Tubercules de pomme de terre									
80	1.55	0.35	2.11	0.01	0.10	1.80	0.44	2.15	0.01	0.14
40	2.05	0.36	2.33	0.02	0.12	1.42	0.31	2.23	0.01	0.14
0	2.95	0.51	3.28	0.02	0.16	2.56	0.34	2.62	0.02	0.16
	Grain d'orge									
80	1.85	0.36	0.42	0.02	0.10	1.45	0.45	0.55	0.02	0.13
40	2.52	0.34	0.43	0.02	0.10	2.15	0.46	0.53	0.03	0.12
0	2.45	0.36	0.37	0.02	0.10	3.18	0.41	0.32	0.05	0.12
	Paille d'orge									
80	0.70	0.06	3.13	0.48	0.19	0.85	0.13	2.19	0.39	0.24
40	0.73	0.07	3.60	0.47	0.21	1.17	0.17	2.97	0.40	0.26
0	1.28	0.12	3.75	0.48	0.19	3.40	0.16	3.13	0.57	0.34

TABLEAU V

Valeurs de "F" dans l'analyse de la variance des rendements et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'orge et la pomme de terre. — Sable loameux Tilly et Loam sableux St-Nicolas.

	Rendements			Efficacité de l'utilisation de l'eau		
	Sources de variations			Sources de variations		
	Niveaux de Fertilité (F)	Régimes hydriques (H)	Interaction F x H	Niveaux de Fertilité (F)	Régimes hydriques (H)	Interaction F x H
Sable Loameux Tilly						
<i>Pomme de terre</i>						
Tubercules	20.56++	11.61++	5.06+	2.40 NS	2.65 NS	5.68+
<i>Orge</i>						
Paille	246.45++	1.83 NS	8.29++	86.60++	33.13++	2.34 NS
Racines	33.09++	0.14 NS	1.38 NS	8.04+	8.46++	0.91 NS
Grain	201.78++	0.23 NS	3.92 NS	47.50++	26.70++	0.77 NS
Loam Sableux St-Nicolas						
<i>Pomme de terre</i>						
Tubercules	44.84++	147.89++	48.51++	0.16 NS	28.16++	10.83++
<i>Orge</i>						
Paille	210.89++	21.42++	0.56 NS	167.26++	8.83++	3.53 NS
Racines	10.40++	3.74 NS	7.01 +	4.40 NS	4.71++	3.57 NS
Grain	210.90++	13.36++	0.092 NS	352.50++	22.16++	27.05++

Légende ++ : Effets significatifs au seuil P = 0,01
 + : Effets significatifs au seuil P = 0,05
 NS : Effets non significatifs.

COMPOSITION MINÉRALE DES PLANTES

Le tableau 4 nous montre la composition minérale des plantes cultivées dans le sol St-Nicolas. Nous ne présentons pas les résultats pour le sol Tilly étant donné qu'ils montrent les mêmes tendances que ceux du sol St-Nicolas. Dans l'ensemble, la composition chimique des tissus en potassium, calcium et magnésium ne varie pas tellement en fonction des traitements d'humidité.

Dans la majorité des cas, le contenu en phosphore des plantes qui ont poussé sur les sols non fertilisés diminue avec la diminution de l'eau disponible. Il semble que la plante n'a pu mobiliser facilement le phosphore du sol lorsque la tension de l'eau était élevée. Ceci est en accord avec les résultats obtenus avec le maïs par Mederski et Wilson (1960) qui affirment que le contenu en phosphore du maïs diminue à mesure que la tension de l'eau du sol augmente. Par contre lorsque le sol est fertilisé le contenu en phosphore augmente ou se maintient à mesure que l'eau disponible se raréfie.

En général, le contenu en azote augmente avec une diminution de l'humidité du sol. Cela peut être dû à l'activité accrue des bactéries nitrificatrices ou être simplement une question de dilution puisque, habituellement, les plus basses teneurs en azote sont associées aux rendements les plus élevés.

Remerciements

Les auteurs désirent remercier le Conseil national des recherches du Canada dont les octrois ont permis la réalisation de ce travail.

Références

- ASPINALL, D., 1965. The effects of soil moisture stress on the growth of Barley (grain). *Aust. J. agric. Res.*, **16**: 265-275.
- ASPINALL, D., NICHOLLS, P.P. and MAY, L.J., 1964. The effects of soil moisture stress on the growth of Barley. *Aust. J. agric. Res.*, **15**: 729-745.
- BARIL, ROGER et ROCHEFORT, B., 1957. Étude pédologique du comté de Lotbinière dans la province de Québec. Service des fermes expérimentales. Min. Féd. de l'Agric. en collaboration avec le Min. de l'Agric. du Qué. et l'École sup. d'Agric., La Pocatière.
- BARIL, ROGER et ROCHEFORT, B., 1965. Étude pédologique du comté de Kamouraska, Sta. de Rech. Sci. du Min. de l'Agric. du Can. La Pocatière, Qué. en collaboration avec la faculté d'Agric. de l'Univ. Laval et le Min. de l'Agric. de la province de Québec. pp. 79-80.
- BLAKE, G.R. *et al.* 1955. Studies on supplemental irrigation of potatoes in New Jersey. *Am. Potato J.*, **32**: 327-331.

- BOURGET, S.J. and CARSON, R.B., 1962. Effect of soil moisture stress on yield, water-use efficiency and mineral composition of oats and alfalfa grown at two fertility levels. *Can. J. Soil Sci.*, **42**: 7-12.
- BOUYOUCOS, G.J., 1961. Soil moisture measurement improved. *Agric. Engng.*, **42**: 136-138.
- BRADLEY, G.A. and PRATT, A.J., 1954. The response of potatoes to irrigation at different levels of available moisture. *Am. Potato J.*, **31**: 305-310.
- BRIGGS, L.J. and SHANTZ, H.L., 1912. The willing coefficient for different plants and its indirect determination. *Bull. Bur. Pl. Ind. U.S. Dep. Agric.*, **230**: 1-83.
- CYKLER, J.F., 1946. Effect of variations in available soil water on yields and quality of potatoes. *Agric. Engng.*, **27**: 363-366.
- CYKLER, J.F., 1947. Effect of variation in soil water on yields and quality of potatoes. *Agric. Engng.*, **28**: 353.
- FULTON, J.M. and MURWIN, H.F., 1955. The relationship between available soil moisture levels and potato yields. *Can. J. agric. Sci.*, **35**: 552-556.
- HOBBS, E.H., KROGMAN, K.K. and SONMOR, L.G., 1963. Effects of levels of minimum available soil moisture on crop yields. *Can. J. Pl. Sci.*, **43**: 441-446.
- KELLEY, O.J., 1944. A rapid method for calibrating various instruments for measuring soil moisture in situ. *Soil Sci.*, **5**: 433-440.
- MEDERSKI, H.J. and WILSON, J.H., 1960. Relation of soil moisture to ion absorption by corn plants. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, **24**: 149-152.
- RICHARDS, L.A. (ed.), 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Regional Salinity Lab., Riverside, Calif.
- RICHARDS, L.A. and WADLEIGH, C.H., 1952. Soil water and plant growth. Soil physical conditions and plant growth (Byron, T. Shaw ed). Agronomy Vol. II. pp. 203-206. Academic Press Inc., New York, N.Y.
- ROBINS, J.S. and DOMINGO, C.E., 1956. Potato yields and tuber shape as affected by severe soil moisture deficits and plant spacing. *Agron. J.*, **48**: 488-492.
- SCOFIELD, C.S., 1945. The water requirement of Alfalfa. *Circ. U.S. Dep. Agric.*, **735**: 1-11.
- STANHILL, G., 1957. The effect of differences in soil moisture status on plant growth: A review and analysis of soil moisture regime experiments. *Soil Sci.*, **84**: 205-214.
- STRUCHTEMEYER, R.A., 1961. Efficiency in the use of water by potatoes. *Amer. Potato J.*, **38**: 22.
- TAYLOR, S.A., 1952. Use of mean soil moisture tension to evaluate the effect of soil moisture on crop yields. *Soil Sci.*, **74**: 217-226.
- WARD, G.M., and JOHNSTON, F.B., 1962. Chemical methods of plant analysis. *Canada Agr. Publ.* 1064.

VARIANCE GÉNÉTIQUE DANS LE FRAISIER^{1, 2, 3}

ROGER BÉDARD et FLORIAN I. LAUER

Faculté d'Agriculture, Université Laval

Département d'Horticulture, Université du Minnesota

Résumé

Dans ce travail, on a trouvé que, dans une population hybride entre des types remontant et non-remontant de fraisier, la variance génétique pour un certain nombre de caractères quantitatifs est considérable. La majeure partie de cette variance est non-additive, et surtout épistatique. Ces résultats rejoignent ceux d'un certain nombre de chercheurs travaillant sur des populations différentes. L'amélioration génétique de *Fragaria ananassa* Duch. est très brièvement discutée en fonction des conclusions du présent travail.

Abstract

The present work is a study of the components of genetic variance in a cross population between everbearing and June-bearing strawberry cultivars. The characters considered were four foliage characters (plant vigor, plant height and spread, and degree of leaf scorch infection under field conditions), and two yield characters (fruit yield and fruit number). Genetic variance was high for all characters. Specific combining ability was significant for all characters except degree of leaf scorch infection. General combining ability was non-significant for all characters. Non-additive was more important than additive variance with epistatic variance being the major component of the genetic variance. Appropriate breeding methods are briefly discussed in terms of the results obtained in this study.

Introduction

Le fraisier moderne provient de croisements qui se sont faits naturellement en Europe durant le 18ième siècle entre deux espèces octoploïdes du Nouveau Monde, *Fragaria virginiana* et *Fragaria chiloensis* Duch. Il fut par la suite nommé *Fragaria ananassa* Duch.

1. Ce travail a été rendu possible grâce à une subvention du Conseil des Recherches agricoles. Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation du Québec.

2. Tiré d'une thèse de doctorat présentée à l'Université du Minnesota, États-Unis.

3. Contribution No 58, Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec.

Dans le passé, les parents utilisés pour la création de nouveaux cultivars ont toujours été choisis d'après leur valeur phénotypique. Cette façon de choisir les parents a été efficace car elle nous a donné les cultivars adaptés qui sont utilisés actuellement en agriculture. Toutefois, il est de plus en plus difficile de créer des cultivars supérieurs; un sommet semble avoir été atteint pour certains caractères comme le rendement. Il est possible que l'on doive maintenant choisir des parents d'après leur génotype, en évaluant leur aptitude à la recombinaison, si l'on veut continuer à progresser dans l'amélioration du fraisier.

Une meilleure connaissance de la nature de la variance génétique pour plusieurs caractères économiques est susceptible de permettre l'utilisation de la méthode d'amélioration la plus appropriée. Cette méthode sera très différente selon que la variance génétique est additive, dominante ou épistatique.

Le présent travail a été fait pour mesurer, dans une population hybride entre des cultivars de types remontant et non-remontant, l'importance relative des composantes de la variance génétique pour les caractères suivants : vigueur, hauteur et largeur de la plante, degré d'infection à la tache pourpre (*Diplocarpon earliana* (Ell. and Ev.) Wolf), rendement en fruit et nombre de fruits.

Revue de la littérature

Fisher (1918) a été le premier à répartir la variance génotypique en trois composantes : (1) une partie associée à l'effet moyen des gènes, appelée variance additive, (2) une partie associée à l'interaction de gènes alléliques, appelée variance dominante, et (3) une partie associée à l'interaction de gènes non-alléliques, appelée variance épistatique. Lush (1940) a défini le concept d'héritabilité au sens large comme étant la portion de variance génétique totale présente dans la variance phénotypique totale et celui de l'héritabilité au sens strict, comme la portion de variance génétique additive présente dans la variance phénotypique totale.

Plusieurs chercheurs ont développé des méthodes d'estimation des composantes de la variance. Comstock *et al.* (1949, 1952) ont proposé quatre systèmes de croisement et ont interprété les estimés de variance en termes de paramètres génétiques.

L'utilisation des croisements diallèles dans l'estimation des composantes de la variance génétique est devenue très populaire depuis quelques années (Yates 1947, Jinks 1954, 1955, Hayman 1954, 1957, 1958, 1960, Kempthorne 1956, Dickinson et Jinks 1956). Griffing (1956) a fait une étude détaillée

du concept de la valeur-hybride en relation avec différents systèmes de croisement. Il a étudié quatre de ces systèmes selon deux hypothèses portant sur la nature du matériel utilisé.

Dans le fraisier, les études de génétique quantitative sont peu nombreuses. La première semble être celle de Anstey et Wilcox (1950) sur l'hérédité du contenu en vitamine C.

Une étude élaborée a été faite par Comstock, Kelleher, et Morrow (1958) sur la variance génétique de cinq caractères dans une population, obtenue en croisant 40 clones représentant un échantillon du matériel fondation utilisé dans le programme d'amélioration du fraisier en Caroline du Nord. Ils ont trouvé que la variance génétique était importante pour tous les caractères à l'étude. Ils ont conclu également que la variance épistatique était une composante importante de la variance génétique totale.

A Ottawa, Watkins (1965), dans une étude quelque peu similaire, a obtenu des résultats analogues. Il expliqua que les différences dans les résultats obtenus, pouvaient s'expliquer par le fait que les deux populations considérées étaient différentes et qu'aucune ne représentait un vrai échantillon au hasard de la population de base. En Allemagne, Hondelman (1965) a obtenu lui aussi des résultats semblables.

Les trois expériences ci-dessus mentionnées semblent confirmer l'hypothèse de Wright (1956) suggérant que, dans une espèce qui normalement est propagée végétativement, le croisement au hasard de clones sélectionnés devrait donner une progéniture montrant beaucoup de variance génétique composée en grande partie de variance épistatique.

La validité de l'interprétation généralement accordée aux estimés de variance génétique dépend de la nature de la méiose. Quoique Darrow (1937) ait trouvé que le fraisier cultivé est un octoploïde d'origine interspécifique, Powers (1944) a démontré qu'il avait un comportement méiotique de type essentiellement diploïde.

Morrow et Darrow (1952), étudiant l'effet de l'autofécondation du fraisier, ont conclu que la perte de vigueur associée avec l'inogamie suggérait une action génique non-additive pour des caractères comme le rendement, la vigueur et la grosseur du fruit.

Un certain nombre de chercheurs ont trouvé que, pour plusieurs des caractères étudiés, la valeur-hybride spécifique était importante (Spangelo 1964, Oydvin 1965, Sherman 1966). Ces résultats soulignent implicitement la grande importance de la variance non-additive.

Matériel et méthode

Dans cette étude, nous avons utilisé comme parents trois cultivars non-remontants (Cavalier, Redcoat et Sparkle) et deux remontants (Red Rich et Superfection). Les premiers sont cultivés commercialement dans la province de Québec tandis que les autres ne le sont pas.

Nous avons croisé ces cinq parents de façon diallèle. Nous avons fait tous les croisements possibles, incluant les croisements réciproques, en serre durant l'hiver 1963. Nous avons subséquemment repiqué les semis dans des pots de mousse individuels et nous les avons placés dans des couches-chaudes jusqu'à leur transplantation en plein champ à la Station provinciale de Recherches de Deschambault, en juin 1964.

Nous avons enlevé les hampes florales durant la saison 1964 afin de stimuler la production de coulants hâtifs. Seuls les deux premiers coulants furent laissés s'enraciner de chaque côté du plant-mère. Nous avons supprimé tous les autres au fur et à mesure de leur apparition sur la plante.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Un croisement diallèle complet entre cinq parents comprend 20 combinaisons différentes. Dans notre étude, chaque combinaison était représentée par 50 clones; la population totale en ségrégation était donc de 1000 clones. Nous les avons répartis au hasard dans un bloc aléatoire à cinq répétitions.

De plus, cinq cultivars, dont trois sont des parents dans notre étude, ont été ajoutés à l'expérience afin de fournir une estimation de la variance attribuable à l'environnement.

Enfin, nous avons placé, dans une expérience adjacente à l'expérience principale, des lignées auto-fécondées des cinq parents. Le dispositif expérimental dans ce cas, a été un bloc aléatoire à 3 répétitions.

CARACTÈRES ÉTUDIÉS

Des notes furent prises sur les caractères suivants :

1) *La vigueur de la plante*

Pour ce caractère, chaque plant-mère a été classifié en fin de septembre 1964 d'après une échelle de 1 à 10, ce dernier chiffre représentant l'expression maximum du caractère.

2) *La hauteur du plant*

Des mesures à ½ pouce près ont été prises sur chaque plant-mère en fin de septembre 1964.

3) *La largeur du plant*

Des mesures à 1 pouce près ont été prises sur chaque plant-mère en fin de septembre 1964.

4) *Le degré d'infection à la tache pourpre sous les conditions de champ*

Les plants-mères ont été classifiés en fin de septembre 1964 d'après la méthode préconisée par Spangelo et Bolton (1953) et basée sur la feuille la plus atteinte sur une plante. Des illustrations montrant les différents degrés d'infection étaient disponibles lors des prises de notes.

5) *Le rendement en fruits*

Pour ce caractère, les chiffres présentés sont les rendements combinés du plant-mère et de deux plants-filles au cours de l'été 1965 et sont exprimés en grammes.

6) *Le nombre de fruits*

Encore ici, les chiffres présentés sont le nombre de fruits produits au cours de 1965 par le plant-mère et les deux plants-filles.

L'hiver 1964-65, qui a précédé la récolte, a sérieusement endommagé la population étudiée. Une tentative d'appréciation de ces dommages a été faite, mais il fut réalisé que si cette appréciation était relativement facile pour des plantes tuées ou très sérieusement endommagées, elle était beaucoup plus difficile pour des plantes légèrement atteintes. Il a été finalement décidé que, même si un génotype produisait peu en raison de dommages par le froid de l'hiver précédent, il devait être tout de même considéré comme un génotype à bas rendement. Les résultats obtenus ici peuvent se révéler utiles pour des chercheurs travaillant sous des conditions défavorables.

ANALYSE STATISTIQUE

La population en ségrégation fut étudiée à l'aide de la méthode 3 Modèle II de Griffing (1956). Pour pouvoir utiliser le Modèle II, il faut que les parents utilisés dans les croisements constituent un échantillon au hasard d'une certaine population. L'emploi de ce modèle permet de généraliser les conclusions non seulement à la population étudiée mais aussi à une population de base. Nous avons considéré les parents utilisés comme un échantillon au hasard de cultivars qui peuvent être employés commercialement dans l'est du Canada et dans le nord-est des États-Unis.

Avec le modèle II de Griffing (1956), le modèle mathématique pour l'analyse de l'aptitude à la recombinaison est :

$$x_{ij} = u + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + \frac{1}{b_k} \sum b_k + \frac{1}{b_k} \sum (bv)_{ijk} + \frac{1}{bc_{k_i}} \sum \sum e_{ijkl},$$

dans lequel x_{ij} est l'espérance mathématique du croisement ij ,

u est l'effet « population » moyen,

$g_i(g_j)$ est l'effet de la valeur-hybride générale pour les i ième et j ième parents,

s_{ij} est l'effet de la valeur-hybride spécifique pour le croisement entre ces parents,

r_{ij} est l'effet obtenu par les croisements réciproques entre ces parents,

b_k est l'effet des répétitions,

bv_{ijk} est l'effet de l'interaction répétition x croisement,

e_{ijkl} est l'effet « milieu » particulier à la $ijkl$ ième observation.

Le tableau I donne le détail de l'analyse de variance pour la valeur hybride.

Nous avons estimé les composantes de la variance comme suit :

$$\sigma_g^2 = \frac{1}{2(p-2)} [M_g - M_s],$$

$$\sigma_s^2 = \frac{1}{2} [M_s - M_e'],$$

$$\sigma_r^2 = \frac{1}{2} [M_r - M_e'].$$

Nous avons calculé les estimés de variance additive (σ_A^2), dominante (σ_D^2) et épistatique (σ_i^2) d'après des formules développées par Matzinger et Kempthorne (1956) et appliquées plus tard au fraisier par Comstock, Kelleher et Morrow (1957).

$$\sigma_A^2 = 4\sigma_g^2$$

$$\sigma_D^2 = 4\sigma_s^2$$

$$\sigma_i^2 = \sigma_{ic}^2 - 2\sigma_g^2 - 3\sigma_s^2$$

Dans la population en ségrégation, la composante de l'erreur que nous appellerons ici $\sigma_w + e^2$ comprend une variation génétique entre les clones (σ_w^2) et une variation de l'environnement (σ_e^2) associée avec les différents génotypes à l'intérieur d'une parcelle. La variation due à l'environnement a été

TABLEAU I

Analyse de variance pour la valeur-hybride (Griffing 1956)

Source de la variance	D. L.	Moyenne carrée	Espérance des moyennes carrées (E. M. S.)
Valeur-hybride générale (VHG)	$p-1$	M_g	$\sigma^2 + 2\sigma_s^2 + 2(p-2)\sigma_a^2$
Valeur-hybride spécifique (VHS)	$p(p-3)/2$	M_s	$\sigma^2 + 2\sigma_s^2$
Effet des croisements réciproques	$p(p-1)/2$	M_r	$\sigma^2 + 2\sigma_v^2$
Erreur	m	M'_e	σ^2

$$S_g = \frac{1}{2(p-2)} \sum (X_{i.} + X_{.i})^2 - \frac{2}{p-(p-2)} X_{..}^2$$

$$S_s = \frac{1}{2} \sum_{i < j} (x_{ij} + x_{ji})^2 - \frac{1}{2(p-2)} \sum (X_{i.} + X_{.i})^2 + \frac{1}{(p-1)(p-2)} X_{..}^2$$

$$S_r = \frac{1}{2} \sum_{i < j} (x_{ij} - x_{ji})^2$$

estimée en utilisant du matériel propagé végétativement, soit les cinq cultivars distribués au hasard dans l'expérience. Dans celui-ci, toute la variation est due à l'environnement car le génotype est constant à l'intérieur d'un cultivar. Donc en soustrayant de la variation observée entre les plants ($\sigma_w + e^2$) la portion associée à l'environnement (σ_e^2) nous devrions obtenir un estimé adéquat de la variance génétique entre les génotypes à l'intérieur d'une parcelle (σ_w^2).

Résultats

Pour tous les caractères, excepté le degré d'infection à la tache pourpre, l'aptitude spécifique à la recombinaison fut significative (tableau 2). Dans aucun cas, l'aptitude générale ne le fut. Ceci rejoint les conclusions de Spangelo (1964) qui trouva que la valeur-hybride spécifique était importante dans le fraisier.

Pour deux des six caractères, un effet significatif fut trouvé entre des croisements réciproques. Comme l'effet maternel ou cytoplasmique n'a jamais été rapporté dans le fraisier, il semble plutôt que le hasard est responsable de ces résultats.

La variance génétique totale pour tous les caractères a été considérable; les chiffres ci-dessous donnent la variance génétique totale en pourcentage de la variance phénotypique totale.

Nombre de fruits	63%
Rendement en fruits	65%
Hauteur du plant	74%
Largeur du plant	75%
Infection à la tache pourpre	86%
Vigueur de la plante	96%

Avec autant de variance génétique totale, nous pouvons voir que l'améliorateur du fraisier a à sa disposition une grande variabilité génétique. Il lui est donc relativement aisé de sélectionner, à l'intérieur d'une population en ségrégation, des génotypes qui pourront être éventuellement éprouvés sous d'autres conditions et ultérieurement mis sur le marché comme cultivars.

Toutefois ces estimés de variance génétique sont très probablement supérieurs aux estimés réels car la variance due à l'année et au lieu n'a pas été enlevée de la variance totale dans cette expérience qui n'a été conduite qu'à une seule station pendant une seule année. Aucun travail à ce moment-ci ne permet de savoir quelle est l'importance de cette variance. La similarité des

TABLEAU II

Résumé des analyses de la vapeur-hybride pour tous les caractères étudiés
(croisements diallèles).

Source de la variance	Valeurs de F						
	D.L.	Vigueur de la plante	Hauteur de la plante	Largeur de la plante	Degré d'infection à la tache pourpre	Rendement en fruits	Nombre de fruits
VHG	4	3.13	0.94	4.23	3.10	0.51	1.28
VHS	5	3.00*	4.78**	3.10*	2.00	7.63**	4.91**
Effets des croisements réciproques	10	1.75	1.22	2.03*	1.00	1.25	2.06*
Erreur (M.C.)	76	0.08	0.07	0.30	0.05	2894.9	81.0

* Différence significative au seuil de probabilité de 0,05

** Différence significative au seuil de probabilité de 0,01.

résultats obtenus en Caroline du Nord, au Canada et en Allemagne permet de supposer qu'elle n'est pas très considérable.

Le tableau 3 donne une idée de l'importance relative des composantes de la variance génétique pour tous les caractères à l'étude. Nous y voyons que la variance non-additive (dominante et épistatique) est beaucoup plus importante que la variance additive pour la plupart des caractères. Il semblerait donc que le croisement de phénotypes supérieurs au cours de cycles successifs d'amélioration donnerait très peu de résultats vu la trop faible importance de la variance additive.

L'effet additif de l'action génique est encore corroboré par la dépression associée avec l'autofécondation. Le tableau 4 permet de constater que pour la plupart des caractères, les lignées autofécondées ont une moyenne inférieure à celle des lignées hétérofécondées. Dans une situation où la variance additive est très importante, ces deux moyennes devraient coïncider, alors que c'est tout le contraire lorsque la variance est non-additive.

Discussion

Les chiffres présentés sur l'importance, dans le fraisier, de la variance génétique et de la variance épistatique corroborent la thèse de Wright (1956), suggérant que, dans des espèces à propagation asexuée, le croisement au hasard de génotypes supérieurs devrait produire une population dans laquelle nous devrions trouver beaucoup de variance génétique, surtout de la variance épistatique.

L'estimation de la variance attribuable à l'environnement (σ_e^2), grâce à l'utilisation de cinq cultivars, n'est certainement pas la meilleure procédure et ceci constitue une faiblesse du présent travail. Il se peut que dans certains cas l'estimé de σ_e^2 soit supérieur ou inférieur à la valeur réelle de σ_e^2 . Il eut été préférable de multiplier végétativement quelques génotypes choisis au hasard dans la population en ségrégation et de se servir de ce matériel pour estimer σ_e^2 . Malheureusement, cela n'était pas possible au moment où l'expérience a débuté.

La forte proportion de variance épistatique trouvée ici suggère que le croisement de parents possédant chacun à un degré élevé des caractères quantitatifs n'offre pas la garantie que la population ainsi produite aura une moyenne aussi élevée pour ces mêmes caractères. De fait, la valeur des combinaisons dépend principalement du degré d'interaction favorable de gènes non-alléliques. Ce degré ne peut être apprécié qu'en effectuant des tests de progéniture pour chaque combinaison; les combinaisons supérieures pourront ainsi être identifiées. Une grande population de ces combinaisons permettra l'identification de génotypes supérieurs pouvant finalement être admis comme cultivars.

TABLEAU III

Importance relative de σ_A^2 , σ_D^2 et σ_i^2 en % de la variance génétique totale, pour les six caractères à l'étude.

ESTIMÉ	CARACTÈRES					
	Vigueur de la plante	Hauteur de la plante	Largeur de la plante	Degré d'infection à la tache pourpre	Rendement en fruits	Nombre de fruits
σ_A^2	17	0	41	17	0	4
σ_D^2	16	38	26	25	100	38
σ_i^2	67	62	33	58	0	58

TABLEAU IV

Comparaison de la moyenne des semis auto-fécondés et hétérofécondés pour cinq caractères associés à la vigueur de la plante.

Caractère	Moyenne des semis auto-fécondés	Moyenne des semis hétéro-fécondés
Vigueur de la plante	6.80	7.33
Hauteur de la plante	4.74	4.04
Largeur de la plante	13.21	14.28
Rendement en fruits	300.68	483.50
Nombre de fruits	67.64	100.24

Remerciements

Nous remercions les personnes suivantes qui nous ont aidés tout au long du présent travail : Dr J.P. Paré, Faculté d'Agriculture, Université Laval, Drs R. Watkins et L.P.S. Spangelo, Institut de Génétique et d'Amélioration des plantes, Ottawa.

Références

- ANSTEY, T.H. and A.N. WILCOX, 1950. The breeding value of selected inbred clones of strawberries with respect to their vitamin C content. *Scient. Agric.*, **30**: 367-374.
- COMSTOCK, R.E., T. KELLEHER and E.X. MORROW, 1958. Genetic variation in an asexual species, the garden strawberry. *Genetics*, **43**: 634-646.
- DARROW, G.M., 1937. Strawberry improvement. United States Dept. Agr. Yearbook.
- DICKINSON, A.G. and J.L. JINKS, 1956. A generalized analysis of diallel crosses. *Genetics*, **41**: 65-78.
- FISHER, R.A. and F. YATES, 1948. Statistical tables for biological, agricultural and medical research 3rd ed. Oliver and Boyd, London.
- GRIFFING, B., 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. biol. Sci.*, **9**: 463-493.

- HAYMAN, B.I., 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics*, **39**: 789-809.
- HAYMAN, B.I., 1958. The theory and analysis of diallel crosses. II. *Genetics*, **43**: 63-85.
- HAYMAN, B.I., 1960. The theory and analysis of diallel crosses. III. *Genetics*, **45**: 155-172.
- HONDELMAN, W., 1965. Untersuchungen Zur Ertragszüchtung bei der Gartenerdbeere (*Fragaria ananassa* Duch.) *Z. Pflzücht*, **54**: 46-60.
- JINKS, J.L., 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics*, **39**: 767-788.
- JINKS, J.L., 1955. A survey of the genetical basis of heterosis in a variety of diallel crosses. *Heredity*, **9**: 223-238.
- KEMPTHORNE, O., 1956. The theory of the diallel cross. *Genetics*, **41**: 451-459.
- LUSH, J.L., 1940. Intra-sire correlations of regressions of offspring on dams as a method of estimating heritability of characteristics. *Rec. Proc. Am. Soc. Anim. Prod.*, **33**: 293-301.
- MATZINGER, D.F. and O. KEMPTHORNE, 1956. The modified diallel table with partial inbreeding and interactions with environment. *Genetics*, **41**: 822-833.
- MORROW, E.B. and G. DARROW, 1952. Effects of limited inbreeding in strawberries. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **59**: 269-276.
- OYDVIN, J., 1966. The inheritance of yield and berry size of five strawberry cultivars. *Meld. Norg. LandbrHoisk*, **44**, No. 30: 1-11.
- POWERS, L., 1944. Meiotic studies of crosses between *Fragaria ovalis* and x *Fragaria ananassa*. *J. agric. Res.*, **69**: 435-448.
- WATKINS, R., 1965. Quantitative inheritance in small fruits. Report of work planning meeting on small fruit breeding. Research Branch, Canada Dept. of Agriculture.
- WRIGHT, S., 1956. Modes of selection. *Am. Nat.*, **90**: 5-24.
- YATES, F., 1947. The analysis of data from all possible reciprocal crosses between a set of parental lines. *Heredity*, **1**: 287-301.

DORMANCE CHEZ LE FRAISIER ¹

G. BEAUMONT ², R. BÉDARD et H.P. THERRIEN

Faculté d'agriculture, Université Laval, Québec (10^e), Québec

Résumé

Nous avons étudié la progression de la dormance chez trois variétés de fraisiers au cours des automnes 1965 et 1966. En 1965, la dormance complète a été atteinte entre le 18 octobre et le 1er novembre, alors qu'en 1966, elle le fut entre le 3 et le 22 novembre. A ce stade, nous avons une accumulation de 309 heures d'insolation après le 15 août et de 342 degrés-jours sous 12.8°C, en 1965, alors que les chiffres correspondants, en 1966, était de 430 et de 440. Ces données écologiques ne peuvent donc pas être utilisées sans étudier en même temps la séquence de leur accumulation. En automne moyen, la dormance complète serait atteinte vers le 10 novembre. L'application d'azote en fin de saison au taux de 33.6 kg/ha n'a pas retardé de façon significative la dormance des plants.

Abstract

Dormancy in three strawberry varieties has been achieved between October 18th and November 1st in 1965 and between November 3rd and November 22nd in 1966. On these dates, 309 insolation hours after August 15th and 342 degree-days below 12.8°C were accumulated, in 1965, while the corresponding figures were 430 and 440, in 1966. These quite large differences would indicate that these figures cannot be used without looking at the way they have been accumulating. Dormancy would normally be reached in the Québec region around November 10th. Nitrogen applied towards the end of the growing season at the rate of 33.6 kg/ha did not delay the achievement of dormancy.

Introduction

Les espèces adaptées aux régions tempérées cessent de croître à l'automne sous l'influence d'une courte photopériode et d'une basse température. De profonds changements s'opèrent dans le métabolisme de la plante et causent

1. Les auteurs remercient le Conseil des Recherches agricoles, Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation du Québec.

2. Extrait d'une thèse présentée à l'École des Gradués de l'Université Laval pour l'obtention d'une maîtrise ès sciences.

3. Contribution No 56, Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec.

son entrée en dormance (Kawase, 1961; Nitsch, 1957; Okazawa, 1959; Smith et Rappaport, 1961; Van Overbeek, 1966). La plante ne pourra possiblement croître et se développer qu'après la levée de la dormance.

Parmi ces espèces, nous trouvons le fraisier cultivé *Fragaria ananassa* Duch. dont la culture est très importante dans l'est du Canada. Certains agriculteurs se spécialisent dans la production de plants, lesquels sont habituellement arrachés au printemps dans le Québec. Vu la rigueur des hivers, il arrive qu'en certaines années des pertes sérieuses sont encourues par ces producteurs.

Aux États-Unis et en Ontario, on arrache de plus en plus les fraisiers à l'automne et on les entrepose à -1°C jusqu'à la transplantation au printemps évitant ainsi les risques inhérents à l'hiver (Aamodt et Brierley, 1938; Guttridge, 1960). Le problème majeur des producteurs utilisant ce mode de conservation est la détermination du niveau suffisant de dormance au moment de l'arrachage (Brierley et Landon, 1937; Oberle *et al.*, 1961).

Le présent travail a porté sur la détermination de la date de complète dormance de trois variétés de fraisier et sur l'étude des conditions de température et d'insolation qui ont amené la progression de la dormance au cours des automnes 1965 et 1966. Nous avons également vérifié si l'azote appliqué vers la fin de la saison de croissance retardait l'entrée en dormance des plants.

Méthodologie expérimentale

Les variétés *Cavalier* (hâtive), *Redcoat* (mi-saison) et *Guardsman* (tardive) ont été plantées au printemps des années 1965 et 1966 dans les champs d'expérimentation de la Faculté d'agriculture de l'Université Laval, à Ste-Foy. Chaque parcelle se composait, à la plantation, de dix plants.

Quelques jours précédant la plantation, nous avons fertilisé le champ avec du 8-16-16 au taux de 896.7 kg/ha. Vers la fin de la saison (27 juillet en 1965 et 13 août en 1966), nous avons appliqué de l'azote au taux de 33.6 kg/ha à un certain nombre de parcelles.

À l'automne de chaque année, les plants produits durant la saison ont été arrachés à cinq dates différentes et entreposés dans une chambre réfrigérée à $-1 \pm 1^{\circ}\text{C}$ jusqu'au moment de leur utilisation. Les dates d'arrachage ont été les suivantes :

1965 : 20 septembre, 4 octobre, 18 octobre, 1er novembre et 15 novembre.

1966 : 27 septembre, 11 octobre, 25 octobre, 8 novembre et 22 novembre.

Nous avons par la suite fait croître en serre les plants ainsi entreposés, pendant quatre périodes consécutives de six semaines chacune. Ces périodes ont été les suivantes:

1966 : 18 janvier – 28 février, 28 février – 8 avril, 11 avril – 30 mai et 3 juin – 19 juillet.

1967 : 2 février – 16 mars, 20 mars – 5 mai, 10 mai – 22 juin et 22 juin – 11 août.

Le niveau de dormance des plants a été établi par leur état de conservation en entrepôt et ce dernier estimé par le gain de matière sèche obtenu par les plants à la fin de la période de six semaines en serre.

Le plan de l'expérience a été un split-plot à quatre répétitions dans lesquelles les variétés étaient les *parcelles principales*; les taux d'azote, les *sous-parcelles* et les dates d'arrachage à l'automne, les *sous-sous-parcelles*. La moyenne du gain de matière sèche fait au cours des quatre périodes de croissance en serre a été utilisée pour établir la valeur des divers traitements.

Afin de déterminer le gain de matière sèche, nous avons dû, au cours de travaux préliminaires, établir pour chacune des variétés la relation entre le poids frais initial et le poids sec correspondant. De même, nous avons dû trouver certains facteurs permettant de corriger l'influence du poids initial sur le gain de poids sec; les plants de poids initial plus élevé faisant des gains habituellement supérieurs.

Résultats et discussion

Les variétés utilisées se sont comportées de façon similaire en 1966, mais en 1967 la variété *Guardman* a été endommagée en entrepôt et ce, quelqu'aurait été la date d'arrachage. Nous pouvons donc présumer que les variétés atteignent en tout temps au cours de l'automne un niveau similaire de dormance, et que par conséquent une variété hâtive n'entre pas plus tôt en dormance qu'une variété tardive.

Les dates d'arrachage à l'automne ont eu un effet très significatif sur le gain des plants en matière sèche, au cours des deux années de l'expérience. Le tableau I et les figures 1 et 2 montrent que lorsque les plants étaient arrachés très tôt (20 septembre en 1965 et 27 septembre en 1966), la dormance n'était pas suffisamment avancée pour leur permettre de bien se conserver en entrepôt et de croître vigoureusement en serre par la suite. Le gain de matière sèche des plants a augmenté graduellement à mesure que l'arrachage a été re-

TABLEAU I

Gain de poids sec par plant (g) pour chacune des dates d'arrachage à l'automne, 1965, 1966.

1965		1966	
Dates d'arrachage	Gain de poids sec moyen par plant (g)	Dates d'arrachage	Gain de poids sec moyen par plant (g)
20 septembre	0.491	27 septembre	1.253
4 octobre	2.030	11 octobre	4.187
18 octobre	3.858	25 octobre	5.375
1 novembre	3.935	8 novembre	5.753
15 novembre	3.006	22 novembre	5.795
P.P.D.S. (P = 0.05)	0.113		0.079

FIGURE 1

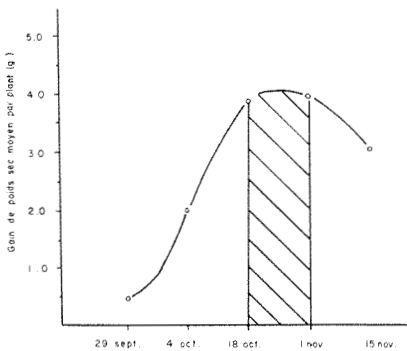


FIGURE 1. Gain de poids sec moyen (g) des plants arrachés à diverses dates à l'automne 1965.

FIGURE 2

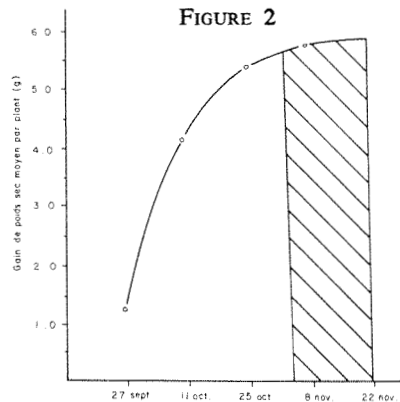


FIGURE 2. Gain de poids sec moyen (g) des plants arrachés à diverses dates à l'automne 1966.

tardé. Le maximum de gain a été obtenu par les plants arrachés entre le 18 octobre et le 1er novembre, en 1965, et entre le 3 et le 22 novembre, en 1966 (aires hachurées des figures 1 et 2). C'est donc à ces dates que se situe la dormance complète. Le gain plus faible des plants arrachés le 15 novembre 1965 est dû à des dommages subis par les plants alors que le sol était gelé au moment de l'arrachage.

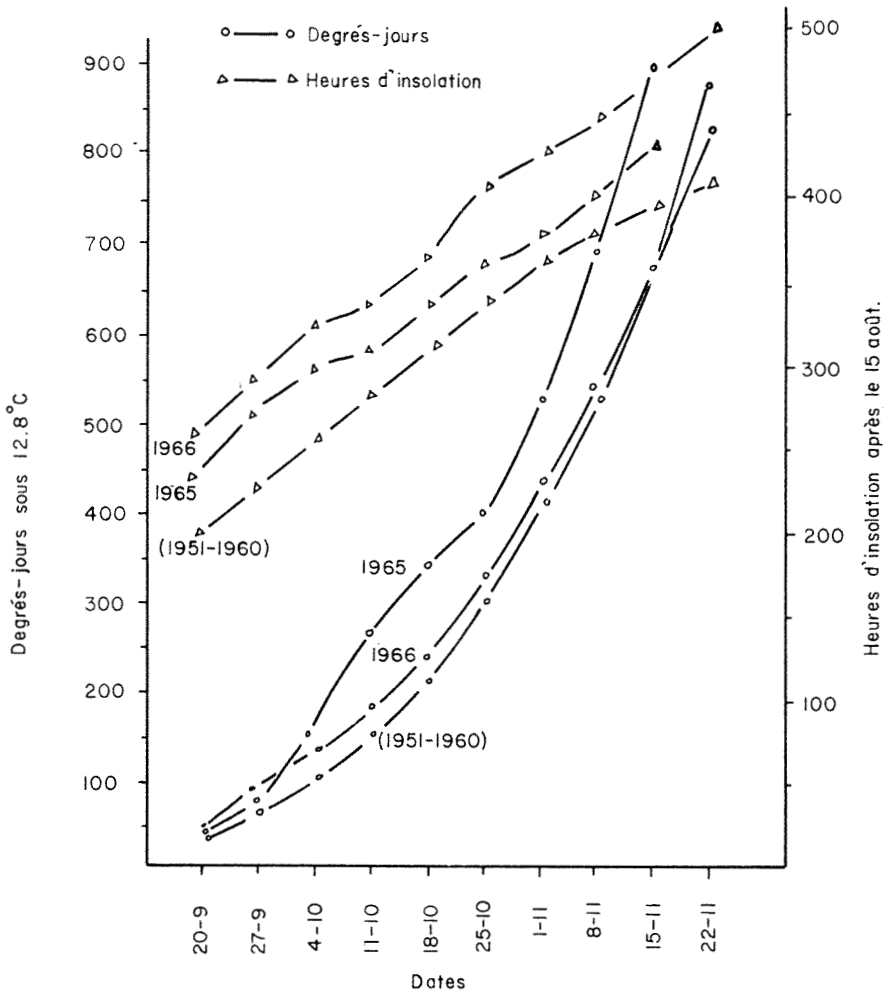


FIGURE 3. Degrés-jours sous 12.8°C et heures d'insolation après le 15 août accumulés à différentes dates à l'automne des années 1965 et 1966, et valeurs moyennes de dix années (1951-1960).

La dormance s'effectuant sous l'influence de la lumière et de la basse température, nous avons cherché à caractériser, pour ces facteurs écologiques, les automnes au cours desquels notre étude a été poursuivie. C'est ainsi que nous avons accumulé, à partir du 15 août, les heures d'insolation et les degrés-jours sous 12.8°C. Nous avons fait de même pour les années de la période 1951-60, afin de comparer les automnes à l'étude à un automne moyen et ainsi donner à nos résultats une portée un peu plus générale. Ces données sont présentées à la figure 3. Nous voyons que l'automne 1965 a été plus froid et moins ensoleillé que celui de 1966. Quant à l'automne moyen, il a été moins ensoleillé que ceux de 1965 et 1966, mais du point de vue de la température il ressemble assez bien à celui de 1966.

La dormance complète ayant été atteinte entre le 18 octobre et le 1er novembre en 1965 et entre le 3 et le 22 novembre en 1966, il semble donc que, sous nos conditions, l'insolation n'affecte pas la rapidité de la progression de la dormance, puisqu'elle est suffisante pour l'accomplissement normal de ce processus métabolique. Au contraire, la température l'a influencée de façon marquée, la dormance complète ayant été atteinte plus tôt à l'automne froid de 1965 qu'à celui plus chaud de 1966.

Il est à noter que la dormance complète a été atteinte avec au-delà de 100 degrés-jours sous 12.8°C de plus en 1966 qu'en 1965. Ceci indique que la seule accumulation de cette donnée écologique est insuffisante pour déterminer le moment de la dormance du fraisier et qu'il faut de plus examiner le détail de cette accumulation.

Bailey et Rossi (1964) avaient trouvé les fraisiers dormants le 25 octobre 1964 dans les conditions de l'État du Massachusetts. A ce moment, les plants avaient accumulé 200 heures sous un seuil de 7°C. Il est difficile de comparer ces résultats avec les nôtres, les seuils utilisés étant différents. Toutefois, les conditions écologiques à l'automne dans cette région n'étant généralement pas favorables à une dormance hâtive, il est douteux que les plants aient été complètement dormants à cette date.

L'azote appliqué au taux de 33.6 kg/ha dans la deuxième moitié de l'été n'a pas retardé de façon significative l'entrée en dormance des plants. Cependant, il est possible qu'un taux plus élevé ou une application plus tardive de cet élément stimule la croissance et retarde l'entrée en dormance des fraisiers.

Références

- AAMODT, T.L. and W.G. BRIERLEY, 1938. Winter storage of strawberry plants. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **35**: 504-507.
- BAILEY, J.S. and A.W. ROSSI, 1964. Response of Catskill strawberry plants to digging date and storage period. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **84**: 310-318.
- BRIERLEY, W.G. and R.H. LANDON, 1937. A study of winter respiration of the strawberry plant. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **35**: 480-482.
- GUTTRIDGE, C.G., 1960. Cold storage of strawberry plants. *Part II. Grower*, **59**(3): 104-105.
- KAWASE, M., 1961. Growth substances related of dormancy in *Betula*. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **78**: 532-544.
- NITSCH, J.P., 1957. Growth responses of woody plants to photoperiodic stimuli. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **70**: 512-525.
- OBERLE, G.E., J.B. HARDIGREE et S.A. WINGARD, 1961. Varietal responses in strawberries to winter injury. *Fruit Var. hort. Dig.*, **15** (3): 55-57.

- OKAZAWA, Y., 1959. Studies on the occurrence of natural gibberellin and its effects on the tuber formation of potato plants. *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan*, **28**: 129-133.
- SMITH, O.E. and L. RAPPAPORT, 1961. Endogenous gibberellins in resting and sprouting potato tubers. *Adv. Chem. Ser.*, **28**: 42-48.
- VAN OVERBEEK, J., 1966. Plant hormones regulators. *Science*, **152** (3723): 721-731.

LE MASSIF DES MONTS GROULX ¹ : NOTE
PHYTOGÉOGRAPHIQUE

PIERRE LANDRY

Ministère des Forêts, Ottawa

Résumé

L'auteur récolta, en 1962, trente-quatre plantes sur le massif des monts Groulx sis à l'est du lac Manicouagan, Québec. Il décrit brièvement l'orographie, la géologie, la végétation de ces collines et le climat qui y règne. Suit la liste des dites plantes. Au sujet de dix d'entre elles, classifiées arctiques-alpines vraies, il soumet quelques spéculations sur leur répartition des monts Otish aux Shickshocks.

Abstract

Thirty-four plants were collected in 1962 near the highest point of the Groulx Mountains situated in central Québec just east of Lake Manicouagan. The orography, geology, climate and vegetation of these mountains are briefly discussed. The said plants are listed and ten of them are said to belong to the true arctic-alpine category, their nearest occurrence being only farther north or on the summits of the Shickshocks of Gaspé Peninsula.

Introduction

Le 30 août 1962, nous avons eu l'occasion de visiter le centre d'un massif montagneux qui, bien qu'il ait été peu visité, est confirmé l'un des plus importants du Québec tant en superficie qu'en altitude. La présente note fournit quelques renseignements généraux sur ce lieu, suivis de commentaires sur la répartition géographique de plantes vasculaires arctiques-alpines.

Grâce à la serviabilité du ministère québécois des Terres et Forêts, nous nous sommes envolés de Gagnon en hydravion Beaver et avons amerri, le dit 30 août, sur le lac Joyel : ce lac étroit et profond, dont l'altitude varie peu de 3025 pieds (922 m), se trouve à seulement 2 kilomètres du mont de l'Oeil

1. Nom officiel, tel qu'adopté en 1967 par la Commission de géographie du Québec.

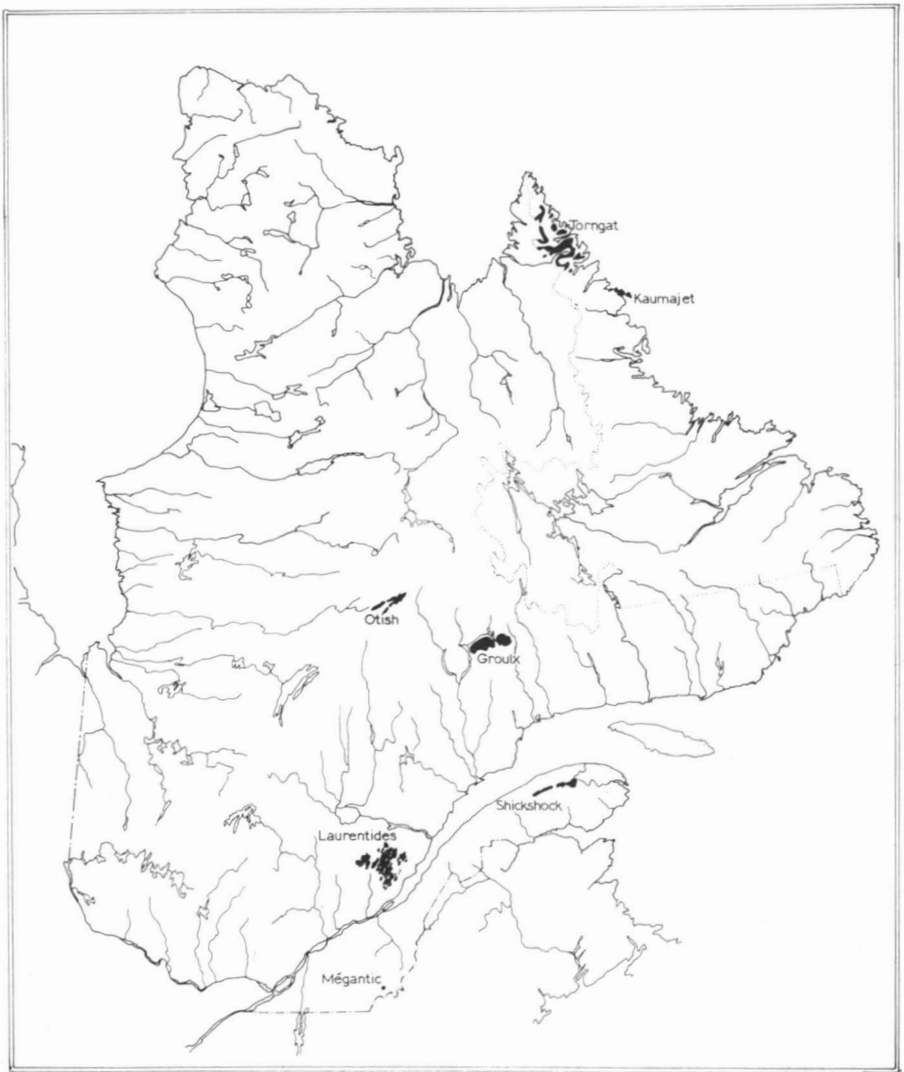


FIGURE 1. Carte du Québec et du Labrador, montrant les plus hauts massifs et chaînes de montagnes.

vers le Ciel du Nord², le point culminant du massif. Pendant quelques heures, nous avons récolté 34 phanérogames sur un flanc de colline qui borde le lac et dont voici les coordonnées géographiques: latitude nord $51^{\circ}33'$, longitude ouest $68^{\circ}03'$ (figure 1).

2. Ce nom est suggéré. Il s'inspire de la toponymie chinoise et décrit en quelques mots la position géographique spéciale de ce sommet de roc noir vif, de forme arrondie où passe à peu près la ligne de démarcation naturelle entre la région climatique à forêt boréale, au sud, et au nord la toundra forestière caractérisée par l'immense forêt-parc d'Épinettes (*Picea*).

Orographie

Blanchard (1960) enseignait que trois plate-formes s'étendent sur tout le Québec méridional. Il y a d'abord la plus basse, la plaine basse du St-Laurent dont l'altitude mesure plus ou moins 100 mètres. On aperçoit ensuite la surface d'érosion appalachienne-laurentienne : « D'une altitude de 250 mètres à l'ouest, elle se relève vers 400 mètres à l'est par une pente insensible ». Troisièmement, on voit çà et là les débris d'une haute plate-forme dont l'altitude approche 1000 m; Blanchard mentionne ici les parties les plus élevées des Shickshocks, la haute pénéplaine du parc des Laurentides et les monts Valins au nord de Chicoutimi. Le massif des monts Groulx se classifie nettement dans cette catégorie, comme en font foi les renseignements donnés au tableau I.

En fait, il est le sixième plus élevé du Québec (incluant les chaînes) et le troisième en étendue au-dessus de l'altitude 3000 pieds (914 m). Sis immédiatement à l'est du (grand) lac Manicouagan, il mesure 60 milles (96.5 km) en direction ouest-est sur 19 milles (30.5 km) du nord au sud. Près du centre, le lac Petit Manicouagan occupe la partie nord d'une vallée glaciaire parfois très étroite, orientée nord-sud (nommée « canyon » par la population locale) par où passe le chemin de fer Cartier qui relie Gagnon à Port-Cartier. Le massif constitue partiellement quatre bassins versants : rivières Hart-Jaune et Tournoustouc, lac Manicouagan et fleuve Ste-Marguerite. Le tableau 1 réunit les renseignements sur les six massifs et chaînes les plus élevés du Québec, selon les cartes du ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources, préparées aux échelles 1:500,000 et 1:1,000,000.

Géologie, climat, végétation et faune

La géologie de la partie ouest du massif, où se trouve le lac Joyel dont il est particulièrement question ici, a été observée par Kish (1963) qui rapporte que la roche prépondérante est une espèce de gabbro. Citons-le : « Les roches de la région sont d'âge précambrien . . . La roche la plus abondante est foliée et composée de plagioclase et de pyroxène; nous croyons qu'il s'agit d'un gabbro altéré que . . . nous appellerons gabbro granulitique ».

La surface a été fortement glaciée mais ses replis majeurs, indiqués par les directions des rivières et l'orientation des vallées et des vallons, ne sont pas parallèles aux stries glaciaires. Si on étudie la carte géographique, on remarque des dépressions longues et étroites que Kish (*loc. cit.*) explique ainsi : « Le système de diaclases est un trait structural distinctif de la masse gabbroïque granulitique . . . Les diaclases sont des traits structuraux récents des gabbros . . . et plusieurs existent à proximité des bandes siliceuses . . . L'orientation des diaclases est indiquée par la direction des cours d'eau et par la forme allongée

TABLEAU I

Renseignements sur les six massifs et chaînes les plus élevés du Québec

Massif ou chaîne	Coordonnées géographiques du centre	Altitude maximale (au-dessus du niveau moyen de l'océan)	Superficie de terrain au-dessus de l'altitude 3000 pieds (914 m)
TORNGATS* (Québec et Labrador)	N. 58°55' O. 63°50'	5320 pieds (1621 m)	414 milles ² (1090 km ²)
SHICKSHOCKS	N. 48°54' O. 66°15'	4160 pieds (1268 m)	60 milles ² (158 km ²)
LAURENTIDES	N. 47°35' O. 71°10'	3825 pieds (1166 m)	890 milles ² (2300 km ²)
MONTS OTISH	N. 52°17' O. 71°00'	3730 pieds (1137 m)	70 milles ² (184 km ²)
MONT MÉGANTIC	N. 45°27' O. 71°05'	3640 pieds (1109 m)	2 milles ² (5 km ²)
MONTS GROULX	N. 51°37' O. 67°41'	3623 pieds (1104 m)	299 milles ² (603 km ²)

* excluant le massif de Kaumajet, Labrador.

des lacs. » Ces collines présentent du roc nu sur un assez fort pourcentage — peut-être 25 pour cent — de leur superficie totale et ailleurs on voit surtout les moraines formées de till au pH acide.

Certains lacs, comme le lac Joyel qui atteint l'altitude 3025 pieds (922 m), ne dégèlent pas avant le début de juillet (Kish, 1963); la neige blanchit les sommets, visibles de la ville de Gagnon située plus au nord à 20 milles (32 km), depuis la première quinzaine d'octobre jusqu'à la mi-juin; en ce dernier mois, les sommets encore argentés contrastent vivement avec la région attenante déjà verdie par le renouveau printannier.

Les pluies sont très fréquentes l'été, surtout en juillet. Selon Gagnon et Ferland (1967), il tombe jusqu'à 52 pouces (132 cm) d'eau par année sur cette région.

La végétation arborescente, composée à 90% de conifères, devient clair-semée à partir de 2900 à 3000 pieds (884 à 914 m.) À environ 3200 pieds (975 m), la limite des arbres apparaît . . . Le 29 août 1962, le cycle vital des plantes sur les hauteurs atteignait le degré de développement qu'avait montré un mois auparavant la végétation de la plate-forme inférieure (environ 550 m). La ville de Gagnon, par exemple, est située sur cette plate-forme-ci.

Ces hautes collines constituent un habitat fréquenté par le caribou en raison des vastes étendues où croît le Lichen *Cladonia rangiferina*.

Quelques plantes du massif

Les 34 plantes nommées plus bas ont été récoltées par nous sur quelques hectares de terrain sis près de l'extrémité nord-est du lac Joyel (figure 2). Elles proviennent donc d'une infime partie de ce haut plateau ci-devant inconnu, à peu près, quant à la composition de sa flore : notre herborisation fut, semble-t-il, la deuxième dans les limites du massif, la première ayant été conduite un mois avant nous par Lemieux sur les hauteurs près du lac Petit Manicouagan (Lemieux, 1964).

Nous ne spécifions pas l'habitat qui est un des trois suivants : soit un milieu à sphaignes près du rivage du lac, soit du till sur les flancs du val, ou un rocher de gabbro granitique plus ou moins humide dont les interstices abritent les plantes.



FIGURE 2. Une partie du massif des monts Groulx. La forêt-parc, sporadique et rabougrie, entoure un lac situé à environ un mille (1.6 km) du point où a été prise la photographie.

En voici la liste, avec synonymes çà et là, et le numéro de récolte de l'auteur. Tous les spécimens ici concernés ont été rangés à l'herbier de l'Institut de recherches sur les végétaux, ministère de l'Agriculture, Ottawa, aussi connu par le sigle DAO.

LYCOPSIDA

Lycopodium alpinum L. 6202.

Lycopodium selago L. 6201.

PTEROPSIDA

Dryopteris dilatata (Hoffm.) A. Gray³, 6203

Syn.: *D. spinulosa* v. *americana* (Fisch.) Fern.;

D. austriaca (Jacq.) Woynar;

D. assimilis Walker

Phegopteris connectilis (Michx.) Watt, 6204.

MONOPSIDA

Agrostis geminata Trin., 6206.

Calamagrostis canadensis (Michx.) Nutt. v. *scabra* (Presl) Hitchc., 6219.

Deschampsia atropurpurea (Wahl.) Scheele, 6224.

Phleum alpinum L., 6207.

Eriophorum angustifolium Honck., 6205.

Carex brunnescens (Pers.) Poir., 6218.

Carex interior Bailey, 6227.

Carex pauciflora Lightf., 6230.

Carex bigelowii Torr., 6232.

Carex rariflora (Wahlenberg) Sm., 6231.

Carex stans, 6234.

Juncus filiformis L., 6209.

Luzula parviflora (Ehrh.) Desv., 6213.

Luzula confusa Lindeberg, 6220.

Habenaria dilatata (Pursh) Hook., 6212.

Listera cordata (L.) R. Brown, 6221.

DICOPSIDA

Alchemilla glomerulans Buser, 6233.

Syn.: *A. vulgaris* L. var. *grandis* Blyth;

A. conivens Buser.

Arctostaphylos alpina (L.) Spreng., 6226.

Aster calderi Boivin, 6228.

Syn.: *Aster puniceus* L. var. *oligocephalus* Fernald in Ottawa Nat., 12:105. 1899.

3. Nous suivons la diagnose de Britton et Soper (1966, p. 77).

- Cassiope hypnoides* (L.) D. Don, 6217.
Coptis groenlandica (Oeder) Fern., 6225.
Epilobium hornemannii Rchb., 6229.
Gnaphalium norvegicum Gunn., 6211.
Phyllodoce coerulea (L.) Bab., 6215.
Polygonum viviparum L., 6210.
Rubus acaulis Michx., 6223.
Salix herbacea L., 6216.
Sibbaldia procumbens L., 6222.
Solidago macrophylla Pursh v. *thyrsoides* (Meyer) Fern., 6214.
Stellaria calycantha (Ledeb.) Bong., 6208.

Position phytogéographique du massif

Les monts Groulx servent apparemment de point d'étape aux plantes arctiques-alpines qui émigrent depuis les parties les plus septentrionales du Québec vers la péninsule gaspésienne. Ou, si on accepte la théorie que les populations arctiques-alpines des montagnes Blanches du Vermont, du mont Katahdin et des Shickshocks représentent tout simplement les vestiges d'une époque ancienne à climat arctique généralisé dans le nord des États-Unis et le sud du Canada, les plantes ci-haut énumérées indiquent que le massif des monts Groulx est phyto-géographiquement similaire à ces autres montagnes, du bien simple fait de son altitude. À l'appui de cet énoncé élémentaire, les plantes suivantes — strictement arctiques-alpines puisqu'elles sont comprises dans la flore arctique de Polunin (1959) tout en habitant des hautes collines des zones climatiques boréales et tempérées — ne semblent pas vivre sur les points intermédiaires entre la région du massif des monts Otish et celle des monts Groulx, et entre cette dernière et les sommets de Gaspésie :

<i>Lycopodium alpinum</i>	<i>Cassiope hypnoides</i>
<i>Calamagrostis canadensis</i> v. <i>scabra</i>	<i>Gnaphalium norvegicum</i>
<i>Deschampsia atropurpurea</i>	<i>Phyllodoce coerulea</i>
<i>Phleum alpinum</i>	<i>Salix herbacea</i>
<i>Luzula confusa</i>	<i>Sibbaldia procumbens</i>

Cette liste s'allongera sans doute quand les monts Groulx seront mieux connus.

Tel que nous le signale le D^r A.-E. Porsild, notre collection ressemble beaucoup à ce qui existe sur le sommet du mont Albert, en Gaspésie (le D^r Porsild ajoute, dans sa lettre: « I shall be very curious to know what else grows there. Perhaps on your next visit you will bring back *Gentiana nivalis*, *Pedicularis lapponica*, *Bartsia alpina*, and a host of other Amphi-Atlantic species. Wouldn't Fernald have been interested ! and wouldn't he have wondered where

these plants survived the ice-age ? »). Cet avancé est d'autant plus plausible que dans les deux cas la roche-mère se ressemble quant au degré d'acidité (acide à basique).

En d'autres termes, pour ces plantes, la carte de répartition locale montrerait une série de trois stations indiquant les monts Otish, les monts Groulx et les Shickshocks à l'exclusion de lieux intermédiaires ou adjacents. Des points « suivants » se verraient vers l'est à Anticosti-Minganie, mais vers l'ouest il faudrait aller très loin pour en revoir.

Remerciements

M. Leslie Kish, géologue au ministère québécois des Richesses naturelles, nous a communiqué de précieuses informations sur cette région qu'il connaît intimement pour l'avoir sillonnée en tous sens à l'occasion de relevés géologiques. Nous lui exprimons notre vive gratitude.

Il nous fait aussi plaisir de remercier les botanistes qui ont identifié certaines plantes ci-haut nommées ou nous ont aidé à le faire : ce sont les D^r A.-E. Porsild et J.-A. Calder, et M. J. W. Dore, tous d'Ottawa.

Références

- BLANCHARD, R., 1960. *Le Canada français*. A. Fayard, Paris. Pp. 1-316.
- BRITTON, D.M. et J.H. SOPER, 1966. The cytology and distribution of *Dryopteris* species in Ontario. *Can. J. Bot.*, **44**: 63-78.
- GAGNON, R.M. et M. FERLAND, 1967. *Climat du Québec septentrional*. Voir carte 18. Min. Richesses nat. Québec, M.P. - 10. Pp. 1-18, app.
- KISH, L., 1963. *Géologie de la région du cours moyen de la Hart-Jaune*. Rapp. prélim. Min. Richesses nat. Québec n° 507: 1-8.
- LEMIEUX, G., 1964. *Rapport annuel sur l'état de l'herbier, 1962*. Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval. Pp. 1-148. (Manuscrit).
- POLUNIN, N., 1959. *Circumpolar arctic flora*. Clarendon Press, Oxford, I-XXVIII + 1-514.

ÉTUDES SUR LES *SOLIDAGO* L. IX.
 UNE TROISIÈME LISTE DE NOMBRES CHROMOSOMIQUES
 DES TAXONS DU GENRE *SOLIDAGO* ET DE CERTAINS GENRES VOISINS

JEAN R. BEAUDRY

Département des Sciences biologiques, Université de Montréal, Montréal, Québec

Résumé

Trois catégories de nombres chromosomiques somatiques, concernant le genre *Solidago* ou certains genres voisins, sont présentés: (a) nombres concernant des taxons dont le nombre était inconnu: *S. angustifolia* Ell., 18; *S. confinis* Gray, 18; *S. Curtisii* T. & G. var. *pubens* (M.A. Curtis) Gray, 18; *S. Gatingeri* Chapm., 18; *S. ludoviciana* (Gray) Small, 18; *S. nemoralis* Ait. var. *Haleana* Fern., 18; *S. radula* Nutt. var. *radula*, 18; *S. spectabilis* (D.C. Eaton) Gray, 18; (b) nombres révélant l'existence d'un deuxième nombre chromosomique (ou cytodème) à l'intérieur d'un même taxon (le nombre inscrit entre parenthèses, dans ce qui suit, est le nombre antérieurement connu): *Euthamia leptcephala* (T. & G.) Greene, 18 (54); *Solidago Boottii* Hook., 36 (18); *S. decumbens* Greene var. *oreophila* (Rydb.) Fern., 36 (18); *S. flexicaulis* L., 36 (18); *S. Purshii* Porter, 36 (18); (c) nombres confirmant ceux publiés antérieurement. L'auteur rapporte en plus le nombre d'un hybride naturel entre *S. juncea* Ait. var. *juncea* et *S. nemoralis* var. *Haleana*: $2n = 18$.

Abstract

Three categories of somatic chromosome numbers, concerning taxa of the genus *Solidago* or of closely related genera, are presented: (a) numbers concerning taxa of which the number was unknown: *S. angustifolia* Ell., 18; *S. confinis* Gray, 18; *S. Curtisii* T. & G. var. *pubens* (M.A. Curtis) Gray, 18; *S. Gatingeri* Chapm., 18; *S. ludoviciana* (Gray) Small, 18; *S. nemoralis* Ait. var. *Haleana* Fern., 18; *S. radula* Nutt. var. *radula*, 18; *S. spectabilis* (D.C. Eaton) Gray, 18; (b) numbers establishing the existence of a second chromosome number (or cytodeme) within the same taxon (the number within parentheses, in what follows, is the previously known number): *Euthamia leptcephala* (T. & G.) Greene, 18 (54); *Solidago Boottii* Hook., 36 (18); *S. decumbens* Greene var. *oreophila* (Rydb.) Fern., 36 (18); *S. flexicaulis* L., 36 (18); *S. Purshii* Porter, 36 (18); (c) numbers confirming those published previously. The author also reports the number of a natural hybrid between *S. juncea* Ait. var. *juncea* and *S. nemoralis* var. *Haleana*: $2n = 18$.

Introduction

Beaudry et Chabot (1959), et Beaudry (1963) ont publié deux listes substantielles de nombres chromosomiques concernant le genre *Solidago* et certains genres périphériques ou voisins. Ces mêmes publications incluait des mises à jour de la littérature traitant des nombres chromosomiques des taxons de ces genres.

Revue de la littérature

Pour mettre à jour la liste des nombres chromosomiques publiés depuis la publication de Beaudry (1963), il faut citer les nombres suivants: *S. Virgaurea* L. ssp. *leiocarpa* Hultén, $2n = 18$ (Arano, 1962); *Petradoria discoidea* L. C. Anderson, $2n = 18$; *P. pumila* (Nutt.) Greene ssp. *pumila*, $n = 9$ et 18 , $2n = 18$ et 36 ; *P. pumila* ssp. *graminea* (Wooton & Standl.) L. C. Anderson, $n = 9$, $2n = 18$ (Anderson, 1963); *Solidago minutissima* (Makino) Kitamura, $2n = 18$ (Huziwaru, 1965); *S. Virgaurea*, $n = 9$, $2n = 18$; *S. canadensis* L., $n = 9$ et 27 (Mehra, Gill, Mehta et Sidhu, 1965); *Brachychaeta sphacelata* (Raf.) Britt., $2n = 18$; *Brintonia discoidea* (Ell.) Greene, $2n = 18$; *Chrysoma pauciflosculosa* (Michx.) Greene, $2n = 18$; *Euthamia leptoccephala* (T. & G.) Greene, $2n = 54$; *E. microcephala* Greene, $2n = 18$; *E. occidentalis* Nutt., $2n = 18$; *Oligoneuron ohioense* (Riddell) G.N. Jones, $2n = 18$; *O. Riddellii* (Frank) Rydb., $2n = 18$; *Solidago altissima* L., $2n = 54$; *S. canadensis* L. var. *canadensis*, $2n = 18$; *S. hispida* Muhl. var. *hispida*, $2n = 18$; *S. Virgaurea* L. var. *Virgaurea*, $2n = 18$ (K Kapoor et Beaudry, 1966).

Matériaux et méthodes

La liste des plantes étudiées est présentée dans le tableau I. Le code utilisé pour désigner les numéros de récolte a été expliqué par Beaudry et Chabot (1959). Les abréviations utilisées dans la colonne « Récolteurs » désignent les personnes suivantes : *AF* : A. Fautrier, Université de Montréal; *AFC* : A.F. Clewell, The Florida State University; *AL* : A. Legault, Université de Sherbrooke; *AR* : A. Rousi, University of California, Berkeley; *AT* : Académie de Tchécoslovaquie; *CFD* : C.F. Deaver, University of Arizona; *DD* : D. Desmaree, Hot springs, Ark.; *DoD* : D. Doyon, Ministère de l'Agriculture, Québec; *DM* : D. Marsh, Fisheries Research Board of Canada; *EK* : E. Kapp; *EL* : E. Lepage, Rimouski; *FHH* : F.H. Horlbeck, Charleston, S.C.; *FCM* : F.C. McKeever, New York Botanical Garden; *FS* : F. Seymour, University of Vermont; *GL* : G. Ledingham, University of Saskatchewan; *HD* : H. De Selm, University of Tennessee; *JC* : J. Clausen, Carnegie Institution of Washington, Palo Alto, Calif.; *JCB* : J.C. Beatly, Enrad, Los Angeles, Calif.; *JEP* : J.E.

Purchase; *JH* : J. Hiltunen, University of Michigan; *JHT* : J.H. Thomas, Stanford University; *JK* : J. Kucyniak, Jardin Botanique de Montréal; *JPB* : J.-P. Bernard, Université Laval; *JRB* : l'auteur; *KH* : K. Hruby, Université Charles, Prague; *KLC* : K.L. Chambers, Oregon State College; *LR* : L. Rose, California Academy of Sciences, San Francisco; *MN* : M. Nobs, Carnegie Institution of Washington, Palo Alto, Calif.; *MR* : M. Raymond, Jardin Botanique de Montréal; *NM* : N. Morar, The Florida State University; *NT* : N. Tanaka, Université de Tokyo; *PD* : P. Dansereau, New York Botanical Garden; *PHR* : P.H. Raven, Stanford University, Palo Alto, Calif.; *RD* : R. Doucet, Université de Montréal; *RG* : Frère Rolland-Germain; *RKG* : R.K. Godfrey, The Florida State University; *RU* : Reading University, Angleterre; *SG* : S. Gagnon, Université de Montréal; *SGS* : S.G. Smith, Forest Insect Laboratory, Sault-Ste-Marie, Ont.; *SK* : S. Kawano, Université de Montréal; *TH* : T. Howell, California Academy of Sciences, San Francisco; *WD* : W. Dore, Plant Research Institute, Ottawa; *WPS* : W. P. Stoultamire, Cranbrook Institute of Science, Mich.

Les méthodes utilisées pour déterminer les nombres chromosomiques ont été décrites par Beaudry et Chabot (1959).

Les quelques nombres précédés de l'abréviation *ca* (*circa*), n'ont pu être déterminés avec certitude bien qu'il soit presque certain que le nombre indiqué soit le bon. Les nombres qui suivent le signe + désignent le nombre de chromosomes surnuméraires.

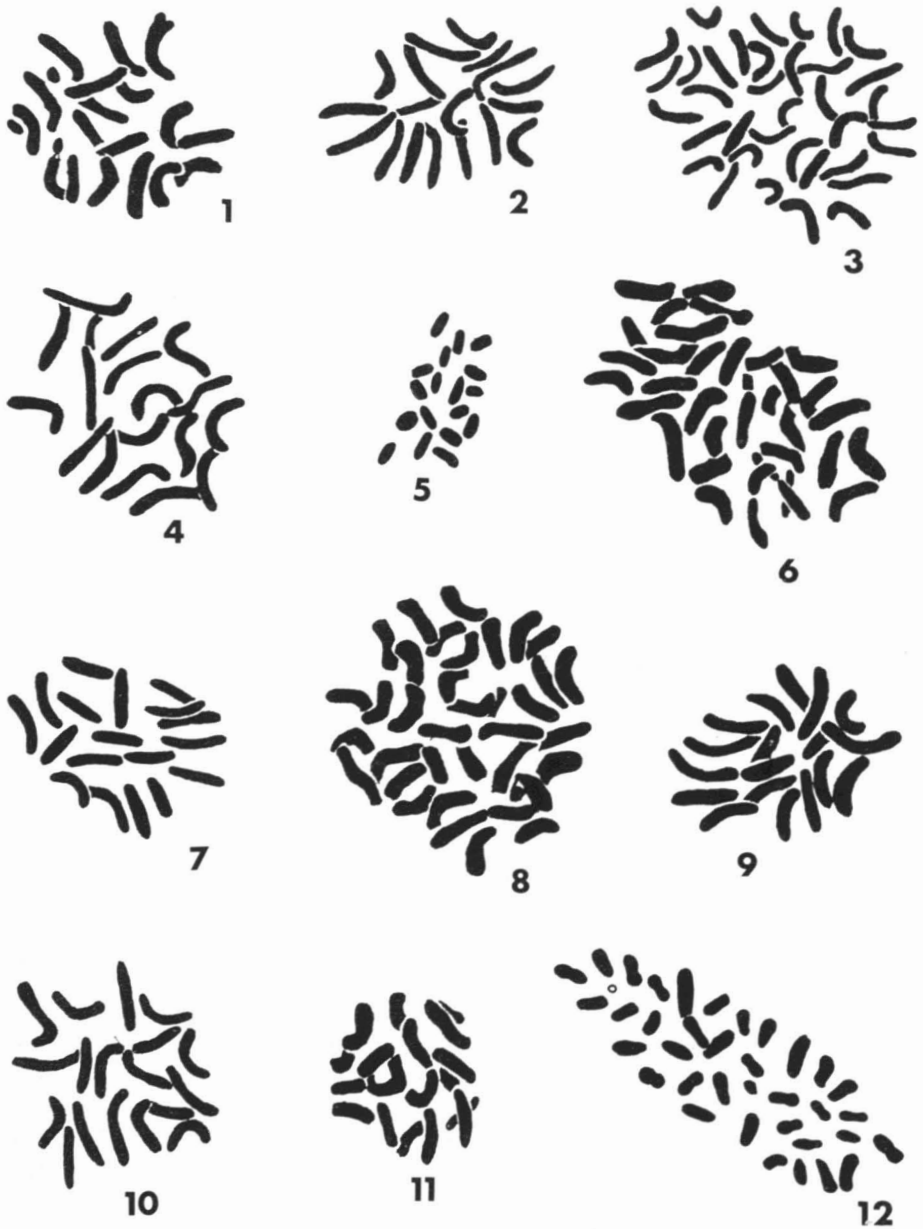
Les notes et commentaires qui suivent concernent surtout les taxons groupés dans le tableau I. Le mode de présentation adopté est le suivant : après la désignation du taxon reconnu par l'auteur, il sera fait mention d'un ou plusieurs synonymes, si ces synonymes sont jugés utiles; ensuite suivront des notes concernant l'habitat et la distribution du taxon, si ces notes n'ont pas été fournies par Beaudry et Chabot (1959) ou Beaudry (1963).

Les nombres chromosomiques inconnus jusqu'à maintenant seront présentés en premier, dans un groupe distinct. Ensuite, suivront les nombres représentant des déterminations additionnelles de nombre chromosomiques déjà connus. Les déterminations antérieures seront désignées par l'abréviation DA et les déterminations additionnelles présentées dans cet article par d. ad.

Les citations de distributions géographiques tirées d'ouvrages rédigés en anglais ont été traduites par l'auteur.

Nombres chromosomiques inconnus jusqu'à maintenant

Euthamia leptcephala (T. & G.) Greene (*Solidago leptcephala* T. & G.).
-DA: $2n = 54$, Beaudry (1963) et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18, 18 + 2$ ou $3, 18 + 3, 18 + 6$ (figure 1).



Légende pour les figures 1 à 12

FIGURE 1. *Euthamia leptocéphala*, 63-41-1, $2n = 18 + 3$, 3552 X. FIGURE 2. *Solidago angustifolia*, 63-22-5, $2n = 18$, 3262 X. FIGURE 3. *S. Boottii*, 62-100, $2n = 36$, 1812 X. FIGURE 4. *S. confinis*, 62-6, $2n = 18$, 3335 X. FIGURE 5. *S. Curtisii* var. *pubens*, 62-9, $2n = 18$, 1958 X. FIGURE 6. *S. decumbens* var. *oreophila*, 63-6-2, $2n = 36$, 3552 X. FIGURE 7. *S. Drummondii*, 63-219-3, $2n = 18$, 3480 X. FIGURE 8. *S. flexicaulis*, 61-336, $2n = 36$, 3552 X. FIGURE 9. *S. Gattingeri*, 59-240, $2n = 18$, 3335 X. FIGURE 10. *S. ludoviciana*, 59-262-2, $2n = 18$, 3335 X. FIGURE 11. *S. nemoralis* var. *Haleana*, 59-259-1, $2n = 18$, 3552 X. FIGURE 12. *S. Purshii*, 57-8-1, $2n = 36 + 1$, 3306 X.

Solidago angustifolia Ell. Marécages salés et grèves saumâtres depuis la Caroline du Nord jusqu'au Texas. $-2n = 18$ (figure 2).

S. Boottii Hook. -DA: $2n = 18$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 36$ (figure 3).

S. confinis Gray. « Sur les pentes sèches ou humides des zones *Upper Sonoran* et *Transition*; du comté Ventura au comté San Diego, Californie, jusqu'en bordure du désert, surtout dans les montagnes », Keck in Abrams et Ferris (1960). $-2n = 18$ (figure 4).

S. Curtisii (T. & G.) var. *pubens* (M.A. Curtis) Gray. Bois riches de la Virginie à la Georgie et au Tennessee. $-2n = 18$ (figure 5).

S. decumbens Greene var. *oreophila* (Rydb.) Fern. (*S. spathulata* DC. var. *neomexicana* (Gray) Cronq.). -DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 36$ (figure 6).

S. Drummondii T. & G. « Rochers calcaires et bois rocheux, sud-ouest de l'Illinois et Missouri jusqu'en Louisiane », Fernald (1950). $-2n = 18$ (figure 7).

S. flexicaulis L. -DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 36$ (figure 8).

S. Gatingeri Chapm. Affleurements calcaires et clairières incultes, Tennessee et Missouri jusqu'au Texas. $-2n = 18$ (figure 9).

S. ludoviciana (Gray) Small. Pinières sablonneuses et clairières, Georgie et Texas et vers le nord, localement, jusqu'au sud du New Jersey et de l'Arkansas. $-2n = 18$ (figure 10).

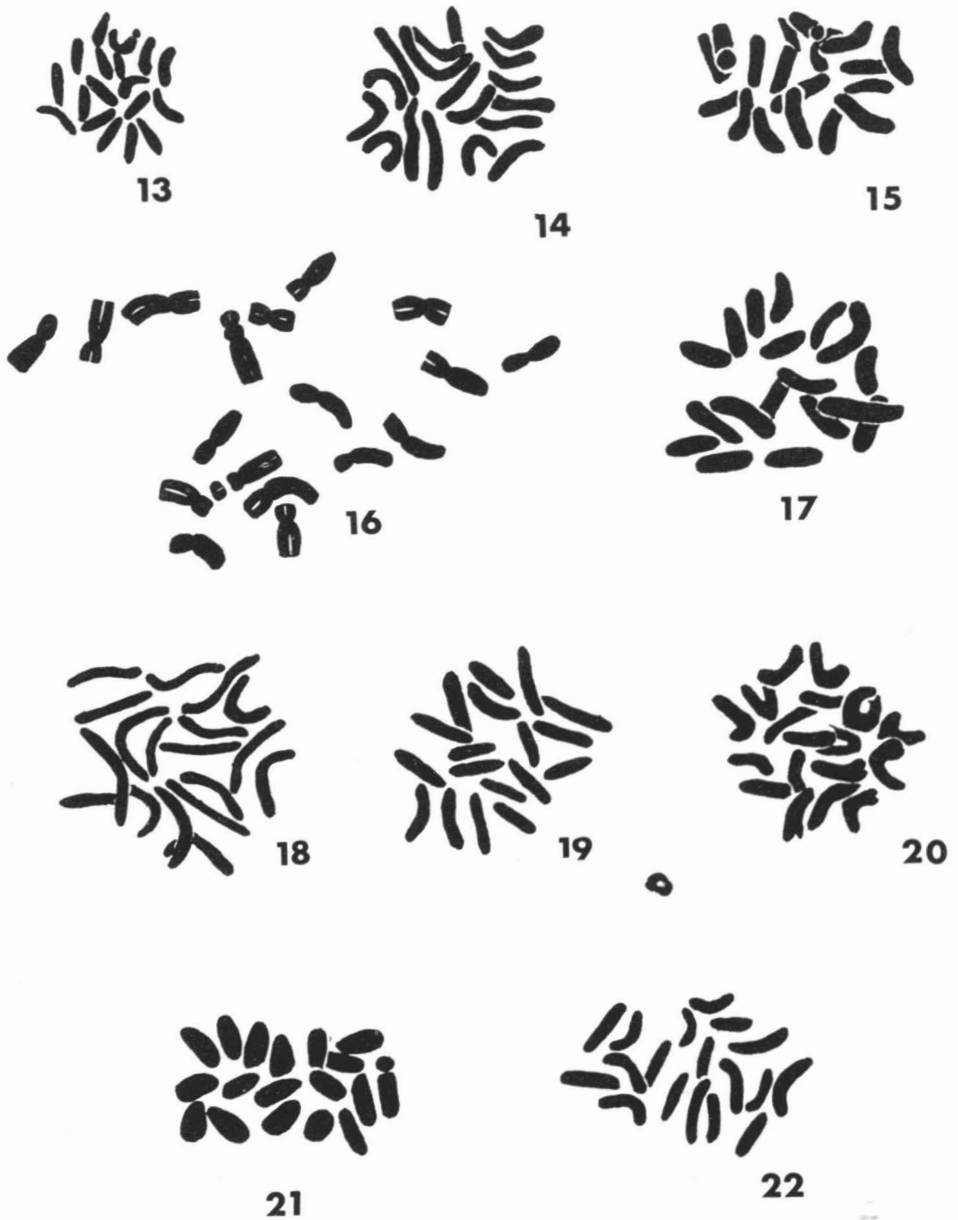
S. nemoralis Ait. var. *Haleana* Fern. Terrains incultes ou abandonnés, clairières dans les bois secs de la Georgie au Texas et vers le nord jusqu'à la Virginie et le Missouri. $-2n = 18$ (figure 11).

S. Purshii Porter. -DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 36$ (figure 12).

S. radula Nutt. var. *radula*. « Bois clairs et secs et falaises calcaires, sud de l'Illinois à la Louisiane et au Texas », Fernald (1950). $-2n = 18$ (figure 13).

S. spectabilis (D.C. Eaton) Gray. « Prés alcalins ou tourbières, zones *Sonoran* et *Arid Transition*; du sud-est de l'Orégon jusqu'à Death Valley, Californie, à l'est jusqu'à l'Utah », Keck in Abram et Ferris (1960). $-2n = 18$ (figure 14).

S. juncea Ait. var. *juncea* x *S. nemoralis* var. *Haleana*. Dans un bois clair, Taswell, Ind. $-2n = 18$ (figure 15).



Légende pour les figures 13 à 22

FIGURE 13. *S. radula* var. *radula*, 59-260-1, $2n = 18$, 3335 X. FIGURE 14. *S. spectabilis*, 60-26-2, 3335 X. FIGURE 15. *S. juncea* var. *juncea* X *S. nemoralis* var. *Haleana*, 61-325-2, $2n = 18$, 3552 X. FIGURE 16. *S. aspera*, 62-26, $2n = 18$, 3118 X. FIGURE 17. *S. californica*, 59-199, $2n = 18$, 3335 X. FIGURE 18. *S. elongata*, 59-237, $2n = 18$, 3408 X. FIGURE 19. *S. Guiradonis*, 62-254, $2n = 18$, 3262 X. FIGURE 20. *S. spathulata*, 59-211, $2n = 18$, 3552 X. FIGURE 21. *S. Virgaurea* var. *alpestris*, 58-306-1, $2n = 18$, 3335 X. FIGURE 22. *S. Wrightii*, 62-1-4, $2n = 18$, 3262 X.

Déterminations additionnelles de nombres
chromosomiques déjà connus

Brachychaeta sphacelata (Raf.) Britt. (*Solidago sphacelata* Raf.). DA: $2n = 18$, Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = ca\ 18$.

Brintonia discoidea (Ell.) Greene. (*Solidago discoidea* (Ell.) T. & G.). DA: $2n = 18$, Beaudry (1963) et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

Chrysoma pauciflosculosa (Michx.) Greene (*Solidago pauciflosculosa* Michx.) DA: $2n = 18$, Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

Euthamia graminifolia (L.) Nutt. ex Cass. var. *graminifolia* (*Solidago graminifolia* (L.) Salisb. var. *graminifolia*). DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 18$.

E. graminifolia var. *Nuttallii* (Greene) W. Stone (*Solidago graminifolia* var. *Nuttallii* (Greene) Fern.). DA: $n = 9$, $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959) et $2n = 18$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

E. leptcephala (T. & G.) Greene (*Solidago leptcephala* T. & G.). DA: $2n = 54$, Beaudry (1963) et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$, $18 + 2$ ou 3 , $18 + 3$, $18 + 6$.

E. occidentalis Nutt. (*Solidago occidentalis* (Nutt.) T. & G.). DA: $n = 9$, Raven *et al.* (1960); $2n = 18$, Beaudry (1963) et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

Oligoneuron corymbosum (Ell.) Small var. *humilis* (Porter) Beaudry (*S. rigida* L. var. *humilis* Porter, *Oligoneuron canescens* Rydb., *Solidago canescens* (Rydb.) Friesner, *S. rigida* var. *canescens* (Rydb.) Breitung, *S. parvirigida* Beaudry, *S. Jacksonii* (O. Ktze.) Fern. var. *humilis* (Porter) Beaudry). DA: $n = 9$, $2n = 18$, Higinbotham (1936); $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959) et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

O. Riddellii (Frank) Rydb. (*Solidago Riddellii* Frank). DA: $n = 18$, Carano (1921); $2n = 18$, Beaudry (1963) et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

Petradoria pumila (Nutt.) Greene ssp. *pumila* (*Solidago Petradoria* Blake). DA: $n = 9$ et 18 et $2n = 18$ et 36 , Anderson (1963); $2n = 18$, Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

Solidago aestivalis Bicknell. (*S. rugosa* Mill. var. *sphagnophila* Graves). « Habitats marécageux, souvent tourbeux, sud du Maine à la Caroline du Nord », Fernald (1950). DA: $2n = 54$, Beaudry (1960); d. ad.: $2n = 54$.

S. altissima L. DA: $n = 27$ et $2n = 54$, Beaudry et Chabot (1957) et Beaudry et Chabot (1959); $2n = 54$, Huziwara (1962), Beaudry (1963), et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 54$.

S. aspera Ait. (*S. rugosa* Mill. var. *aspera* (Ait.) Fern.). « Lieux ouverts secs ou humides et bosquets, Floride au Texas, vers le nord jusqu'au sud du Maine, Massachusetts, New York, Ontario, Michigan et Missouri », Fernald (1950). DA: $n = 9$, Goodwin (1937); $2n = 36$, Beaudry (1960); d. ad.: $2n = 18$ (figure 16) et 36.

S. bicolor L. var. *bicolor*. DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959) et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$ et $18 + 0, 1, 3$.

S. bicolor var. *concolor* T. & G. (*S. hispida* Muhl. in Willd.). DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959) et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

S. californica Nutt. « Commun dans les champs, terrains défrichés et clairières secs ou humides, zones *Upper Sonoran* et *Transition*; du sud-ouest de l'Orégon, dans les montagnes côtières et sur les pentes occidentales de la Sierra Nevada jusqu'au comté San Diego » Keck in Abrams et Ferris (1960). DA: $n = 9$, Raven *et al.* (1960); d. ad.: $2n = 18$ (figure 17).

S. canadensis L. var. *canadensis*. DA: $n = 9$, $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1957); $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959) et Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

S. Curtisii (T. & G.) var. *Curtisii*. DA: $2n = 18$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. decumbens Greene var. *oreophila* (Rydb.) Fern. (*S. spathulata* DC. var. *neomexicana* (Gray) Cronq.). DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 18$ (et 36, voir sous: Nombres chromosomiques inconnus...).

S. elongata Nutt. (*S. lepida* DC. var. *elongata* Fern., *S. canadensis* ssp. *elongata* (Nutt.) Keck). DA: $2n = 18$, Clausen, Keck et Hiesey (1940); d. ad.: $2n = 18$ (figure 18).

S. flaccidifolia Small. DA: $2n = 36$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 36$.

S. gilvocanescens (Rydb.) Smyth. DA: $2n = 18$ et 36, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 36$.

S. Guiradonis Gray. « Pentcs humides de la zone *Upper Sonoran*; Californie, rare, dans les montagnes côtières à partir du comté Santa Clara vers le sud et dans l'extrémité méridionale de la Sierra Nevada » Keck in Abrams et Ferris (1960). DA: $n = 9$, Raven *et al.* (1960), publié sous le nom de *S. confinis* Gray (voir note au bas de la page, Beaudry (1963, p. 150)); d. ad.: $2n = 18$ (figure 19).

S. juncea Ait. var. *juncea*. DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959), et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$ et $18 + 0$ ou 2 .

S. macrophylla Pursh var. *thyrsoides* (Mey.) Fern. DA: $2n = 18$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18 + 3, 5, 7$.

S. multiradiata Ait. DA: $2n = 18$, Clausen, Keck et Hiesey (1940), Beaudry et Chabot (1959), et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. nemoralis Ait. var. *nemoralis*. DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959) et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. patula Muhl. var. *patula*. DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959) et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. petiolaris Ait. var. *petiolaris*. DA: $2n = 18$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. puberula Nutt. var. *puberula*. DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959), et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$ et $18 + 0$ ou 3 .

S. Purshii Porter. DA: $n = 9$ et $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 18$ (et 36 , voir sous: Nombres chromosomiques inconnus...).

S. Randii (Porter) Britt. DA: $2n = 36$, Beaudry et Chabot (1956) et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 36$.

S. rugosa f. *rugosa*. DA: $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 18$ et $18 + 0, 2, 3$.

S. sempervirens L. var. *mexicana* (L.) Fern. DA: $n = 9$ et 18 Goodwin (1937); $2n = 18$ et 36 , Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. spathulata DC. « Collines côtières sablonneuses et dunes, zone *Humid Transition*; comté Coos, Oregon, jusqu'à Monterey, Californie » Keck in Abrams et Ferris (1960). DA: $n = 9$, Raven *et al.* (1960); d. ad.: $2n = 18$ (figure 20).

S. squarrosa Muhl. DA: $n = 9$; $2n = 18$, Beaudry et Chabot (1959); d. ad.: $2n = 18$.

S. ulmifolia Muhl. var. *Palmeri* Cronq. DA: $2n = 18$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. ulmifolia var. *ulmifolia*. DA: $2n = 18$, Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

S. Virgaurea L. var. *alpestris* (Waldst. & Kit.) DC. DA: $n = 9$, Rohner (1954); $2n = 18$, Löve in Selander (1950); d. ad.: $2n = 18 + 1$ (figure 21).

S. Virgaurea var. *Virgaurea*. DA: $2n = 18$, Kapoor et Beaudry (1966); d. ad.: $2n = 18$.

S. Wrightii Gray. DA: $n = 9$, Turner, Powell et King (1962); d. ad.: $2n = 18$ (figure 22).

S. Yokusaiana Makino. DA: $2n = 18$, Huziwara (1962) et Beaudry (1963); d. ad.: $2n = 18$.

Discussion

La portée taxonomique de la majorité des nombres chromosomiques présentés dans cet article ayant déjà été considérée dans certaines de mes publications précédentes, mes remarques se limiteront à ce qui exige une modification de mes commentaires antérieurs ou à ce qui doit leur être ajouté.

Le nombre chromosomique de 18 rapporté ici pour des spécimens de *Euthamia leptcephala*, récoltés dans l'État du Mississippi, révèle l'existence d'un cytodème diploïde chez cette espèce, en plus du cytodème hexaploïde précédemment signalé par Beaudry (1963) et Kapoor et Beaudry (1966), pour des spécimens de Floride.

Les déterminations de nombres chromosomiques concernant *S. aspera* (*S. rugosa* var. *aspera*), rapportées par Goodwin (1937) et par moi-même en 1960 et dans le présent article, montrent que ce taxon est constitué par un complexe de deux cytodèmes, l'un diploïde et l'autre tétraploïde.

L'entité désignée *S. hispida* dans les flores nord-américaines récentes a été croisée sans difficulté avec le *S. bicolor*; des progénitures de F_1 et de F_2 , constituées par des individus vigoureux et d'apparence tout à fait normale ont été obtenues; l'examen des différents stades de la microgamétogenèse chez ces hybrides a montré que ce phénomène se déroulait normalement et déterminait la formation de grains de pollen d'apparence tout à fait normale (Beaudry, Doucet et Gagnon, non publié). Ces données indiquent que l'entité à fleurs ligulées jaunes (*S. hispida*) doit être considérée non pas comme une espèce distincte du *S. bicolor* (à fleurs ligulées de couleur crème), mais comme une variété de cette dernière entité. C'est pour cette raison que nous retournons ici à la désignation proposée par Torrey et Gray (1841-1843): *S. bicolor* var. *concolor*.

Beaudry et Chabot (1959) ont déterminé un nombre somatique de 18 chez trois individus de *S. decumbens* var. *oreophila* (*S. spathulata* var. *neomexicana*). Les cinq individus rapportés dans le tableau I ont été obtenus à partir de graines prélevées sur un même individu récolté au Yukon. Quatre ont un nombre $2n$ de 18 et le cinquième de 36. Nous assistons donc ici au passage de la diploïdie à la tétraploïdie.

Beaudry et Chabot (1959) ou Beaudry (1963) ont déterminé des nombres somatiques de 18 chez *S. Boottii*, *S. flexicaulis* et *S. Purshii*. Les données du tableau I révèlent qu'ils existe aussi une cytodème tétraploïde chez chacune de ces espèces.

Remerciements

Je remercie les personnes qui m'ont aidé à me procurer les plantes qui ont servi à cette étude et dont les noms ont été cités dans la section intitulée « Matériaux et méthodes »; les autorités du Jardin Botanique de la Ville de Montréal qui ont mis à ma disposition les parcelles où ces plantes ont été cultivées et qui, en plus, ont contribué de nombreuses façons à la réalisation des procédés culturaux; monsieur Louis Pontecaille pour son aide technique très précieuse; enfin, le Conseil National des Recherches du Canada pour son assistance financière.

Références

- ANDERSON, L.C., 1963. Studies on *Petradoria* (Compositae): anatomy, cytology, taxonomy. *Trans. Kans. Acad. Sci.*, **66**: 632-684.
- ARANO, H., 1962. Cytotaxonomic studies in subfam. Carduoides of Japanese Compositae. V. Karyotype analysis and its karyological considerations in some genera. *La Kromosomo*, **53-54**: 1794-1810.
- BEAUDRY, J.R., 1960. Studies on *Solidago* L. V. The *Solidago rugosa* complex. *Can. J. Genet. Cytol.*, **2**: 389-396.
- BEAUDRY, J.R., 1963. Studies on *Solidago* L. VI. Additional chromosome numbers of taxa of the genus *Solidago*. *Can. J. Genet. Cytol.*, **5**: 150-174.
- BEAUDRY, J.R. and CHABOT, D.L., 1957. Studies on *Solidago* L. I. *S. altissima* L. and *S. canadensis* L. *Contrib. Inst. bot. Univ. Montréal*, **70**: 65-72.
- BEAUDRY, J.R. and CHABOT, D.L., 1959. Studies on *Solidago* L. IV. The chromosome numbers of certain taxa of the genus *Solidago*. *Can. J. Bot.*, **37**: 209-228.
- CARANO, E., 1921. Nuove ricerche sulla embriologia delle Asteraceae. *Ann. Botan. Rome*, **15**: 97-196.
- CLAUSEN, J., KECK, D.D. and HIESEY, W.M., 1940. Experimental studies on the nature of species. I. Effect of varied environments on western North American plants. *Pub. Carnegie Inst. Wash.*, 520.
- FERNALD, M.L., 1950. *Gray's Manual of Botany*. 8th ed. American Book Co., New York.
- GOODWIN, R.H., 1937. The cyto-genetics of two species of *Solidago* and its bearing on their polymorphy in nature. *Am. J. Bot.*, **24**: 421-432.
- HIGINBOTHAM, N.L., 1936. The chromosome relations of *Solidago rigida* and a giant mutation. *Butler Univ. Bot. Stud.*, **3**: 173-176.
- HUZIWARA, Y., 1962. Karyotype analysis in some genera of Compositae. VII. The chromosomes of Japanese *Solidago* species. *Acta Phytotax. Geobot.*, **20**: 176-178.

- HUZIWARA, Y., 1965. Chromosome analysis in the tribe Astereae. *Jap. J. Genet.*, **40**: 63-71. 1965.
- KAPOOR, B.M. and BEAUDRY, J.R., 1966. Studies on *Solidago*. VII. The taxonomic status of the taxa *Brachychaeta*, *Brintonia*, *Chrysoma*, *Euthamia*, *Oligoneuron*, and *Petradoria* in relation to *Solidago*. *Can. J. Genet. Cytol.*, **8**: 422-443.
- KECK, D.D. in ABRAMS, L. and FERRIS, R.S., 1960. Illustrated flora of the Pacific states. Stanford Univ. Press. Stanford.
- LÖVE, A. in SELANBER, S., 1950. Floristic phytogeography of southwestern Lule Lappmark. *Acta phytogeogr. suec.*, **28**.
- MEHRA, P.N., GILL, B.S., MEHTA, J.K. and SIDHY, S.S., 1965. Cytological investigations on the Indian Compositae. I. North-Indian taxa. *Caryologia*, **18**: 35-68.
- RAVEN, P.H., SOLBRIG, O.T., KYHOS, D.W. and SNOW, S., 1960. Chromosome numbers in Compositae. I. Astereae. *Am. J. Bot.*, **47**: 124-132.
- ROHNER, P., 1954. Zytologische Untersuchungen an einigen Schweizerigen Hemi-Oreophyten. Inaugural-Dissertation phil.-naturwiss. *Fak. Univ. Bern, Schweiz*.
- RYDBERG, P.A., 1917. Flora of the Rocky Mountains and adjacent plains. New York.
- TORREY, J. and GRAY, A. 1841-1843. Flora of North America. Vol. II. Wiley & Putnam. New York.
- TURNER, B.L., POWELL, M. and KING, R.M., 1962. Chromosome numbers in the Compositae. VI. Additional Mexican and Guatemalan species. *Rhodora*, **64**: 251-271.

TABLEAU I

Nombres chromosomiques de certains taxons du genre *Solidago* L. et de quelques genres voisins

Taxons	Numéros de récolte	Récolteurs	Localités	Nombres chromosomiques 2n
<i>Brachychaeta sphacelata</i>	61-303	JRB & SG	Guston, Ky., E.U.	ca 18
<i>Brintonia discoidea</i>	63-223	RKG	Rocky Comfort Creek, Fla., E.U.	18
	63-224	"	"	18
<i>Chrysoma pauciflosculosa</i>	63-231-2	AFC & RKG	Mexico Beach, Fla., U.S.A.	18
	63-231-3	"	"	18
	63-231-8	"	"	18
	63-231-10	"	"	18
	63-231-11	"	"	18
	63-231-12	"	"	18
	62-231-13	"	"	18
	63-231-15	"	"	18
<i>Euthamia graminifolia</i> var. <i>graminifolia</i>	55-269	JK & MR	Grondines, Québec	18
<i>Euthamia graminifolia</i> var. <i>Nuttallii</i>	63-235-1	JRB	Bois-des-Filion, Québec	18
	63-235-2	"	"	18
<i>Euthamia leptoccephala</i>	63-41-1	DD	Poplarville, Miss., E.U.	18+0 ou 3
	63-41-2	"	"	18+6
	63-41-3	"	"	18+3
	63-41-4	"	"	18+2 ou 3
	63-41-5	"	"	18
<i>Euthamia occidentalis</i>	59-186	JRB	Pescaderos, Calif., E.U.	18
	59-188	"	"	18
<i>Oligoneuron corymbosum</i> var. <i>humilis</i>	59-239	HD	Manchester, Tenn., E.U.	18
	63-104	JPB	Otterburne, Man.	18
	59-259-3	DD	Petit Jean State Park, Ark., E.U.	18
	61-348	JRB	Chalmers, Ind., E.U.	18
<i>Oligoneuron Riddellii</i>	63-80	JPB	Kleefeld, Man.	18
	63-81	"	"	18
	63-85	"	"	18
	63-86	"	"	18
<i>Petradoria pumila</i> ssp. <i>pumila</i>	62-253-1	JCB	Rainier Mesa Test Site, Nev., E.U.	18

TABLEAU I (suite)

Taxons	Numéros de récolte	Récolteurs	Localités	Nombres chromosomiques 2n
	62-253-3	"	"	18
	62-253-4	"	"	18
	62-253-5	"	"	18
	62-253-7	"	"	18
<i>S. aestivalis</i>	64-1	FCM	Nantucket Island, Mass., E.U.	54
	64-2	"	"	54
	64-3	"	"	54
	64-4	"	"	54
	64-5	"	"	54
	64-6	"	"	54
	64-7	"	"	54
	64-8	"	"	54
<i>S. altissima</i>	60-214-4	JH	Sugar Island, Mich., E.U.	54
	60-219-3	"	"	ca 54
	62-221	JRB, AF & ND	Gordon Island, Ont.	ca 54
	62-222	"	"	54
	63-194	FCM	Nantucket Island, Mass., E.U.	54
	63-197	"	"	54
	63-198	"	"	54
	63-199	"	"	54
	63-200	"	"	54
	63-201-1	JRB	St-Louis, Mo., E.U.	54
	63-201-2	"	"	54
	63-201-3	"	"	54
	63-201-5	"	"	54
	63-240-1	JRB & RG	Cap Saint-Jacques, Québec	54
	63-240-2	"	"	54
	63-240-3	"	"	54
	63-240-5	"	"	54
<i>S. angustifolia</i>	63-22-1 à 5	RKG & NM	Panacea, Fla., E.U.	18
	63-23-1 à 5	"	"	18
	63-24-1 à 5	"	"	18
	63-25-1 à 5	"	"	18
	63-26-1 à 5	"	"	18
	63-28-1 à 5	"	"	18
	63-29-1 à 5	"	"	18
	63-30-1 à 5	"	"	18
	63-32-1 à 5	"	"	18
	63-33-1 à 5	"	"	18
<i>S. arguta</i>	62-223	JRB, AF & WD	Gordon Island, Ont.	18
	63-225	"	"	18

TABLEAU I (suite)

Taxons	Numéros de récolte	Récolteurs	Localités	Nombre chromosomiques 2n
	63-226	"	"	18
	63-227	"	"	18
<i>S. aspera</i>	59-265-2	DD	Magazine Mountain, Ark., E.U.	36
	59-270-1	"	Lafayette Co., Ark., E.U.	36
	57-265	JRB	Ices Ferry, W. Va., E.U.	18
	57-268	"	Brandonville, W. Va., E.U.	18
	62-25	JRB & AF	Check, Va., E.U.	18
	62-26	"	"	18
	62-27	"	"	18
	62-109	"	Linville, N.C., E.U.	36
<i>S. bicolor</i> var. <i>bicolor</i>	57-160	JRB & FS	Dighton, Mass., E.U.	18
	59-30	JRB, RG & RD	Contrecoeur, Québec	18+0,1,3
	62-210	JRB, AF & WD	Gordon Island, Ont.	18
	62-216	"	"	18
	62-230	"	"	18
	62-232	"	"	18
<i>S. bicolor</i> var. <i>concolor</i>	58-248	PD	Ruisseau Sorel, Québec	18
	59-66	JRB & RD	Parc la Vérendrye, Québec	18
	59-141	RD	Ile Maligne, Québec	18
	61-278	JRB	Cap Jaseux, Québec	18
	61-279	"	"	18
	61-280	"	"	18
<i>S. Boottii</i>	62-100	JRB & AF	Linville, N.C., E.U.	36
<i>S. californica</i>	59-199	JRB	Pescaderos, Calif., E.U.	18
	59-200	"	"	18
<i>S. canadensis</i> var. <i>canadensis</i>	60-222-2	JH	Sugar Island, Mich., E.U.	18
	60-224-1	"	"	18
	60-224-2	"	"	18
	60-224-3	"	"	18
	63-238-1	JRB & RG	Cap Saint-Jacques, Québec	18
	63-238-2	"	"	18
	63-238-3	"	"	18
	63-238-4	"	"	18
	63-238-5	"	"	18
<i>S. confinis</i>	62-6	—	Valyermo Post Office, Calif., E.U.	18

TABLEAU I (suite)

Taxons	Numéro de récolte	Récolteurs	Localités	Nombres chromosomiques 2n
<i>S. Curtisii</i> var. <i>Curtisii</i>	62-21	JRB & AF	Check, Va., E.U.	18
	62-23	"	"	18
	62-24	"	"	18
	62-80	"	Grandfather Mountain, N.C., E.U.	18
	62-82	"	"	18
	62-83	"	"	18
	62-85	"	"	18
	62-86	"	"	18
	62-87	"	"	18
	62-94	"	"	18
	62-96	"	"	18
62-97	"	"	18	
<i>S. Curtisii</i> var. <i>pubens</i>	62-9	JRB & AF	Stony Man Mountains, Va., E.U.	18
<i>S. decumbens</i> var. <i>oreophila</i>	63-6-1	DM	Lac Laberge, Yukon	18
	63-6-2	"	"	36
	63-6-3	"	"	18
	63-6-4	"	"	18
	63-6-5	"	"	18
<i>S. Drummondii</i>	63-219-2	JRB	Crystal City, Mo., E.U.	18
	63-219-3	"	"	18
	63-220-1	"	"	18
	63-220-3	"	"	18
<i>S. elongata</i>	59-222	JRB, JC & MN	Crane Flat, Yosemite Park, Calif., E.U.	18
	59-237	"	Mather, Calif., E.U.	18
	62-144-1	JRB	Newport, Ore., E.U.	18
	62-144-2	"	"	18
<i>S. flaccidifolia</i>	62-31	JRB & AF	Doughton Camping Area, N.C., E.U.	36
	62-36	"	"	36
	62-38	"	"	36
	62-41	"	"	36
	62-46	"	"	36
	62-48	"	"	36
	62-55	"	"	36
	62-59	"	"	36
	62-60	"	"	36
<i>S. flexicaulis</i>	61-336	JRB & SG	Waveland, Ind., E.U.	36

TABLEAU I (suite)

Taxons	Numéros de récolte	Récolteurs	Localités	Nombres chromosomiques 2n
<i>S. Gattingeri</i>	59-240	HD	Murfreesboro, Tenn., E.U.	18
<i>S. gilvocanescens</i>	63-105	JPB	Otterburne, Man.	36
<i>S. Guiradonis</i>	62-254	PHR & JHT	Bitterwater, Calif., E.U.	18
	62-255	"	"	18
	62-256	"	"	18
<i>S. juncea</i> var. <i>juncea</i>	59-117	JRB & RD	Rivière-aux-Rats, Québec	18+0 ou 2
	59-118	"	"	18
	59-212	DoD	Pont Rouge, Québec	18
	59-213	"	"	18
	62-217	JRB, AF & WD	Gordon Island, Ont.	18
	62-218	"	"	18
	62-219	"	"	18
	62-220	"	"	18
<i>S. ludoviciana</i>	59-262-2	DD	Magazine Mountain, Ark., E.U.	18
<i>S. macrophylla</i> var. <i>thyrsoides</i>	60-169	SK	Mont Jacques-Cartier, Québec	18+3, 5, 7
<i>S. multiradiata</i>	58-250	PD	Mont Albert, Québec	18
	59-220-1	JRB, JC & MN	Timberline, Calif., E.U.	18
	59-220-2	"	"	18
	59-278-1	"	"	18
	59-278-3	"	"	18
	63-52	AL	Fort Chimo, Québec	18
	63-53	"	"	18
	63-55	"	"	18
<i>S. nemoralis</i> var. <i>Haleana</i>	59-259-1	DD	Petit Jean State Park, Ark., E.U.	18
	63-203	JRB	Crystal City, Mo., E.U.	18
	63-204	"	"	18
	63-205	"	"	18
<i>S. nemoralis</i> var. <i>nemoralis</i>	58-282	KLC	Manahawkin, N.J., E.U.	18
	63-239-1	JRB & RG	Cap Saint-Jacques, Québec	18
	63-239-3	"	"	18
	63-239-4	"	"	18
	63-239-5	"	"	18
<i>S. patula</i> var. <i>patula</i>	61-390	JRB & SG	Arcadia, Mich., E.U.	18

TABLEAU I (suite)

Taxons	Numéros de récolte	Récolteurs	Localités	Nombres chromosomiques 2n
<i>S. petiolaris</i> var. <i>petiolaris</i>	63-38-2	DD	Fourche Mountain, Ark., E.U.	18
	63-38-3	"	"	18
	63-38-4	"	"	18
	63-38-5	"	"	18
<i>S. puberula</i> var. <i>puberula</i>	59-119	JRB & RD	Rivière-aux-Rats, Québec	18
	59-120	"	"	18+0 ou 3
	63-35-2	RKG	Lynn Haven, Fla., E.U.	18
	63-35-5	"	"	18
	63-36-4	"	"	18
<i>S. Purshii</i>	57-8-1	EL	Baie James, Québec	36+1
	59-9-1	"	"	36
	59-236-1	WPS	Florence Pond, Mich., E.U.	18
	62-199	JRB, AF & WD	Prescott, Ont.	18
	62-200	"	"	18
	62-201	"	"	18
	62-202	"	"	18
	63-234-1	JRB	Bois-des-Filion, Québec	18
<i>S. radula</i> var. <i>radula</i>	59-260-1	DD	Petit Jean State Park, Ark., E.U.	18
	59-260-3	"	"	18
	63-40-1	"	Smithville, Tenn., E.U.	18
	63-40-2	"	"	18
	63-40-3	"	"	18
	63-40-4	"	"	18
	63-40-5	"	"	18
	63-49-1	"	Little Rock, Ark., E.U.	18
	63-49-2	"	"	18
	63-49-3	"	"	18
	63-49-4	"	"	18
63-49-5	"	"	18	
<i>S. Randii</i>	62-5-1	JEP	Algoma, Ont.	36
	62-5-2	"	"	36
	62-5-3	"	"	36
	62-5-4	"	"	36
	62-5-5	"	"	36
<i>S. rugosa</i> f. <i>rugosa</i>	59-88	JRB & RD	Parc La Vérendrye, Québec	18
	59-89	"	"	18+0, 2, 3
<i>S. sempervirens</i> var. <i>mexicana</i>	57-697-1	FHH	Beaufort, S.C., E.U.	18
	57-697-2	"	"	18

TABLEAU I (suite)

Taxons	Numéros de récolte	Récolteurs	Localités	Nombres chromosomiques 2n
<i>S. spathulata</i>	59-210-1	JRB, TH & LR	Lake Merced, Calif., E.U.	18
	59-218-1	"	"	18
	59-211	"	Twin Peaks, Calif., E.U.	18
	59-211-1	"	"	18
	59-211-3	"	"	18
	60-25	AR	Point Reyes, Calif., E.U.	18
	60-235-2	MN	"	18
<i>S. spectabilis</i>	59-209-2-1	JRB	Mono Lake, Calif., E.U.	18
	59-209-2-4	"	"	18
	59-209-5-3	"	"	18
	59-209-5-4	"	"	18
	60-26-1	AR & SGS	Bridgeport, Calif., E.U.	18
	60-26-2	"	"	18
	60-26-3	"	"	18
	62-7	PHR	Sierraville, Calif., E.U.	18
<i>S. squarrosa</i>	59-91	JRB & RD	Parc La Vérendrye, Québec	18
	59-94	"	"	18
	59-122	"	Rivière-aux-Rats, Québec	18
	62-212	"	Gordon Island, Ont.	18
<i>S. ulmifolia</i> var. <i>Palmeri</i>	63-9-1	DD	Heber Springs, Ark.	18
	63-206	JRB	Crystal City, Mo.	18+5
	63-207	"	"	18
	63-208	"	"	18
	63-209	"	"	18
	63-210	"	"	18
	63-211	"	"	18
<i>S. ulmifolia</i> var. <i>ulmifolia</i>	61-310	JRB & SG	Hovey Lake, Ind., E.U.	18
	61-323	"	Ferdinand State Forest, Ind., E.U.	18
<i>S. Virgaurea</i> var. <i>alpestris</i>	58-306-1	KH	Belanské Tatry, Tchécoslovaquie	18+1
	58-306-2	"	"	18
<i>S. Virgaurea</i> var. <i>Virgaurea</i>	58-304-1	"	Podibrady, Tchécoslovaquie	18
	58-304-2	"	"	18
	58-305-2	"	Bohnice, Tchécoslovaquie	18
	59-256-2	EK	Bas-Rhin, France	18
	60-240-1	RU	Suisse	18
	60-240-3	"	"	18
	60-242-1	AT	Tchécoslovaquie	18
	60-242-4	"	"	18

TABLEAU I (suite)

Taxons	Numéros de récolte	Récolteurs	Localités	Nombres chromosomiques 2n
<i>S. Wrightii</i>	62-1-1	CFD	Flagstaff, Ariz., E.U.	18
	62-1-2	"	"	18
	62-1-3	"	"	18
	62-1-4	"	"	18
	62-1-5	"	"	18
<i>S. Yokusaiana</i>	58-318-2	NT	Honshu, Japon	18
	58-320-1	"		18
	58-320-2	"		18
<i>S. juncea</i> var. <i>juncea</i> X <i>S. nemoralis</i> var. <i>Haleana</i>	61-325-2	JRB	Taswell, Ind.	18
	61-327	"	"	18

A COLLECTION OF MARINE ALGAE FROM NEWFOUNDLAND
II. CHLOROPHYTA AND RHODOPHYTA

ROBERT K. S. LEE

National Museum of Natural Sciences, Ottawa.

Résumé

Seize espèces d'algues vertes et vingt-deux espèces d'algues rouges recueillies à Terre-Neuve sont cataloguées avec indication, le cas échéant, de l'habitat, de la classification et de l'état de reproduction. Sont aussi indiqués les endroits où elles ont été trouvées par l'auteur et ses devanciers, à Terre-Neuve et dans les îles françaises voisines de Saint-Pierre et Miquelon. Pour chacune, on précise les limites connues de répartition géographique, tant au nord qu'au sud: ce sont ordinairement l'Arctique canadien et le Groenland, d'une part, et les États de la Nouvelle-Angleterre, d'autre part. Cinq espèces et une variété d'algues vertes et cinq espèces d'algues rouges sont récoltées dans la région pour la première fois. L'auteur énumère des espèces et des variétés d'algues brunes, vertes et rouges qu'on trouverait à Terre-Neuve mais que lui-même n'a pas recueillies.

Abstract

Sixteen green and 22 red algal species collected from Newfoundland are catalogued with reference, when pertinent, to their habitat, taxonomy, and reproductive condition. Local sites of collection, including the nearby French islands of St. Pierre and Miquelon, of both the author's and previous workers' are given. For each species a statement is made of its known geographical limits of distribution to the north and south, which usually are, respectively, in the Canadian Arctic and Greenland, and in the New England States. Five species and one variety of green algae and five species of red algae are first records. Listed are brown, green, and red algal species and varieties reported to occur on Newfoundland but were not collected by the author.

Species Collected

As in the first part (Lee 1968), which dealt with the Phaeophyta species, voucher specimens have been deposited in the National Herbarium of Canada and in the herbarium at Memorial University of Newfoundland. The collection numbers are the author's and the sites of collection are named according to nautical charts of the Canadian Hydrographic Service.

This two part investigation of the marine algae of Newfoundland is concluded by a checklist of species and varieties reported by various workers to be present on Newfoundland, St. Pierre, or Miquelon, but which were neither collected or studied by the present writer.

CHLOROPHYTA

ULOTRICHALES

Ulothrix flacca (Dillwyn) Thuret.

Farlow 1881, p. 45; Taylor 1957, p. 45, pl. 1, fig. 9; Lund 1959, p. 18; Scagel 1966, p. 27, pl. 16, figs. C-H.

Filaments of this alga were found growing in the intertidal region on *Porphyra umbilicalis* and on rocks. The width of the filaments ranged from 12μ in the vegetative condition to 60μ when the cells were fertile and swollen.

Cape Broyle Harbour: shore along the Cape Broyle village, July 1967 (Coleman).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Northwestern region (Wilce 1959).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Cardigan Strait, N. Devon Island; Tatsip-atâ, W. Greenland; Cape Bismarck, E. Greenland; to North Carolina.

Monostroma fuscum (Postels and Ruprecht) Wittrock.

Kjellman 1883, p. 299; Collins 1903, p. 11; 1909, p. 213; Newton 1931, p. 74; Kylin 1949, p. 14; Scagel 1966, p. 38, pl. 19, fig. D, pl. 20, fig. A; Dube 1967, p. 64, figs. 1-31.

This account extends the southern range of *M. fuscum* var. *fuscum*. Blades with 29-40 μ thick membranes, the cells of which were 8-15 μ wide and 20-37 μ high, were collected from rocks in the intertidal zone and at the 1-2 m depth. Most of the specimens of each collection were fertile.

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2019, 2024).

Cape Broyle Harbour: shore along the Cape Broyle village, July 1967 (Coleman).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. « W. Greenland and E. Greenland » to Newfoundland. The only western Atlantic record for *Monostroma fuscum* var. *fuscum* has been Greenland (Kjellman 1883, Jónsson 1904, and possibly Rosenvinge 1893 and Lund 1959). Another variety, *M. fuscum* var. *blyttii* (Areschoug) Collins, has been collected as far south as Rhode Island (Collins 1903) and as far north (with uncertainty where the variety is concerned) as Pim Island, Smith Sound (Rosenvinge 1926). It has been reported from Newfoundland by Taylor (1957) and Miquelon by Hariot (1889, as *M. blyttii*).

Monostroma grevillei (Thuret) Wittrock.

Farlow 1881, p. 41; Kjellman 1883, p. 298; Collins 1903, p. 12, pl. 41, figs. 4, 5; 1909, p. 209; Newton 1931, p. 75; Taylor 1957, p. 71; Lund 1959, p. 22.

A sterile, 3.5 cm tall specimen was found entangled with filaments of *Urospora mirabilis* in the intertidal zone.

Ferryland Head: near Burns Head, May 1966 (2203y).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Port Saunders (Wilce 1959).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Simmons Peninsula, S. Ellesmere Island; Vaigat, W. Greenland; Nualik, E. Greenland; to New Jersey.

Monostroma pulchrum Farlow.

Farlow 1881, p. 41; Collins 1903, p. 14, pl. 41, figs. 8, 9; 1909, p. 211; Taylor 1957, p. 72.

Specimens of this species were found growing in abundance on a 5 cm tall *Fucus* plant in the lower intertidal zone of an exposed area. The blades were up to 17 cm tall.

Ferryland Head: near Burns Head, May (2176x).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Collins 1903), Frenchmans Head (Wilce 1959), Miquelon (Harriot 1889).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to Connecticut.

Blidingia minima (Nägeli) Kylin.

Collins, 1903, p. 20, pl. 42, figs. 1, 2, as *Enteromorpha micrococca*, p. 24, pl. 42, figs. 9, 10, as *E. minima*; 1909, p. 201, as *E. minima*, p. 204, as *E. micrococca*; Newton 1931, p. 70, as *E. micrococca*, p. 71, as *E. minima*; Smith 1944, p. 50, pl. 5, fig. 8, as *E. minima* and *E. micrococca*; Kylin 1947, p. 181; Taylor 1957, p. 67, as *E. minima* and *E. micrococca*; Scagel 1966, p. 42, pl. 21, figs. C-E.

This species grew with *Urospora mirabilis* filaments in dense stands on rocks situated in the upper intertidal zone. The thalli (all were of var. *minima*) were yellowish green and up to 5 cm tall and 3 mm wide. Many were branched at least once, somewhat equally, near the base. Most of the larger plants were fertile, presumably with zoosporangia.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2107x).

Bay Bulls: shore at Bay Bulls village, July 1967 (Coleman).

Placentia Bay: Point Verde, August 1965 (2134).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Frenchmans Head (Wilce 1959, as *Enteromorpha minima* and *E. micrococca*), St. Pierre (Le Gallo 1947, as *E. minima*).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Dundas Harbour, S. Devon Island; to Connecticut.

Capsosiphon fulvescens (C. Agardh) Setchell and Gardner.

Collins 1903, p. 30, pl. 41, figs. 22-24, as *Ilea fulvescens*; 1909, p. 206, as *I. fulvescens*; Setchell and Gardner 1920, p. 234; Newton 1931, p. 76, fig. 55, as *Capsosiphon aureolus*; Taylor 1957, p. 69.

Thalli measuring up to 1 mm wide and 5 cm long were collected from the intertidal zone on rocks situated at the fringe of a river mouth. These dimensions are near to that described by Setchell and Gardner (1920), but are much smaller than the dimensions of 2 (20) mm wide and 5-20 (100) cm long given by Collins (1903) and, with slight variation, by Taylor (1957).

Conception Bay: mouth of Kelligrews River, August 1964 (1992).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to New Jersey. By specific locality, the northernmost collection site of the species is Mal Baie, Quebec (Cardinal 1967).

Enteromorpha intestinalis (Linnaeus) Link.

Harvey 1858, p. 57; Farlow 1881, p. 43, as *Ulva enteromorpha* var. *intestinalis*; Kjellman 1883, p. 287; Collins 1903, p. 23, pl. 42, figs. 6, 7; 1909, p. 204; Newton 1931, p. 70, fig. 53; Smith 1944, p. 49, pl. 5, figs. 4-6; Taylor 1957, p. 66, pl. 3, fig. 7, pl. 4, figs. 4, 5; Lund 1959, p. 22; Scagel 1966, p. 51, pl. 26, figs. A-Q, pl. 27, figs. A-E.

Sterile and fertile thalli were growing in dense groups on intertidal rocks. They measured up to 1.8 cm wide and 28 cm long. Characteristic of var. *intestinalis*, the blades expanded very gradually from narrow (1.5-2.0 mm) basal portions.

Placentia Bay: Point Verde, August 1965 (2138, 2142).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Frenchmans Head and Port au Choix (Wilce 1959)), St. Pierre (Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Ellesmere Island; Hunde Islands, W. Greenland; Tiningnekelak, E. Greenland; to Caribbean Sea.

Enteromorpha linza (Linnaeus) J. Agardh.

Harvey 1858, p. 59, as *Ulva linza*; Farlow 1881, p. 43, as *Ulva enteromorpha* var. *lanceolata*; Collins 1903, p. 23, pl. 42, fig. 8; 1909, p. 206; Newton 1931, p. 78, as *U. linza*; Smith 1944, p. 44, pl. 3, figs. 4, 5; Taylor 1957, p. 68, pl. 3, fig. 8; Scagel 1966, p. 52, pl. 24, figs. A-F.

Long and slender (up to 54 cm tall and 1 cm wide) specimens were attached to intertidal rocks situated at river outlets. Many were fertile.

Conception Bay: mouth of Kelligrews River, August 1964 (1991); mouth of Manuels River, August 1964 (1994).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. St. Pierre (Le Gallo 1947).
EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Pond Inlet, N. Baffin Island; to Caribbean Sea.

CLADOPHORALES

Rhizoclonium riparium var. *validum* Foslie.

Harvey 1858, p. 88, pl. 46, fig. B, as *Chaetomorpha tortuosa*; Farlow 1881, p. 49, as *Rhizoclonium tortuosum*; Collins 1909, p. 328, as *R. tortuosum*; Smith 1944, p. 62, as *R. tortuosum*; Koster 1955, p. 342; Taylor 1957, p. 80, as *R. tortuosum*; Scagel 1966, p. 74, as *R. riparium* var. *riparium* in part.

This variety was found just below the intertidal zone as pale green masses entangled around branches of *Fucus*. Branches or rhizoids were absent.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2108, 2114a, 2119).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Cumberland Sound, E. Baffin Island; Upernivik, W. Greenland; to North Carolina.

Urospora collabens (C. Agardh) Holmes and Batters.

Farlow 1881, p. 45, as *Ulothrix collabens*; Collins 1909, p. 369, as *Hormiscia collabens*; Newton 1931, p. 95; Taylor 1957, p. 77.

Filaments of this species grew in the lower intertidal zone on rocks and the blades of *Rhodomenia palmata*. They occurred in narrow 1-5.5 cm high tufts.

Witless Bay: shore at Witless Bay village, July 1967 (Coleman).

Ferryland Head: near Burns Head, May 1966 (2179x).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to Massachusetts. According to latitude Mal Baie, Quebec (Cardinal 1967), is the northernmost record for this species.

Urospora mirabilis Areschoug.

Harvey 1858, p. 90, as *Hormotrichum speciosum*; Kjellman 1883, p. 315, as *Urospora penicilliformis*; Collins 1909, p. 368, pl. 15, fig. 133, as *Hormiscia penicilliformis*; Smith 1944, p. 64, pl. 6, figs. 2, 3, as *U. penicilliformis*; Taylor 1957, p. 77, as *U. penicilliformis*; Lund 1959, p. 30, as *U. penicilliformis*; Scagel 1966, p. 78, pl. 36, figs. A-D.

This species, of which there is evidence (Jorde 1933) indicating that it is linked to *Codiolum gregarium* A. Braun in a gametophyte-sporophyte relationship, was found growing in the upper intertidal zone on rocks and just below the

intertidal zone on branches of *Ptilota pectinata*. Of those growing on rocks, during winter (February) they grew among the filaments of *Bangia fuscopurpurea* and during late summer (August) they were associated with either *Codiolum pusillum* or *Blidingia minima*. Reproductive specimens were present in all of the collections.

Specimens in three collections, 2104, 2176y, and Steele's, had basal rhizoids that were both internal and external to the matrix. This same rhizoid condition was noted in specimens from the Faerøe Islands by Børgesen (1902) and from Iceland by Jónsson (1903). Phycologists on the Pacific coast, such as Setchell and Gardner (1920), Smith (1944), and Scagel (1966), consider extramatrical rhizoids to be characteristic of *Urospora mirabilis*.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2104, 2107y).

Conception Bay: near Manuels Rivers, February 1966 (2206).

Logy Bay: February 1965 (Steele).

Ferryland Head: near Burns Head, May 1966 (2176y, 2200a, 2203x).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957, as *Urospora penicilliformis*).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Hackluyt Island, W. Greenland; Scoresbysund, E. Greenland; to New Jersey.

Cladophora gracilis (Griffiths ex Harvey) Kützing.

Farlow 1881, p. 55; Kjellman 1883, p. 308; Collins 1909, p. 342; Newton 1931, p. 85; Taylor 1957, p. 86, pl. 5, fig. 2, pl. 6, figs. 3, 4; Lund 1959, p. 34; Scagel 1966, p. 89, pl. 43, fig. D, pl. 46, fig. A.

Specimens of this species were found growing on rocks in the intertidal zone. They were up to 18 cm tall.

Placentia Bay: Point Verde, August 1965 (2135).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Christianhaab, W. Greenland; Tasiusak, E. Greenland; to Caribbean Sea.

Cladophora rupestris (Linnaeus) Kützing.

Harvey 1858, p. 74; Farlow 1881, p. 51; Collins 1909, p. 346; Newton 1931, p. 83, fig. 59; Taylor 1957, p. 88, pl. 5, fig. 1.

A 2 cm high tuft of this species was found attached to a rock that was about a meter below the sea surface.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2119).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957), Brigg Bay (Wilce 1959), St. Pierre (Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Godhavn, W. Greenland; to Massachusetts.

Spongomorpha arcta (Dillwyn) Kützing.

Harvey 1858, p. 75, as *Cladophora arcta*; Farlow 1881, p. 50, as *C. arcta*; Kjellman 1883, p. 304; Collins 1909, p. 359; Newton 1931, p. 88, as *C. arcta*; Taylor 1957, p. 90, pl. 6, figs. 5, 6; Scagel 1966, p. 96, pl. 37, figs. A-D, pl. 38, fig. A.

The specimens were attached to rocks and shells of *Mytilus edulis* from the lower intertidal zone down to about the 2 m depth. They occurred as yellowish to dark green hemispherical tufts that were up to 6 cm tall.

Conception Bay: near Avondale, April 1966 (2171); near Chamberlains, July 1967 (Coleman).

Logy Bay: July 1967 (Coleman).

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2011).

Ferryland Head: near Burns Head, May 1966 (2189, 2195, 2203).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957), Miquelon (Hariat 1889), St. Pierre (Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Smith Sound to New Jersey.

Spongomorpha spinescens Kützing.

Kjellman 1883, p. 304; Collins 1909, p. 360, pl. 14, fig. 126, also as *Spongomorpha arcta* f. *pulvinata*; Taylor 1957, p. 90; Scagel 1966, p. 100, pl. 41, figs. E, F, pl. 42, figs. A-I.

The specimens were collected from about the 2 m depth. Characteristic of the species, the filaments were relatively free above but densely intertwined below by simple, hooked branchlets.

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2031).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to Massachusetts. Before this report the northernmost account of the species was Mahone Bay, Nova Scotia (Bell and MacFarlane 1933).

CHLOROCOCCALES

Codiolum pusillum (Lyngbye) Kjellman.

Kjellman 1883, p. 318; Børgesen 1902, p. 518, fig. 107; Collins 1909, p. 153, as *Codiolum pusillum* f. *typicum*; Newton 1931, p. 53; Taylor 1957, p. 41.

Cells of this species occurred among filaments of *Urospora mirabilis* on the sides of rocks in the upper intertidal zone. The expansion of the cells from the base to the pigmented section was gradual and uniform. Except for a wider shape (up to 132μ), the specimens correspond to descriptions of f. *pusillum*.

It may eventually be shown that *Codiolum pusillum* is but a stage in the life cycle of another species, such as the alternation of generation relationship indicated between *C. gregarium* A. Braun and *Urospora mirabilis* Areschoug by Jorde (1933) and between *C. petrocelidis* Kuckuck and *Spongomorpha coalita* (Ruprecht) Collins by Fan (1959). Of these four « species », only *U. mirabilis* is known from Newfoundland. But it should be noted that *C. longipes* Foslie, reported by Taylor (1957, as *C. pusillum* f. *longipes*) to be present on Newfoundland, is, as Kjellman (1883) and Børghesen (1902) have pointed out, similar to *C. gregarium*. Both species have cells with club-shaped heads that are sharply delimited from the narrow stipitate portion.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2103).

Witless Bay; near Kellis Point, September 1964 (2006x).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to Maine. Besides Newfoundland and Maine, *Codiolum pusillum* is known from Chaleur Bay, Quebec (Cardinal 1967), and Nova Scotia (Bell and MacFarlane 1933).

RHODOPHYTA

BANGIALES

Bangia fuscopurpurea (Dillwyn) Lyngbye.

Harvey 1858, p. 54; Farlow 1881, p. 112; Kjellman 1883, p. 192; Newton 1931, p. 238, fig. 145; Scagel 1957, p. 126; Taylor 1957, p. 204, pl. 28, figs. 10-12.

Plants of this species occurred in dense, dark red to blackish stands on rocks situated in the upper intertidal region. They were seen only in February. Some of the specimens collected had carpogonial structures.

Conception Bay: near Manuels River, February 1966 (2204).

Logy Bay: February 1965 (Steele).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Frenchmans Head (Wilce 1959), St. Pierre (Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Inilik, W. Greenland; to North Carolina.

Porphyra umbilicalis (Linnaeus) J. Agardh.

Kjellman 1883, p. 190, as *Porphyra laciniata* f. *umbilicalis*; Newton 1931, p. 240, fig. 146; Scagel 1957, p. 131; Taylor 1957, p. 206, pl. 30, figs. 1-3, in part; Kornmann 1961, p. 178, figs. 2, 3, 10, 11; Conway 1964, p. 349, figs. 1-15; Edelstein and McLachlan 1966, p. 119, pl. 2, in part.

Specimens with thallus lengths ranging from 5 to 30 cm were collected from rocks located in the lower intertidal zone. Spore formation was evident in nearly every specimen.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2123).

Conception Bay: Bell Island, July 1967 (Coleman).

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2020).

Cape Broyle Harbour: shore along the Cape Broyle village, July 1967 (Coleman).

Placentia Bay: Point Verde, August 1965 (2127).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Taylor (1957) has reported *Porphyra umbilicalis* from Newfoundland but his treatment of this species includes *P. purpurea* (Roth) C. Agardh (as *P. laciniata*). Le Gallo (1947) lists *P. umbilicalis* from St. Pierre but since he followed Taylor's arrangement of species (Taylor's 1957 study was first published in 1937), it is uncertain whether he found both *P. umbilicalis* and *P. purpurea* or only one of them.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. With doubt due to the conflicting treatment of *Porphyra umbilicalis* and *P. purpurea* – Holsteinsborg, W. Greenland; to New Jersey.

CRYPTONEMIALES

Clathromorphum compactum (Kjellman) Foslie.

Kjellman 1883, p. 101, pl. 6, figs. 8-12, as *Lithothamnium compactum*; Foslie 1905, p. 88, as *Phymatolithon compactum*; 1929, p. 28, pl. 41, figs. 1-13, also as *Clathromorphum evanescens*; Mason 1953, p. 331, pl. 37, fig. c, p. 332, pl. 36, fig. b, pl. 37, fig. d, as *C. circumscriptum*; Taylor 1957, p. 243, as *P. compactum* and *P. evanescens*; Lund 1959, p. 200, as *L. compactum*; Adey 1965, p. 540, pls. 1-5 in part, as *C. circumscriptum*, p. 541, pls. 1-5 in part.

Dome shaped crusts, pink to rose-purple and up to 2.5 cm thick, were collected from depths between 3 and 7 m. Microsections showed that the crusts were made up of superimposed layers of adventitious growth. The layers, each of which had a distinct 11-73 μ thick hypothallus, were strongly adherent even after decalcification. Conceptacles, whose cavities measured 140-180 μ high and 140-340 μ wide, were present but from the sections made it was not possible to determine whether they were tetrasporangial or sexual.

After a detailed study of *Clathromorphum* specimens from the Gulf of Maine, Adey (1965) has maintained that *C. compactum* and *C. circumscriptum* are two distinct species. But the morphological data he presents in attempting to make the distinction seems, to the contrary, to support Foslie's (1905) early contention that they are of one species.

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2029).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Foslie 1905, as *Phymatolithon compactum*).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Rice Strait, Smith Sound; Upernivik, W. Greenland; Scoresby Sund, E. Greenland; to Massachusetts.

Lithothamnium glaciale Kjellman.

Kjellman 1883, p. 93, pls. 2, 3; Foslie 1905, p. 26; 1929, p. 41, pls. 23, 24; Taylor 1957, p. 247; Lund 1959, p. 199.

Crustose specimens with few to many nodulose outgrowths were collected from the 2-3 m depth and dredged from depths of 45-50 m. Except for one specimen encrusting a shell of *Modiolus modiolus* (L.), the horse mussel, they grew on rocks. Some of the specimens were asexual with bispores contained in conceptacle cavities that measured 50-190 μ high and 130-218 μ wide. Other specimens were spermatangial bearing dendroidal clusters of spermatangia in conceptacle cavities that were 81-190 μ high and 116-319 μ wide.

Conception Bay: near Manuels River, July 1965 (2032a, 2032b, 2033a, 2033b); dredged off Bell Rock, September 1965 (2156).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Foslie 1905); Topsail, Conception Bay (Collins, Holden and Setchell 1902, No. LXV).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Harbour Fjord, S. Ellesmere Island; Prøven, W. Greenland; Danmarks Havn, E. Greenland; to Massachusetts.

Lithothamnium tophiforme Unger.

Kjellman 1883, p. 88, pl. 1, as *Lithothamnium soriferum*; Rosenvinge 1893, p. 772, figs. 1, 2, as *L. soriferum* and *L. flabellatum*; Foslie 1905, p. 49, as *L. soriferum*, p. 51; 1929, p. 46, pls. 19, 20, also as *L. soriferum*; Taylor 1957, p. 249; Lund 1959, p. 199.

This branching melobesioid was collected at the 2-3 m depth and dredged from depths of 20-25 m and 45-50 m. The 2-3 m depth specimens were free-living forms that laid in shallow gravel pockets about 10 m off shore. They had a spherical shape (thus referable to *L. tophiforme* f. *sphaerica* Foslie) with diameters of 3-7 cm. Corallines of this growth habit were frequently seen cast on the shore. Whereas the shallow-water specimens were colored rose-purple, those dredged from deep water were yellow-brown to pale purple. Most of the deep-water specimens were attached to rocks or bivalves, such as *Arctica islandica* (L.); a few were free-living, forming hemispherical masses up to 14 cm in diameter. Tetrasporangia, which were in conceptacle cavities 100-170 μ high and 190-300 μ wide, were the only reproductive structures observed.

Conception Bay: near Manuels River, July 1965 (2034, 2036); dredged between Kellys Island and Bell Island (2145, 2146, 2147) and off Bell Rock (2149, 2150, 2155), September 1965.

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Prøven, W. Greenland; Danmarks Havn, E. Greenland; to Maine.

Corallina officinalis Linnaeus.

Harvey 1853, p. 83; Farlow 1881, p. 179; Kjellman 1883, p. 86; Scagel 1957, p. 156; Taylor 1957, p. 254, pl. 36, figs. 1-5.

This species, of which several varieties have been described, was seen only at depths greater than 2 m. The specimens collected could be divided into two groups of branching types. One type had pinnate branchlets, which are typical of the species, the other type had irregularly placed alternate branches. The growth form also differed in that those without pinnules usually occurred in hemispherical tufts. Microsections showed that both types had unizonal genicula and multizonal intergenicula.

Conception Bay: near Avondale, April 1966 (2164, 2165, 2166).

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2028).

Placentia Bay: Gooseberry Cove, April 1966 (2162).

Port au Port Bay: off Black Head, July 1965 (2062, 2074); near Fox Island, July 1965 (2082); American Bank, July 1965 (2088).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957), northwestern region (Wilce 1959), Miquelon (Hariot 1889), St. Pierre (Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Disko Island, W. Greenland; to Brazil.

Euthora cristata (Linnaeus ex Turner) J. Agardh.

Harvey 1853, p. 150; Farlow 1881, p. 153; Kjellman 1883, p. 145; Newton 1931, p. 422, fig. 252; Taylor 1957, p. 256, pl. 60, figs. 2, 3; Lund 1959, p. 201.

Tetrasporic plants were attached to the holdfast of a *Laminaria* collected from about the 10 m depth. They were up to 3 cm tall, with well branched main axes that were 1.2 mm wide or less.

Tor Bay: near Outer Cove, June 1965 (2044).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. St. Pierre (De la Pylaie 1829, as *Delesseria cristata*).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Hell Gate, S. Ellesmere Island; Bjørling Island, W. Greenland; Koldewey Island, E. Greenland; to New Jersey.

GIGARTINALES

Cystoclonium purpureum (Hudson) Batters.

Harvey 1853, p. 170, as *Cystoclonium purpurascens*; Farlow 1881, p. 147, as *C. purpurascens*; Kjellman 1883, p. 159, as *C. purpurascens*; Newton 1931, p. 418, fig. 250; Taylor 1957, p. 268, pl. 37, figs. 5-7.

The specimens occurred as epiphytes on *Phyllophora membranifolia* at depths between 1.5 and 6 m. They were well branched and up to 18 cm tall. The color varied from purplish red to yellowish green. All of the specimens were tetrasporic.

Port au Port Bay: off Black Head, July 1965 (2070, 2071).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Egedesminde, W. Greenland; to New Jersey.

Ahnfeltia plicata (Hudson) Fries.

Harvey 1853, p. 168; Farlow 1881, p. 147; Kjellman 1883, p. 166; Newton 1931, p. 414, fig. 246; Smith 1944, p. 271, pl. 64, figs. 2, 3; Scagel 1957, p. 183; Taylor 1957, p. 275, pl. 37, fig. 1, pl. 40, fig. 6; Lund 1959, p. 214.

A 6 cm high, sterile specimen of this species was found attached to a small boulder at a depth of 4-5 m.

Port au Port Bay: American Bank, July 1965 (2089).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Cooks Brook, Frenchmans Head, and Brigg Bay (Wilce 1959); Miquelon (Hariot 1889, Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Dundas Harbour, S. Devon Island; Fame Øer, E. Greenland; to New Jersey.

Phyllophora membranifolia (Goodenough and Woodward) J. Agardh.

Harvey 1853, p. 165; Farlow 1881, p. 145; Kjellman 1883, p. 165; Kylin 1928, p. 54, fig. 33; Newton 1931, p. 410; Taylor 1957, p. 278, pl. 39, fig. 1.

Plants of this species were attached to small boulders at the 1.5-6 m depth. They measured 6-15 cm tall. Carpogonial-like structures were present in the cortex of some blade sections. Some of the specimens supported tall growths of *Cystoclonium purpureum*.

Port au Port Bay: off Black Head, July 1965 (2072).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Northwestern area (Wilce 1959).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Cumberland Sound, E. Baffin Island; to New Jersey.

Chondrus crispus Stackhouse.

Harvey 1853, p. 181; Farlow 1881, p. 148; Kjellman 1883, p. 167; Newton 1931, p. 404, fig. 241; Taylor 1957, p. 281, pl. 39, figs. 3-6, pl. 40, fig. 4.

Only one of the collections (no. 2016) was intertidal. The others were found at depths between 1 and 6 m. An important commercial alga of the Maritime Provinces to the south, it was not seen in any great abundance. Opposite Black Head in Port au Port Bay, for example, the plants grew in 15-33 cm wide patches, which usually included varying amounts of *Laminaria saccharina*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, *Punctaria plantaginea*, *Chorda filum*, and *Rhodymenia palmata*. There was rarely more than one patch in a square meter.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2121).

Conception Bay: near Avondale, April 1966 (2174).

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2016).

Port au Port Bay: off Black Head, July 1965 (2073); near Fox Island, July 1965 (2078); American Bank, July 1965 (2087).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Various localities on the Avalon Peninsula, east shore of Fortune Bay, and southeast section of Notre Dame Bay (Humm 1948); « northern » section (Wilce 1959).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to New Jersey.

RHODYMENIALES

Halosaccion ramentaceum (Linnaeus) J. Agardh.

Harvey 1853, p. 194, pl. 29, figs. 1-3; Farlow 1881, p. 143; Kjellman 1883, p. 153, pl. 12, fig. 4, pl. 13, figs. 1-4; Taylor 1957, p. 284; Lund 1959, p. 216.

This species usually grew in dense populations from the lower intertidal region to about the 2 m depth. Tetrasporic specimens were present in all of the collections.

Conception Bay: near Avondale, April 1966 (2170).

Logy Bay: July 1967 (Coleman).

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2025, 2026, 2027).

Ferryland Head: near Burns Head, May 1966 (2178, 2186, 2187, 2188).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Postels and Ruprecht 1840, as *Dumontia sobolifera*), northwest coast (Wilce 1959), Miquelon (Hariat 1889), St. Pierre (Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Pim Island, Smith Sound; Bjørling Island, W. Greenland; Danmarks Havn, E. Greenland; to Massachusetts.

Rhodymenia palmata (Linnaeus) Greville.

Harvey 1853, p. 148, Farlow 1881, p. 150; Kjellman 1883, p. 147; Newton 1931, p. 435; Scagel 1957, p. 197; Taylor 1957, p. 285, pl. 47, fig. 7, pl. 42, fig. 3; Lund 1959, p. 217.

Rhodymenia palmata is the only polystromatic, membranous red alga found on Newfoundland. It is also the largest of the red algal species present with blades up to 40 cm high and 15 cm wide. It grew on rocks from the lower intertidal region to depths of 6 m. Of the specimens collected some were sterile, others were tetrasporangial.

Conception Bay: near Manuels River, July 1965 (2042); near Avondale, April 1966 (2169).

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2001, 2002, 2030).

Ferryland Head: near Burns Head, May 1966 (2175, 2179, 2185, 2198, 2201).

Port au Port Bay: off Black Head, July 1965 (2056, 2058).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. Miquelon (Hariot 1889), St. Pierre (De la Pylaie 1829, as *Isomenia palmata*; Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Northumberland Sound, W. Devon Island; Foulke Fjord, W. Greenland; Nualik, E. Greenland; to New Jersey.

CERAMIALES

Trailiella intricata Batters.

Lewis and Taylor 1928, p. 196; Newton 1931, p. 364, fig. 219; Scagel 1957, p. 200; Taylor 1957, p. 291, pl. 45, figs. 3-5.

The specimens grew on old branches of an *Ascophyllum nodosum* thallus collected at a depth between 2 and 6 m. Sporangia were absent. Studies by Harder (1948) and Koch (1950) have shown *Trailiella intricata* to be the sporophyte and *Bonnemaisonia hamifera* Hariot to be the gametophyte of a single species. This species should be referred to as *B. hamifera* (Dixon 1959), but because of the great difference in the known geographical distribution of the two life cycle phases, I have retained for reference purposes the species designation of the asexual stage. According to Taylor's (1957) remarks on distribution, the northern limits for *T. intricata* and *B. hamifera* (as *Asparagopsis hamifera*) are Newfoundland and Massachusetts respectively.

Port au Port Bay: off Black Head, July 1965 (2075x).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957), Frenchmans Head (Wilce 1959).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to Long Island.

Antithamnion cruciatum (C. Agardh) Nägeli.

Harvey 1853, p. 240, as *Callithamnion cruciatum*; Farlow 1881, p. 122, as *C. cruciatum*; Newton 1931, p. 388, fig. 232; Taylor 1957, p. 294, pl. 44, fig. 3, pl. 45, figs. 6-8.

This species was a common epiphyte on deep water (20-26 m) specimens of *Ptilota pectinata*. The plants were small, less than 5 mm high, with very sparse alternate main branching. Reproductive structures were absent.

Conception Bay: dredged between Kellys Island and Little Bell Island, September 1965 (2148y).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to New Jersey. Before this report the northernmost collection of the species was made at Prince Edward Island (Bell and MacFarlane 1933).

Ceramium rubrum (Hudson) C. Agardh.

Harvey 1853, p. 213; Farlow 1881, p. 135; Kjellman 1883, p. 170, pl. 15, fig. 7; Newton 1931, p. 400, fig. 239, Scagel 1957, p. 212; Taylor 1957, p. 315, pl. 47, fig. 1, pl. 52, figs. 5-7.

Tetrasporic specimens of this species were found growing on branches of *Rhodomela confervoides* within the 0.5-2 m depth. They were up to 5 cm tall.

Conception Bay: near Avondale, April 1966 (2172a).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Agardh 1851), Miquelon (Hariat 1889), St. Pierre (Le Gallo 1947).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Cumberland Sound, E. Baffin Island; Godhavn, W. Greenland; to Caribbean Sea.

Ptilota pectinata (Gunnerus) Kjellman.

Harvey 1853, p. 222, as *Ptilota serrata*; Farlow 1881, p. 133, as *P. serrata*; Kjellman 1883, p. 174, pl. 15, figs. 1-6; Scagel 1957, p. 217; Taylor 1957, p. 306, pl. 52, fig. 1, as *P. serrata*; Lund 1959, p. 220.

A common species of deep water, it was brought up in great abundance from a series of dredgings made at 20-26 m depths in the southeast section of Conception Bay. They were attached to rocks, *Lithothamnium tophiforme*, and the holdfasts of *Agarum cribrosum*. At Ferryland Head the plants grew just below the intertidal zone, and at Witless Bay they were seen only at depths greater than 3 m. The plants from deep water branched a great deal more and were larger, up to 17 cm tall, than those from shallow water. Both tetrasporic and carpogonial plants were collected.

Conception Bay: dredged between Kellys Island and Manuels River (2144), between Kellys Island and Little Bell Island (2148), and between Kellys Island and Long Pond (2159), September 1965.

Witless Bay: near Kellis Point, September 1964 (2004).

Ferryland Head: near Burns Head, May 1966 (2200).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Agardh 1851), St. Pierre (Le Gallo 1947, as *Plumaria pectinata*).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Cape Vera, N. Devon Island; Bjørling Island, W. Greenland; Sabine \emptyset , E. Greenland; to New Jersey.

Pantoneura baerii (Postels and Ruprecht) Kylin.

Kjellman 1883, p. 132, as *Delesseria baerii*, p. 133, pl. 10, fig. 3, as *D. corymbosa*; Kylin 1924, p. 18, including *Pantoneura corymbosa*; Taylor 1957, p. 320, pl. 44, fig. 6; Lund 1959, p. 220; Lamb and Zimmerman 1964, p. 234, pl. 1301, figs. 1, 2.

Up to 3 cm tall sterile plants were found attached to the branches of *Ptilota pectinata* dredged from depths of 20-26 m. The widest branches were only 0.4 mm wide.

Conception Bay: dredged between Kellys Island and Manuels River (2144x), between Kellys Island and Little Bell Island (2148x), and between Kellys Island and Long Pond (2159x), September 1965.

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Craig Harbour, S. Ellesmere Island; Bjørling Island, W. Greenland; Sabine \emptyset , E. Greenland; to Massachusetts.

Polysiphonia nigrescens (Hudson) Greville.

Harvey 1853, p. 49, pl. 17, figs. C1-C3; Farlow 1881, p. 174; Kjellman 1883, p. 126; Newton 1931, p. 350, fig. 212; Taylor 1957, p. 340, pl. 56, fig. 2, pl. 58, figs. 11, 12, pl. 59, figs. 2, 3.

Several, up to 14 cm high, specimens were attached to the main axis of a subtidally growing *Ascophyllum nodosum* plant. The color of the specimens ranged from light reddish-brown on the upper extremities to purplish black below. In the upper branchlets the length of the segments were 1.5 to 2 times the width and were composed of 4-12 pericentral cells. Trichoblasts were present. In older parts the segments were slightly corticated and were up to 630 μ wide and 0.5-2.5 diameters long. Cross sections made near the base of the thalli showed as many as 16 pericentral cells. Some specimens had tetrasporangia, others had spermatangia.

Port au Port Bay: off Black Head, July 1965 (2075).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. James Bay, S. Hudson Bay; to South Carolina.

Polysiphonia novae-angliae Taylor.

Taylor 1937, p. 232, pl. 26, figs. 2, 3, pl. 27, figs. 4, 5; 1957, p. 336, pl. 58, figs. 6-10, pl. 59, figs. 5, 6.

Specimens that best fit the description of this species, which Taylor (1937) has distinguished from *Polysiphonia violacea* (Roth) Greville and *P. fibrillosa* (Dillwyn) Harvey mainly on the basis of branch origin, were found growing on rocks at the 1-2 m depth. They were up to 16 cm tall and were colored very lightly in the uppermost branches, brownish red in median portions, and nearly black at the base. The texture was soft and branching was dense, especially in the upper portions. The young branchlets, which were the only parts not corticated, had four pericentral cells forming branch segments that were generally longer than wide. Older segments, when not obscured by cortical cells, were usually shorter than wide. The width of the alternately arranged branches varied from 30μ for the young, uncorticated ones to 700μ for those that were older and corticated. Trichoblasts were present. Some specimens had cystocarps, others had tetrasporangia.

Trinity Bay: near Island Cove, August 1965 (2118, 2122).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. None.

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Newfoundland to Massachusetts. Taylor (1957) has reported this species as occurring from Quebec to Massachusetts.

Polysiphonia urceolata (Dillwyn) Greville.

Harvey 1853, p. 32; Farlow 1881, p. 170; Kjellman 1883, p. 118; Newton 1931, p. 346; Scagel 1957, p. 234; Taylor 1957, p. 337; Lund 1959, p. 223.

This species was collected from the lower intertidal zone at Placentia Bay, the 2-4 m depth in Port au Port Bay, and dredged from about the 22 m depth in Conception Bay. The thalli were up to 29 cm tall with relatively sparse branching. Branch tips of the plants collected from Port au Port Bay and Placentia Bay were associated with branched trichoblasts. Some plants from Placentia Bay were tetrasporic.

Conception Bay: dredged between Kellys Island and Long Pond, September 1965 (2161).

Placentia Bay: Point Verde, August 1965 (2136x).

Port au Port Bay: near Fox Island, July 1965 (2080).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957), Port au Choix (Wilce 1959).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Cape Cockburn, S. Bathurst Island; Upernivik, W. Greenland; Kangerdlugssuaq, E. Greenland; to New Jersey.

Rhodomela confervoides (Hudson) Silva.

Harvey 1853, p. 26, as *Rhodomela subfusca*; Farlow 1881, p. 169, as *R. subfusca*; Newton 1931, p. 336, fig. 207, as *R. subfusca*; Taylor 1957, p. 344, pl. 40, fig. 9.

Sterile specimens were collected from rocks at the 0.5-2 m depth. They were densely branched and up to 14 cm tall. Some plants supported epiphytes, such as *Ceramium rubrum* and *Ectocarpus confervoides*.

Conception Bay: near Avondale, April 1966 (2172).

PREVIOUS NEWFOUNDLAND RECORD. (Taylor 1957), Miquelon (Hariot 1889, as *Rhodomela subfusca*), St. Pierre (Le Gallo 1947, as *R. subfusca*).

EASTERN N. AMERICA DISTRIBUTION. Cumberland Sound, E. Baffin Island; Upernivik, W. Greenland; to New Jersey.

Species Not Collected

The reported occurrence on the islands concerned of some of the species and varieties listed below is questionable, but others (as well as unreported ones) will no doubt appear in future collections. Also, the taxonomic status of a number of these species, especially those of the Cladophorales, Laminariales, and Fucales, needs to be re-evaluated.

CHLOROPHYTA

ULOTRICHALES

Bolbocoleon piliferum Pringsheim – (Collins 1909).

Monostroma fuscum var. *blyttii* (Areschoug) Collins – (Taylor 1957), Miquelon (Hariot 1889).

Monostroma oxyspermum (Kützing) Doty – St. John's Harbour (Collins, Holden and Setchell 1898, No. 406, as *M. undulatum* var. *farlowii*), Port au Choix (Wilce 1959).

Enteromorpha clathrata (Roth) J. Agardh – Miquelon (Hariot 1889, as *Ulva clathrata*).

Ulva lactuca Linnaeus – (Taylor 1957), St. Pierre (Le Gallo 1947).

CLADOPHORALES

Chaetomorpha atrovirens Taylor – (Taylor 1957), Miquelon and St. Pierre (Le Gallo 1947).

Chaetomorpha melagonium (Weber and Mohr) Kützing – St. Pierre (Le Gallo 1947).

- Cladophora albida* (Hudson) Kützing – St. Pierre (Le Gallo 1947).
Cladophora expansa (Mertens) Kützing – (Collins 1909), St. Pierre (Le Gallo 1947).
Cladophora flexuosa (Dillwyn) Harvey – (Collins 1909), St. Pierre (Le Gallo 1947).
Spongomorpha hystrix Strömfelt – ocean shore near St. John's (Collins, Holden and Setchell 1902, No. 982, as *Cladophora hystrix*).
Spongomorpha lanosa (Roth) Kützing – (Taylor 1957).

CHLOROCOCCALES

- Codiolum longipes* Foslie – (Taylor 1957, as *C. pusillum* t. *tongipes*).

PHAEOPHYTA

ECTOCARPALES

- Sorocarpus micromorus* (Bory) Silva – Miquelon (Hariot 1889, as *S. uvaeformis*).
Ralfsia fungiformis (Gunnerus) Setchell and Gardner – (Harvey 1853, as *Peyssonnelia imbricata*).

SPHACELARIALES

- Sphacelaria radicans* (Dillwyn) C. Agardh – (Taylor 1957).
Chaetopteris plumosa (Lyngbye) Kützing – (Taylor 1957).

CHORDARIALES

- Elachistea lubrica* Ruprecht – Narrows of St. John's Harbour (Collins, Holden and Setchell 1898, No. 480).
Eudesme virescens (Carmichael) J. Agardh – (Taylor 1957).
Eudesme zosterae (J. Agardh) Kylin – St. Pierre (Le Gallo 1947).
Sphaerotrichia divaricata (C. Agardh) Kylin – (Taylor 1957).
Leathesia difformis (Linnaeus) Areschoug – (Taylor 1957).

DICTYOSIPHONALES

- Stictyosiphon tortilis* (Ruprecht) Reinke – Frenchmans Head (Wilce 1959).
Delamarea attenuata (Kjellman) Rosenvinge – Miquelon (Hariot 1889, as *D. paradoxo*).
Asperococcus echinatus (Mertens) Greville – (Taylor 1957).
Omphalophyllum ulvaceum Rosenvinge – Miquelon (Taylor 1957).
Dictyosiphon foeniculaceus f. *hippuroides* (Lyngbye) Levring – (Taylor 1957).
Dictyosiphon foeniculaceus f. *hispidus* (Kjellman) Collins – (Taylor 1957), St. Pierre (Le Gallo 1947).

LAMINARIALES

- Laminaria digitata* (Hudson) Lamouroux – Miquelon (Hariot 1889, as *L. flexicaulis*; Le Gallo 1947).
Laminaria longicyuris De la Pylaie – (De la Pylaie 1825, 1829), St. Pierre (De la Pylaie 1825, 1829), Miquelon (De la Pylaie 1825, Hariot 1889).

- Laminaria platymeris* De la Pylaie – Miquelon (Hariot 1889, as *L. cloustoni*; De la Pylaie 1829), St. Pierre (De la Pylaie 1829).
Laminaria stenophylla (Kützting) J. Agardh – (De la Pylaie 1829, as *L. stenoloba*).
Alaria pylaii (Bory) Greville – (De la Pylaie 1829, as *Laminaria pylaii*).

FUCALES

- Fucus bicornis* De la Pylaie – St. Pierre (De la Pylaie 1829).
Fucus fueci De la Pylaie – Miquelon (De la Pylaie 1829), St. Pierre (De la Pylaie 1829, Hariot 1889).
Fucus microphyllus De la Pylaie – Hare Bay, St. Anthony, Cape Rouge Harbour, and Ingornachoix Bay (De la Pylaie 1829).
Fucus spiralis Linnaeus – southern region (De la Pylaie 1829, as *F. vesiculosus* var. *spiralis*).

RHODOPHYTA

BANGIALES

- Porphyra linearis* Greville – St. John's (Collins 1903).
Porphyra miniata (Lyngbye) C. Agardh – St. John's Harbour (Collins, Holden and Setchell 1897, No. 377).

CRYPTONEMIALES

- Dumontia incrassata* (O. F. Müller) Lamouroux – Frenchmans Head (Wilce 1959).
Peyssonnelia rosenvingii Schmitz – northwestern section (Wilce 1959).
Lithothamnium laeve (Strömfelt) Foslie – (Foslie 1905), northwestern section (Wilce 1959).
Lithothamnium lenormandi (Areschoug) Foslie – northwestern section (Wilce 1959).
Phymatolithon laevigatum (Foslie) Foslie – (Foslie 1905).
Gloiosiphonia capillaris (Hudson) Carmichael – (Taylor 1957).

GIGARTINALES

- Rhodophyllis dichotoma* (Lepeschkin) Gobi – (Taylor 1957), St. Pierre (Le Gallo 1947).
Furcellaria fastigiata (Linnaeus) Lamouroux – Miquelon and St. Pierre (De la Pylaie 1829).
Phyllophora brodiaei (Turner) J. Agardh – (Taylor 1957).
Gigartina stellata (Stackhouse) Batters – (Agardh 1851, as *G. mamillosa*), Miquelon (Hariot 1889, as *G. mamillosa*), St. Pierre (Le Gallo 1947).

CERAMIALES

- Antithamnion floccosum* (O. F. Müller) Kleen – St. Pierre (Le Gallo 1947).
Antithamnion pylaisaei (Montagne) Kjellman – (Harvey 1853, as *Callithamnion pylaisaei*).
Ptilota plumosa (Hudson) C. Agardh – (De la Pylaie 1829), Miquelon (Hariot 1889).
Phycodrys fimbriata (De la Pylaie) Kylin – (Agardh 1852, as *Delesseria fimbriata*).
Phycodrys rubens (Hudson) Batters – St. Pierre (Le Gallo 1947).

- Polysiphonia fibrillosa* (Dillwyn) Harvey – (Agardh 1863).
Polysiphonia lanosa (Linnaeus) Tandy – (Agardh 1863, as *P. fastigiata*), St. Pierre (Le Gallo 1947).
Rhodomela lycopodioides (Linnaeus) C. Agardh – (Taylor 1957).
Odonthalia floccosa (Esper) Falkenberg – St. Pierre (Taylor 1957).

Acknowledgments

This study was aided in part by National Research Council Grant A-2376. I am grateful to Mr. Hugh Lilly, Geology Department, Memorial University of Newfoundland, whose enthusiasm and skill in scuba diving made many of the subtidal collections possible, and Dr. Arthur H. Clarke, Jr., National Museum of Natural Sciences, Ottawa, for identifying molluscan specimens.

References

- ADEY, W.H., 1965. The genus *Clathromorphum* (Corallinaceae) in the Gulf of Maine. *Hydrobiologia*, **26**, 539-573.
- AGARDH, J.G., 1851. Species genera et ordines algarum. . . . Vol. 2. Part 1, pp. xii + 1-336, addenda 337-351. C.W.K. Gleerup, Lund.
- AGARDH, J.G., 1852. Species genera et ordines algarum. . . . Vol. 2. Part 2, pp. 337-700, addenda 701-720. C.W.K. Gleerup, Lund.
- AGARDH, J.G., 1863. Species genera et ordines algarum. . . . Vol. 2. Part 3, pp. 701-1291. C.W.K. Gleerup, Lund.
- BELL, H.P., and C. MACFARLANE, 1933. The marine algae of the maritime provinces of Canada. I. List of species with their distribution and prevalence. *Can. J. Research*, **9**, 265-279.
- BØRGENSEN, F., 1902. Marine algae. Botany Faerøes, **2**, 339-532.
- CARDINAL, A., 1967. Inventaire des algues marines benthiques de la baie des Chaleurs et de la baie de Gaspé (Québec). II. Chlorophycées. *Naturaliste can.*, **94**, 447-469.
- COLLINS, F.S., 1903. The Ulvaceae of North America. *Rhodora*, **5**, 1-31.
- COLLINS, F.S., 1909. The green algae of North America. *Tufts College Studies (Sci. Ser.)*, **2**, 79-480.
- COLLINS, F.S., I. Holden, and W.A. Setchell, 1895-1919. Phycotheca boreali-americana. Exsiccata Fascicles 1-14. A.-E. Malden, Massachusetts.
- CONWAY, E., 1964. Autecological studies of the genus *Porphyra*: II. *Porphyra umbilicalis* (L.) J. Ag. *British Phycol. Bull.*, **2**, 349-363.
- DE LA PYLAIE, A.J.M.B., 1825. Quelques observations sur les productions de l'île de Terre-Neuve, et sur quelques algues de la côte de France appartenant au genre Laminaire. *Ann. Sci. Nat.*, **4**, 174-184.
- DE LA PYLAIE, A.J.M.B., 1829. Flore de l'île de Terre-Neuve et des îles St-Pierre et Miquelon. Paris, 128 pp.

- DIXON, P.S., 1959. Taxonomic and nomenclatural notes on the Florideae, I. *Bot. Notiser*, **112**, 339-352.
- DUBE, M.A., 1967. On the life history of *Monostroma fuscum* (Postels et Ruprecht) Wittrock. *J. Phycol.*, **3**, 64-73.
- EDELSTEIN, T., and J. McLACHLAN, 1966. Winter observations on species of *Porphyra* from Halifax County, Nova Scotia. In Proceedings of the Fifth International Seaweed Symposium. Edited by E.G. Young and J.L. McLachlan. Pergamon Press, Oxford. pp. 117-122.
- FAN, K., 1959. Studies on the life histories of marine algae. I. *Codiolum petrocelidis* and *Spongomorpha coalita*. *Bull. Torrey Bot. Club*, **86**, 1-12.
- FARLOW, W.G., 1881. The marine algae of New England. U.S. Commission of Fish and Fisheries. Part VII. Report of the Commissioner for 1879. Appendix A-I. 210 pp.
- FOSLIE, M.H., 1905. Remarks on northern Lithothamnia. *Kgl. Norske Videnskab. Selskabs Skrifter*, 1905, No. 3. 138 pp.
- FOSLIE, M.H., 1929. Contributions to a monograph of the Lithothamnia. Edited by H. Printz. *Kgl. Norske Videnskab. Selskabs Museet*. 60 pp. 75 pls.
- HARDER, R., 1948. Einordnung von *Trailiella intricata* in den Generationswechsel der Bonnemaioniaceae. *Nachr. Acad. Wissensch. Göttingen, Math.-Physik. Kl., Biol.-Physiol.-Chem. Abt.*, **1948**, 24-27.
- HARIOT, P., 1889. Liste des algues recueillies à l'île Miquelon par M. le docteur Delamare. *J. Bot.*, **3**, 154-157, 181-183, 194-196.
- HARVEY, W.H., 1853. Nereis boreali-americana. Part II. Rhodospermeae. *Smithsonian Contr. Knowledge*, **4**, 1-258.
- HARVEY, W.H., 1858. Nereis boreali-americana. Part III. Chlorospermeae. *Smithsonian Contr. Knowledge*, **10**, 1-140.
- HUMM, H.J., 1948. Seaweed resources of Newfoundland. (Mimeographed 23 page report to the Newfoundland Industrial Development Board, St. John's).
- JÓNSSON, H., 1903. The marine algae of Iceland. (III. Chlorophyceae. IV. Cyanophyceae.). *Botan. Tidsskr.*, **25**, 337-385.
- JÓNSSON, H., 1904. The marine algae of East Greenland. *Medd. Grønland*, **30**, 1-73.
- JORDE, I., 1933. Untersuchungen über den Lebenszyklus von *Urospora* Aresch. und *Codiolum* A. Braun. *Nyt Mag. Naturvidensk.*, **73**, 1-19.
- KJELLMAN, F.R., 1883. The algae of the Arctic Sea. *Kgl. Svenska Vetensk.-Akad. Handl.*, **20**, 1-350.
- KOCH, W., 1950. Entwicklungsgeschichtliche und physiologische Untersuchungen an Laboratoriumskulturen der Rotalge *Trailiella intricata* Batters (Bonnemaioniaceae). *Arch. Mikrobiol.*, **14**, 635-660.
- KORNMANN, P., 1961. Zur Kenntnis der *Porphyra*-Arten von Helgoland. *Helgoländ. Wissenschaft. Meeresuntersuch.*, **8**, 176-192.
- KOSTER, J.T., 1955. The genus *Rhizoclonium* Kütz. in the Netherlands. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **27**, 335-357.

- KYLIN, H., 1924. Studien über die Delesseriaceen. *Lunds Univ. Årsskr. N. F. Avd. 2*, **20**, 1-111.
- KYLIN, H., 1928. Entwicklungsgeschichtliche Florideenstudien. *Lunds Univ. Årsskr. N. F. Avd. 2*, **24**, 1-127.
- KYLIN, H., 1947. Über die Fortpflanzungsverhältnisse in der Ordnung Ulvales. *Kungl. Fysiogr. Sällsk. Lund Förhandl.*, **17**, 174-182.
- KYLIN, H., 1949. Die Chlorophyceen der schwedischen Westküste. *Lunds Univ. Årsskr. N. F. Avd. 2*, **45**, 1-79.
- LAMB, M., and M.H. ZIMMERMAN, 1964. Marine vegetation of Cape Ann, Essex County, Massachusetts. *Rhodora*, **66**, 217-254.
- LEE, R.K.S., 1968. A collection of marine algae from Newfoundland. I. Introduction and Phaeophyta. *Naturaliste can.*, **95**, 957-978.
- LE GALLO, C., 1947. Algues marines des îles Saint-Pierre et Miquelon. *Naturaliste can.*, **74**, 293-318.
- LEWIS, I.F., and W.R. TAYLOR, 1928. Notes from the Woods Hole Laboratory - 1928. *Rhodora*, **30**, 193-198.
- LUND, S., 1959. The marine algae of East Greenland. I. Taxonomical part. *Medd. Grønland*, **156**, 1-247.
- MASON, L.R., 1953. The crustaceous coralline algae of the Pacific Coast of the United States, Canada and Alaska. *Univ. California Publ. Bot.*, **26**, 313-389.
- NEWTON, L., 1931. A handbook of the British seaweeds. London. xiii + 478 pp.
- POSTEL, A., and F. Ruprecht, 1840. Illustrationes algarum in itinere circa orbem . . . St. Petersburg. iv + 24 pls. 40 pls.
- ROSENINGE, L.K., 1893. Grønlands havalger. *Medd. Grønland*, **3**, 765-981.
- ROSENINGE, L.K., 1926. Marine algae collected by Dr. H.G. Simmons during the 2nd Norwegian Arctic Expedition in 1898-1902. Rep. Second Norwegian Arctic Exp. « Fram » 1898-1902, No. 37. 40 pp.
- SCAGEL, R.F., 1957. An annotated list of the marine algae of British Columbia and northern Washington. *Natl. Mus. Canada, Bull.* 150. vi + 289 pp.
- SCAGEL, R.F., 1966. Marine algae of British Columbia and northern Washington, Part I: Chlorophyceae (Green Algae). *Natl. Mus. Canada, Bull.* 207. viii + 257 pp.
- SETCHELL, W.A., and N.L. Gardner, 1920. The marine algae of the Pacific Coast of North America. Part II. Chlorophyceae. *Univ. California Publ. Bot.*, **8**, 139-374.
- SMITH, G.M., 1944. Marine algae of the Monterey Peninsula, California. Stanford Univ. Press, California. ix + 622 pp.
- TAYLOR, W.R., 1937. Notes on North Atlantic marine algae. I. *Papers Michigan Acad. Sci., Arts and Letters*, **22**, 225-233.
- TAYLOR, W.R., 1957. Marine algae of the northeastern coast of North America. 2nd ed. Univ. Michigan Press, Ann Arbor. viii + 509 pp.
- WILCE, R.T., 1959. The marine algae of the Labrador Peninsula and northwest Newfoundland (ecology and distribution). *Natl. Mus. Canada, Bull.* 158. iv + 103 pp.

COMMUNICATION BRÈVE

« INTERCOTIDAL » OU INTERTIDAL ?

On rencontre fréquemment dans la littérature scientifique le terme *intercotidal* employé depuis longtemps pour désigner la zone de balancement des marées. Ce terme encore en usage dans certains milieux, en particulier chez les biologistes, doit être remplacé par *intertidal* qui signifie entre les marées, voire l'espace compris entre la limite des plus basses et des plus hautes mers. Si l'adjectif « cotidal » existe et s'applique à une ligne reliant tous les points où la marée a lieu à la même heure, le terme « intercotidal » n'a aucun sens, même si on le trouve dans le Larousse universel. A la suite de A. Guilcher, les géomorphologues francophones et anglophones emploient *intertidal*. Il serait donc hautement souhaitable que tous les scientifiques adoptent la meilleure terminologie dans leurs travaux.

Jean Claude Dionne
Laboratoire de Recherches forestières,
Québec.

REVUE DES LIVRES

BRAUNS, A., 1968. **Praktische Bodenbiologie**. Gustav Fischer, Stuttgart. 470 p., 190 fig., 35 tab., 16.0 x 23.5 cm. Relié, 58 Dm.

Dès le départ l'auteur insiste sur l'importance de l'approche écologique pour traiter le sujet. Il revoit ensuite la morphologie et les propriétés physico-chimiques des principaux types de sol en accordant une place prépondérante aux formes d'humus. Il considère ensuite la place relative occupée par les différentes phases du sol, par les fractions minérales et organiques, l'humus et l'édaphon, la microflore et la microfaune, etc.

On y trouve encore une information fort bien documentée sur les formes biologiques adoptées par la flore et la faune; de nombreuses relations sont établies entre ces formes de vie et les facteurs du milieu, ce qui mène l'auteur à décrire plusieurs microhabitats; il le fait avec beaucoup de réalisme et d'habileté en montrant comment les organismes du sol utilisent leur milieu et le modifient. Les fluctuations dans les populations, leurs successions et leurs migrations s'expliquent. L'influence de ces populations sur les transformations de la matière organique et de façon plus générale sur la structuration du sol font l'objet d'analyses intéressantes.

Avant d'entreprendre une revue de la systématique des grands groupes d'organismes du sol, l'auteur décrit les principales méthodes pour l'observation quantitative des populations.

Brauns a voulu faire de *Praktische Bodenbiologie* un manuel et non un compte rendu de recherche; à mon avis il a atteint ce but. L'abondance des références ainsi que la qualité des illustrations (qu'elles aient été produites ou choisies par l'auteur) font de ce volume un précieux outil pour l'étude et la recherche en biologie du sol.

J. A. FORTIN

HERZOG, K., 1968. **Anatomic und Flugbiologie der Vogel**. Gustav Fisher, Stuttgart. xiv + 180 p., 9 tab., 100 fig. Paper, \$7.00.

This publication from Germany represents an important source of reference on avian anatomy and bird flight. The line drawings and photographs which illustrate this book are of extreme clarity and precision. These self-explanatory illustrations plus the scientific anatomical nomenclature used throughout allow even those who do not read the german language to readily comprehend the principles involved.

The book is divided into two parts. The first deals with avian anatomy. Following a general discussion of anatomy the author goes into the details of the locomotor apparatus of the trunk, hind limbs and, particularly, the wings. Part two covers the field of flight. The basic principles of bird flight are discussed and a classification of birds, based on their flying methods, is set forward. Following this is a detailed discussion of the biological and physical aspects of the various forms of bird flight (gliding, soaring, flapping wing, propulsive, whirl wing, take-off and landing flight). The text and illustrations in this section elucidate the principles and theories involved far more clearly than those of any other publications which have come to my attention. Finally the author discusses the demonstration of the basic principles of bird flight by the use of ingeniously constructed bird models.

Certainly this book can be recommended to all biologists but it will likely find its greatest value in the teaching field. In addition to its value as an excellent anatomical text, it will enable students of all levels to understand the mechanics and biology of that form of locomotion which finds its greatest perfection in the bird world.

Austin REED

HUNT, C.B., 1967. **Physiography of the United States**. W.H. Freeman & Co., San Francisco & London. 480 p., 377 fig., 14 tab., 19,5 x 26,5 cm. Relié, \$7.50.

Les québécois cultivés qui voyagent aux États-Unis devraient avoir lu *Physiography of the United States*, un ouvrage synthèse, simple et bien informé qui fournit un aperçu général du milieu physique des U.S.A. L'ouvrage visiblement destiné aux étudiants américains est en fait un cours donné à l'université Johns Hopkins. On y trouve l'essentiel sur la géologie, le relief, le climat, les sols et la végétation.

Il faut lire le manuel de Hunt pour réaliser jusqu'à quel point nous ignorons le pays voisin et préférons nous instruire sur les pays lointains avant même de savoir ce qui existe chez-nous ou à proximité. Sur ce point *Physiography of the United States* incitera peut-être un quidam à se spécialiser sur la géographie des U.S.A. et à offrir des cours valables dans nos universités francophones. Pour un québécois, les États-Unis devraient passer avant l'Afrique noire et l'Asie des moussons.

L'ouvrage comprend 20 chapitres groupés en deux parties : l'une générale fournissant une vue d'ensemble, l'autre plus détaillée, consacrée à chacune des huit grandes régions physiographiques du territoire américain continental, plus trois chapitres sur l'Alaska, Hawaii et Puerto Rico. Deux index des noms de lieux et des sujets complètent l'ouvrage.

La première partie totalisant 133 pages traite des questions suivantes: les régions naturelles, le soubassement rocheux et le bâti structural, les formes du relief, les climats, l'eau, les formations superficielles et les sols, l'érosion et la sédimentation, la biogéographie et les ressources naturelles.

Cet aperçu concis du milieu naturel se lit avec intérêt et constitue une excellente introduction. D'aucuns aimeraient que cette partie soit plus élaborée sans pour autant être farcie de détails déroutants, car tout travail de synthèse requiert des qualités exceptionnelles qui permettent de retenir uniquement les éléments essentiels compte tenu de l'échelle. Le lecteur devra donc avoir toujours présente à l'esprit cette notion d'échelle si fondamentale dans les sciences de l'espace. En ce sens, on peut dire que la première partie est bien équilibrée. L'auteur aurait peut-être eu avantage à ajouter quelques dizaines de pages.

La seconde partie nous paraît plus intéressante et sera certes d'une utilité supérieure au voyageur. L'auteur consacre une trentaine de pages à chacune des huit grandes régions naturelles des U.S.A. dans lesquelles il brosse un tableau de la géologie, du relief, du climat, de la végétation et des sols. L'accent a été mis sur la physiographie, comme il se devait. Les principaux problèmes sont posés, brièvement discutés et suivant les connaissances acquises, des explications sont offertes. Il va de soi que la qualité de l'information fournie est tributaire de l'excellence des travaux faits dans ces diverses régions depuis plus de cinquante ans.

L'ouvrage est abondamment illustré de croquis, blocs diagrammes et graphiques divers, mais ne contient aucune photographie. Disons qu'à l'échelle utilisée par l'auteur, les photographies ajouteraient peu et augmenteraient sensiblement le prix de l'ouvrage. Il aurait

été avantageux cependant de présenter un certain nombre de photographies aériennes à petite échelle permettant de saisir rapidement les caractéristiques des grandes régions physiographiques. Des clichés pris à haute altitude et peut-être même de satellite auraient eu leur place dans un ouvrage moderne destiné à l'enseignement supérieur.

Si la plupart des graphiques et des blocs diagrammes sont nets, simples et expressifs, quelques pseudo-cartes comme celles des pages, 18-19, 278, 310-311 et 376 sont loin de constituer des exemples de cartographie pour l'étudiant. Il y a surcharge excessive qui enlève au document cartographique sa valeur expressive. De plus, quelques oublis ou erreurs se sont glissés: ainsi à la page 376, une partie de la légende a été oubliée; à la page 294, la direction réelle du vent responsable de l'édification des barchanes est contraire à celle indiquée dans la légende. Mais il faut retenir surtout la valeur pédagogique de l'illustration qui permet une meilleure intelligence du texte et des faits. Certaines figures, celle de la page 336 par exemple, qui fait voir un fragment de carte topographique accompagné d'un croquis photo-topographique, est particulièrement réussie.

Le terme *physiography* encore largement utilisé par les anglophones pourrait porter à discussion. Sur ce point les avis sont partagés, même aux États Unis, puisque Thornbury (1965) a lui-même publié un ouvrage intitulé: *Regional Geomorphology of the United States*. Il existe toutefois certaines nuances entre *physiography* et *geomorphology*. Le premier répond à un concept beaucoup plus vaste qui englobe les différents éléments des régions naturelles, comme la géologie, le relief, les sols, la végétation, le drainage, le climat et même les ressources naturelles, si l'on s'en remet à Hunt. Nous croyons qu'il est utile de conserver ce terme fort peu utilisé dans le monde francophone où il évoque les travaux des pionniers comme Davis, De Martonne et autres. Les européens, en général, ont préféré étendre le sens restrictif du terme géomorphologie à tout ce qui regarde le relief de l'épiderme de la terre.

L'ouvrage de Hunt diffère assez de celui de Thornbury et ne constitue nullement une répétition. Il demeure toutefois un ouvrage de conception classique et il est même conservateur d'idées; ce qui ne lui enlève pas sa valeur pédagogique et informative.

Nous souhaitons vivement que cet ouvrage inspire quelque québécois à préparer un guide similaire pour le Québec. L'intérêt d'un tel ouvrage n'a pas à être défendu. Certaines régions du Canada ont déjà fait l'objet d'un ouvrage du même genre. Ainsi, l'Ontario, avec *Physiography of Southern Ontario*, de Chapman et Putnam (1951), l'Arctique avec *Physiography of the Arctic*, de Bird (1917), et la Colombie-Britannique avec *Landforms of British Columbia — A Physiographic Outline*, de Holland (1964).

À la lecture de l'ouvrage de Hunt, nous avons éprouvé un seul regret: celui de ne pas avoir eu ce manuel entre les mains quand nous avons suivi un cours sur les U.S.A. Désormais maîtres et étudiants disposent d'un guide précieux qui leur permettra de mieux saisir les contrastes du milieu américain.

Jean-Claude DIONNE

LATTMAN, L.H. and RAY, R.G. 1965. **Aerial photographs in field geology**. Holt, & Wintson, New York, 221 p., 61 fig.

Cet ouvrage constitue un guide technique à l'usage de tous les débutants. Il sera utile non seulement aux géologues auxquels il est destiné, mais à tous ceux qui désirent acquérir les notions photogrammétriques préliminaires à la photo-interprétation. Les auteurs ont cherché à simplifier ces notions photogrammétriques de manière à ce qu'elles

soient accessibles à un vaste public possédant un minimum de connaissances mathématiques.

En six chapitres, les auteurs traitent des types de photographies et des moyens de les obtenir, de la géométrie des photographies aériennes, verticales, de la vision stéréoscopique, des techniques de terrain, de l'interprétation stéréoscopique et de la cartographie à partir des photographies aériennes.

L'ouvrage comprend plusieurs figures facilitant la compréhension des questions discutées ainsi que quelques clichés stéréoscopiques bien choisis. Malheureusement la qualité du papier atténue beaucoup la netteté des clichés alors que les dimensions de l'ouvrage ne permettent pas une utilisation facile pour l'examen stéréoscopique.

À tous ceux qui désirent un guide pratique à prix populaire pour acquérir les notions de la photogrammétrie essentielles à la photo-interprétation, nous recommandons fortement le petit ouvrage de Lattman et Ray.

Jean-Claude DIONNE

SHELTON, J.S., 1966. **Geology illustrated**. W.H. Freeman & Co., San Francisco & London. ii + 430 p., 382 fig. 22 x 28,5 cm, relié.

La valeur de la photographie dans l'enseignement a depuis longtemps été reconnue, bien que de nombreux auteurs hésitent encore à y recourir et préfèrent le verbe à l'illustration. Une photographie de bonne qualité parle d'elle-même et nous paraît alors supérieure aux longues descriptions souvent obscures que l'on rencontre fréquemment; ce qui ne signifie pas qu'il faille éliminer toute forme écrite au profit de l'illustration; loin de là! Cependant, il faut reconnaître que nombreux manuels destinés à l'étudiant n'offrent à peu près pas de photographies. Plusieurs ouvrages européens (avancés) de géographie, géomorphologie et géologie entre autres, pèchent fortement en ce sens.

L'ouvrage de Shelton, qui constitue en quelque sorte un petit atlas illustré de géologie, nous paraît donc très actuel du point de vue pédagogique et technique. Il permettra à un grand nombre de gens cultivés aussi bien qu'à l'étudiant non initié d'acquérir rapidement certaines notions fondamentales de géologie, plus particulièrement de géomorphologie, et l'aidera probablement à mieux connaître et à aimer son milieu naturel.

L'auteur, géologue et photographe à la fois, a su présenter d'une manière intelligente une abondante documentation photographique recueillie au cours de ses nombreux séjours sur le terrain, en particulier de ses randonnées aériennes au-dessus des U.S.A. La majorité des photographies sont de Shelton.

Les six parties de l'ouvrage (ou les 37 chapitres) ont été conçues de manière à donner un aperçu progressif de la croûte terrestre. L'auteur commence d'abord par parler des matériaux qui composent l'épiderme de la Terre, s'attarde sur la structure, l'agencement des formations rocheuses superficielles ou sur le bâti, montre l'évolution ou les changements subis par la croûte terrestre soumise à l'action des divers agents d'érosion et de sédimentation qui modèlent le relief, évoque la notion du temps géologique, (une notion fondamentale non seulement pour l'étudiant en géologie, mais encore pour tous ceux qui veulent assoir leur philosophie sur des bases réalistes), puis il cite des exemples particulièrement éloquentes de phénomènes soulignant des événements géologiques importants.

L'ouvrage de Shelton s'apparente davantage à l'encyclopédie illustrée qu'aux manuels de géologie classiques. Il contient un enseignement de valeur mis à la portée d'un grand nombre. Les photographies sont en grande partie fort éloquentes; nombreuses d'entre

elles sont accompagnées de dessins explicatifs soulignant les principaux points d'intérêt. *Geology Illustrated* est un ouvrage que tout étudiant en géographie et géologie devrait connaître et posséder. Il est digne des bonnes bibliothèques.

Jean-Claude DIONNE

BERNARD, F., 1968. **Les fourmis (Hymenoptera Formicidae) d'Europe occidentale et septentrionale**. Masson & Cie, Paris. 416 fig., 16.5 x 24.5 cm. Relié, cartonné, 97 F.

Masson & Cie lançait en 1965 une nouvelle collection intitulée « Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen ». Depuis, trois volumes ont paru dont le dernier est celui sur les fourmis. Ce livre de F. Bernard ne contribuera pas, malheureusement, à soutenir la bonne réputation que cette « Faune de l'Europe » semblait avoir déjà acquise. Il aurait fallu une bonne révision ou une correction exhaustive du manuscrit afin d'en corriger les faiblesses. Cela s'avère d'autant plus regrettable que les volumes en langue française qui portent sur les fourmis en tant que faune sont très rares. La faune la plus récente était celle de Bondroit, parue en 1917. On imagine facilement que la systématique en est périmée. Le livre de F. Bernard vient donc remplir un vide certain malgré ses défauts.

Le volume est divisé en trois parties d'inégales longueurs : généralités, systématique et biologie, arthropodes commensaux des fourmis. La première partie traite de la morphologie, de la biologie et de la distribution des fourmis. Cette partie est fondamentale si l'on veut aborder la systématique. L'auteur s'est efforcé de présenter tous les aspects de façon plutôt concise. Certaines sections sont trop générales et passent sous silence des travaux récents, par exemple, les travaux allemands sur les organes des sens, et en particulier sur l'émission des sons. Aucune section n'est consacrée à un domaine qui a pris beaucoup d'ampleur depuis quelques années, celui des phéromones. Les chercheurs américains, en particulier l'équipe de Blum, ont précisé les sources glandulaires et la composition chimique de plusieurs phéromones qui commandent le comportement des fourmis. Le chapitre de l'écologie est beaucoup trop succinct pour une faune. Viennent ensuite un chapitre sur l'élevage des fourmis en laboratoire et un autre sur l'utilité des fourmis. Une trop grande tendance à la généralisation, ce qui entraîne des imprécisions et même des contradictions chez plusieurs espèces, ainsi qu'une documentation insuffisante sur certains points caractérisent cette première partie. La systématique est la partie la plus volumineuse. On y remarque un effort sérieux pour illustrer les tables d'identification. Les photographies utilisées dans cette partie ne méritaient pas d'être publiées. Quelques tables sont faibles et conduisent difficilement aux espèces mêmes communes. La revue des espèces est incomplète pour le territoire inventorié. La description des espèces est beaucoup trop sommaire, même en tenant compte des tables d'identification. Le principal désavantage d'une faune est d'être périmée le plus souvent dès sa parution. Celle de Bernard n'y échappe pas, car il n'a pu tenir compte, par exemple, d'une découverte importante concernant le genre *Ponera* : ce dernier, tel que conçu jusqu'ici, comprenait en fait deux genres différents. Enfin, la troisième partie, la plus courte, est une heureuse initiative. Les listes d'Arthropodes commensaux des fourmis restent rares et souvent incomplètes. Il s'agit d'une bonne base pour ceux qui veulent étudier la faune des fourmières.

On s'explique difficilement les lacunes de la bibliographie. De nombreuses références citées dans le texte n'apparaissent pas dans la bibliographie, les noms d'auteurs ont souvent une orthographe différente dans le texte et dans la bibliographie, ou bien les dates ne concordent pas. Ainsi, des pages 15 à 50, au moins 11 références n'apparaissent pas dans la bibliographie, 27 auteurs sont cités sans date et 3 dates sont erronées. L'auteur néglige d'indexer au complet ses propres travaux qu'il a cités. Une telle situation s'avère

inadmissible pour un livre qui se veut moderne. N'existe-t-il pas chez l'éditeur un comité de lecture ou un comité de revision qui eût pu déceler une telle déficience! Comme cela arrive trop souvent dans les volumes français, il n'y a pas d'index alphabétique des sujets. Par contre, il en existe un pour les genres et les espèces.

Malgré ses faiblesses, cette faune myrmécologique permettra aux amateurs et aux étudiants de mieux connaître les fourmis et de moins se décourager devant la difficulté apparente de la systématique de cette famille d'Hyménoptères. Le nettoyage de la nomenclature et l'application aux fourmis des concepts modernes de l'espèce naturelle ont certainement amoindri cette difficulté. Le livre de Bernard devrait attirer de jeunes étudiants vers l'étude des fourmis qui sont en fait relativement peu connues. Mais ce livre doit être considéré comme une base qu'il faudra refondre le plus tôt possible. En tant que faune, ce volume constitue une synthèse très utile et représente globalement un progrès certain.

André FRANCOEUR

DAUBENMIRE, R., 1968. **Plant communities**. A textbook of plant synecology. Harper & Row, New York. XI + 300 p., 19 tab., 97 fig., 16 x 24 cm. Relié, U.S. \$9.75.

Contrairement à l'autécologie qui étudie les relations des espèces prises individuellement avec le milieu la synécologie est une science des communautés d'êtres vivants. Étant donné les relations multiples et réciproques qui lient ces communautés au milieu physique et biotique, la synécologie a de très nombreuses affinités avec les autres sciences biologiques et physiques. L'auteur le démontre abondamment tout au long de son volume. Il utilise, par exemple, dès le départ, le terme de communautés biotiques pour souligner l'importance du rôle des animaux dans les biocénoses et conséquemment des connaissances zoologiques nécessaires; il souligne, ensuite, que la communauté et son environnement physique sont inséparables, pour en arriver à la notion de l'écosystème, ou de biogéocénose, notion globale et tellement complexe que selon Daubenmire «... we can never hope to fully describe and understand any but a few of the simplest of them » (p. 8).

L'auteur expose ensuite son point de vue sur la définition de l'association, cette unité abstraite fondamentale de la classification de la végétation au même titre que l'espèce l'est pour la taxonomie biologique. Les difficultés pour y arriver sont nombreuses dans un cas comme dans l'autre; l'essentiel pour l'auteur, c'est d'éviter les extrêmes. Et à ce propos il cite les exemples de Clements qui inclut dans une seule association toutes les forêts climatiques du nord-est des États-Unis et de Lippmaa qui, au contraire, utilise le terme d'association pour désigner une seule strate de la phytocénose. Dans le deuxième chapitre du volume, consacré à l'analyse et la description des communautés végétales se dégagent trois aspects principaux: 1) les concepts des caractéristiques descriptives analytiques et synthétiques; 2) les techniques d'échantillonnage et 3) la place des méthodes statistiques en écologie. Le troisième chapitre traite du dynamisme de la végétation: des méthodes d'étude, de la terminologie, des « patterns » de succession et de leur analyse. Puis, vient un quatrième chapitre sur la classification de la végétation et des écosystèmes. Dès le départ, l'auteur, qui est défenseur de l'idée de la classification des communautés végétales, rappelle les étapes difficiles que d'autres sciences, y compris la taxonomie botanique, la pédologie ou la pétrologie, ont dû affronter, pour conclure que la précision de la classification de la végétation ne peut pas être plus grande que celle des autres sciences et, en particulier, celle des genres aussi difficiles que *Crataegus*, *Crepis*, *Lupinus*, *Poa*, *Rosa* et *Rubus*. Il passe ensuite en revue les différents types de classification: physiologique, structurales floristique, écologique, dynamique, ordinationnelle, et écosystémique pour aborder après cela, les problèmes des unités hiérarchiques supérieures de végétation

telles que : zone, province et région. Enfin, dans un cinquième chapitre, la végétation est traitée en tant qu'objet d'étude. L'auteur y expose la procédure opérationnelle (reconnaissance, classification) et l'organisation de l'information synécologique concernant composition floristique, caractères structuraux et fonctionnels, relations avec environnement, statut dynamique, distribution et classification.

Le volume représente l'une des meilleures mises au point publiée au cours de ces dernières années. Il est à recommander tant aux étudiants qu'aux professeurs d'écologie et de sciences biologiques en général. Il se termine par une bibliographie de 478 références et un index des matières qui facilite sa consultation.

Miroslav M. GRANDTNER

TÜXEN, R., 1968. **Pflanzensoziologische Systematik**. Bericht über das Internationale Symposium in Stolzenau/Weser 1964. Verlag Dr. W. Junk, Den Haag. XII + 348 p., 19 fig., 16 x 24 cm. Relié, f. 60.00.

Le traditionnel symposium de Stolzenau organisé annuellement par le Professeur Tüxen, fût consacré, en 1964, aux problèmes de la systématique des groupements végétaux. Les 84 participants venus de 13 pays différents ont présenté et discuté 33 communications et conférences. Les communications furent réunies en 6 séances. Au cours de la première Glahn traite la notion du type de végétation, Wagner des principales questions de la systématique de la végétation supérieure et Barkman celles de la végétation inférieure ou des microassociations incluses dans les biocénoses. Westhoff parla surtout de la notion de la structure et Rignatti des espèces caractéristiques.

La deuxième séance réunissait les travaux de Schwickerath sur la signification des espèces différentielles, de Pignatti sur la prolifération des unités systématiques supérieures, de Fukarek sur les fondements géobotaniques des unités supérieures de classification et d'Oberdorfer sur les races géographiques des associations végétales.

La troisième séance portait sur des problèmes de la nomenclature phytosociologique (Moravec), sur la nécessité de la coopération internationale dans le domaine de la bibliographie (Neuhäusl) et celui de l'uniformisation des relevés phytosociologiques (Ellenberg), de même que sur deux problèmes spécifiques de classification des groupements de Characées (Krausch) et des groupements humides du Japon (Miyawaki). Le problème des groupements hygrophiles fût également l'objet de la quatrième et de la cinquième séance, au cours desquelles furent présentés les travaux de Foerster, Segal, Hejny, Beeftink, Miyawaki et Ohba, O'Sullivan et de Balatova.

La dernière séance fût consacrée aux exposés sur les groupements des tourbières (Malmer, Moore, Miyawaki) et au travail de Diemont sur les différents types de chênaies. Enfin, Schwerdtfeger y parla des problèmes d'enseignement de la science de la végétation dans une université technique. La séance fût clôturée par Pignatti, Westhoff et Tüxen qui émettaient entre autres le voeu que l'on puisse voir au cours des années à venir, la systématique phytosociologique se stabiliser et voir naître un comité international responsable de la ratification des unités nouvellement décrites.

Le volume, bien qu'écrit presque entièrement en allemand, est à recommander à tous ceux qu'intéressent les problèmes de l'étude et de la classification des groupements végétaux.

Miroslav M. GRANDTNER

REVUES PUBLIÉES PAR L'UNIVERSITÉ LAVAL

RECHERCHES SOCIOGRAPHIQUES

Revue publiée par le département de sociologie et d'anthropologie de l'université Laval avec le concours du Centre de Recherches sociales. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$2.00 (3 numéros par an).

LAVAL THÉOLOGIQUE ET PHILOSOPHIQUE

Publiée par les facultés de théologie et de philosophie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$4.00, à l'étranger \$4.50, le numéro: \$2.00 (2 numéros par an).

SERVICE SOCIAL

Publiée par l'école de service social de l'université Laval. Elle traite de travail social, de bien-être, de médecine, de psychiatrie et de psychologie, de législation, d'administration publique et de sociologie. Abonnement annuel: au Canada \$3.00, à l'étranger \$3.50, le numéro: \$1.25 (3 numéros par an).

CAHIERS DE GÉOGRAPHIE DE QUÉBEC

Publiée par l'Institut de géographie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$8.00, le numéro: \$3.00 (3 numéros par an).

RELATIONS INDUSTRIELLES / INDUSTRIAL RELATIONS

Publiée en français et en anglais par le département des relations industrielles de l'université Laval. Abonnement annuel : au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro: \$1.50 (revue trimestrielle).

L'ORIENTATION PROFESSIONNELLE / VOCATIONAL GUIDANCE

Publication officielle de la Corporation des Conseillers d'orientation professionnelle du Québec. Abonnement annuel: au Canada \$5.00 à l'étranger \$5.50, le numéro \$1.25 (5 numéros par an).

Pour abonnements, s'adresser au
Service des revues,
LES PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL,
C.P. 2447, Québec 2.

Sommaire

La territorialité: Mécanisme de régulation de la densité de population chez certains Passériformes du Québec	RAYMOND MCNEIL	1
Régimes d'exploitation du trèfle Ladino cultivé en association avec le mil et le brome. I. Productivité et composition botanique du fourrage	PAUL GERVAIS	37
Régimes d'exploitation du trèfle Ladino cultivé en association avec le mil et le brome. II. Composition chimique du fourrage	PAUL GERVAIS	47
Influence de la température sur le gonflement et le retrait des sols	S.-J. BOURGET	55
Influence de la tension de l'eau du sol sur le rendement et la composition minérale de l'orge et de la pomme de terre	A.-R. PESANT et S.-J. BOURGET	61
Variance génétique dans le fraisier	ROGER BÉDARD et FLORIAN I. LAUER	73
Dormance chez le fraisier	G. BEAUMONT, R. BÉDARD et H. P. THERRIEN	87
Le massif des monts Groulx : Note phytogéographique	PIERRE LANDRY	95
Études sur les <i>Solidago</i> L. IX. Une troisième liste de nombres chromosomiques des taxons du genre <i>Solidago</i> et de certains genres voisins	JEAN R. BEAUDRY	103
A collection of marine algae from Newfoundland. II. Chlorophyta and Rhodophyta	ROBERT K. S. LEE	123
<i>COMMUNICATION BRÈVE</i>		
« Intercotidal » ou intertidal ?	JEAN-CLAUDE DIONNE	147
REVUE DES LIVRES		149



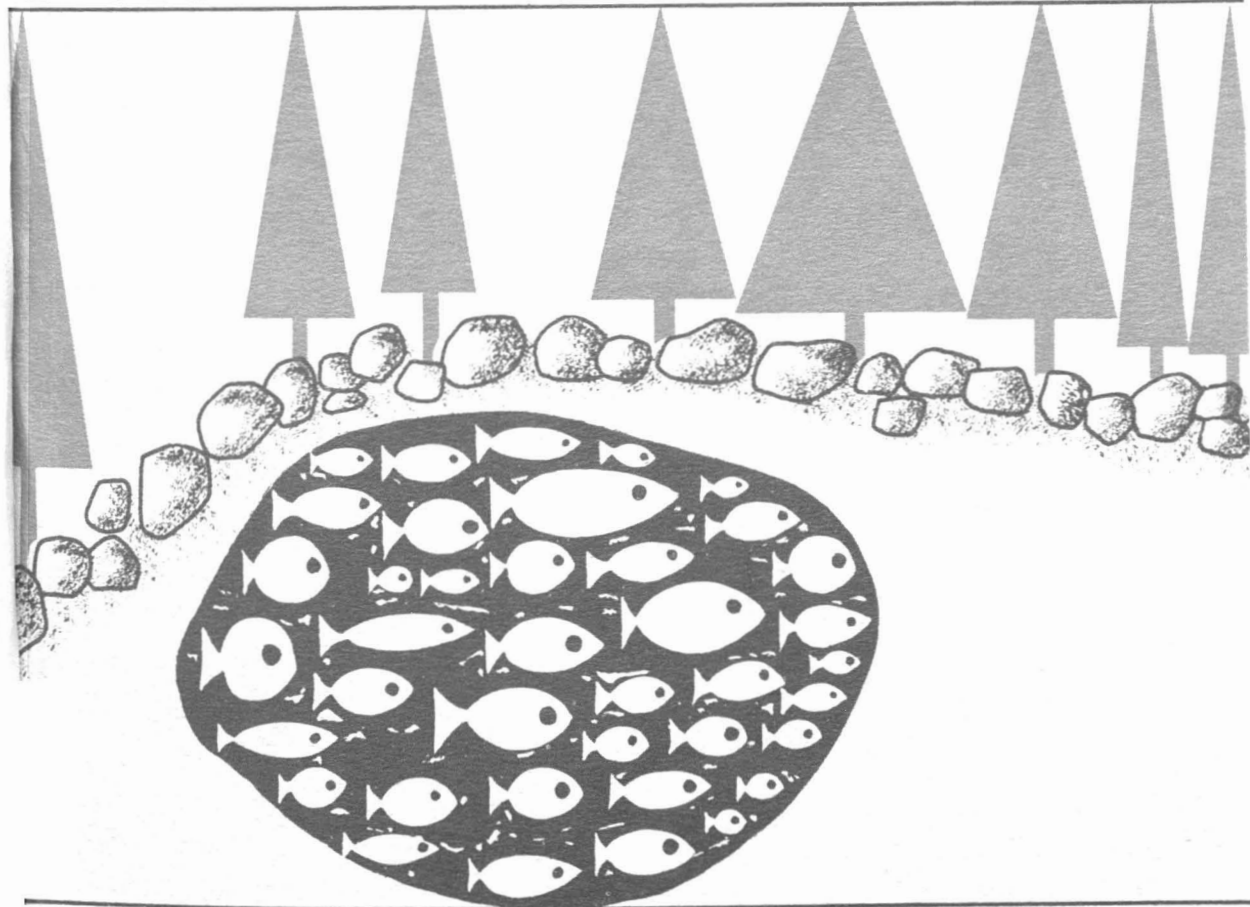
Volume 96,

N° 2,

mars - avril 1969

PROPRIÉTÉ DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU MINISTÈRE DES TERRES ET
FORÊTS DU QUÉBEC.

e naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR

G.-WILFRID CORRIVAUT

DIRECTEUR-ADJOINT

MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

GUY LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*

RENÉ BÉIQUE, *Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Université Laval*

PAUL BERTHET, *Faculté des sciences
de Lyon*

LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*

MICHEL DELSOL, *Faculté catholique
de Lyon*

LLOYD M. DICKIE, *Institut océano-
graphique de Bedford*

ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*

PAUL GERVAIS, *Université Laval*

ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire
naturelle de Paris*

WILLIAM S. HOAR, *Université de la
Colombie-Britannique*

ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*

VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*

GASTON MOISAN, *Université Laval*

A. C. NEISH, *Conseil national des recher-
ches du Canada, Halifax*

W. E. RICKER, *Office des recherches sur
les pêcheries du Canada*

D. M. ROSS, *Université d'Alberta*

HENRI TINTANT, *Faculté des sciences
de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec (2^e), Québec

Abonnement annuel

au Canada : \$ 6.00

— à l'étranger : \$ 7.00

— le numéro : \$ 1.50

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le **NATURALISTE CANADIEN** accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétaire de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec (10^e), Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Ministère des Affaires culturelles du Québec.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Présentation des manuscrits

Le manuscrit, écrit en français ou en anglais, doit être dactylographié sur papier de format 8½ x 11 avec double interligne, au recto seulement de chaque feuille, sans ratures. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et des graphiques.

Au début de chaque mémoire on indiquera dans l'ordre:

- le titre du mémoire; il devra être bref et précis, ne comporter ni abréviations, ni formule chimiques (il est permis d'utiliser les symboles chimiques pour indiquer les isotopes).
- le nom de l'auteur ou des auteurs, précédé des initiales ou du prénom; il est préférable d'omettre les grades et titres académiques.
- le nom de l'établissement dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.
- un bref résumé en français et un autre en anglais, n'excédant pas 300 mots chacun, doivent précéder le texte.

Références bibliographiques

Les références peuvent être citées dans le texte par un numéro ou par le nom de l'auteur et l'année de publication. Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de: *et al.*

A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs.

Chaque citation comprendra: 1) nom et prénom (ou initiales des prénoms) de L'AUTEUR; 2) année de publication; 3) titre de l'article; 4) titre du périodique en abrégé (selon la *World List of Scientific Periodicals* ou *Chemical Abstracts*); 5) le tome du volume, en **chiffres arabes**; 6) première et dernière pages du mémoire.

Pour les livres cités dans la bibliographie, on indiquera: 1) nom et initiales des prénoms de l'AUTEUR; 2) date de publication; 3) titre de l'ouvrage; 4) nom de l'éditeur; 5) ville; 6) nombre de pages.

Plan du manuscrit

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan suivant: introductions, méthodes expérimentales, matériel utilisé, résultats, discussions et conclusion, remerciement, et références. L'importance des titres et sous-titres doit être mise en évidence par l'emploi judicieux des italiques et capitales. Les caractères soulignés d'un trait sont composés *en italique*, de deux traits en PETITES CAPITALES, de trois traits en GRANDES CAPITALES, d'un trait ondulé en **caractères gras**.

Les noms latins d'espèces et de variétés doivent être soulignés en vue de leur impression en italiques.

Les noms communs d'êtres vivants prennent une majuscule initiale lorsqu'ils sont employés pour désigner l'espèce dans son ensemble.

Les notes infrapaginales doivent être réduites à un strict minimum et numérotées successivement dans tout le texte.

Illustrations du manuscrit

La direction de la revue limite ses frais de clichage à trois clichés par manuscrit; tous clichés additionnels seront à la charge de l'auteur.

Les photographies doivent être de bonne qualité et finies sur papier glacé. Deux, quatre ou huit photographies peuvent être groupées sur une même planche, collées sur un carton rigide de 7" x 10", numérotées proprement et visiblement à l'extrémité droite de chaque photographie. On indiquera à l'endos le nom de l'auteur, le titre du texte et le numéro correspondant à la citation du texte.

Les graphiques ou autres dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc de type « Bristol » avec légende complète. Dans certains cas, la photographie ou le dessin doit comporter une échelle de référence indiquant la grandeur.

Les tableaux seront numérotés en chiffres romains. Leur nombre et leur dimension seront réduits au minimum. Les mêmes données numériques ne doivent pas être publiées deux fois, une fois sous forme de tableaux, une autre fois sous forme de courbes.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

Presentation of paper

Papers in either French or English should be typewritten, double-spaced throughout, (including tables, references and legends) on white bond paper 8½ x 11. Each sheet should be numbered; and references, tables, figures and legends should be on separate sheets.

The title page should give the following informations:

- Title: short and precise, without any abbreviations or chemical formulæ (except isotopes).
- Name of author or authors preceded by initials.
- Address; Author's institution.
- Abstract; both an English abstract not exceeding 300 words, and a French *résumé* should precede the text.

References

IN THE TEXT: — They should be cited either by a number or by the name of the author with the year of publication. Only the first author followed by *et al* should be given when the article has more than three authors.

REFERENCE SECTION: — Authors should be listed alphabetically or numerically and indicated the following way for periodicals (with the punctuation shown): Author's name and initials. Year of publication. Title. Name of journal spelled out or abbreviated in accordance with *the World list of scientific periodicals or Chemical Abstracts*, volume number: inclusive pagination. In the case of books, references should be listed the following way: Author's name and initials. Year of publication. Complete title. Name of publisher. Address of publisher. Number of pages.

Example: OSBORNE, F. F., 1956, Geology near Quebec City. *Naturaliste Can.*, **83**, 157-223.

Form of paper

Considerable latitude is allowable in the arrangement of the contents of a paper, however, it is felt that in many papers it is possible to adhere to an arrangement as follows: Introduction, Methods, Materials, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References.

Underlining in the text should be avoided. Contributors should know that words underlined by a single line appear in *italics* in the printed form. They appear as SMALL CAPITALS when underlined twice, and FULL CAPITAL when underlined three times.

Footnotes, which are to be avoided as far as possible, should bear consecutive numbers.

Illustrations

PHOTOGRAPHS: — Plates should bear a reasonable relationship to the length of the text and must be meaningful. A paper of 20 printed pages should have no more than 3 plates. The author can be required to pay for additional plates. For good reproduction, they should be a good quality, of high contrast, and printed on glossy paper. A plate can be made up by mounting 2-4-8- or more pictures mounted on cardboard of 7" x 10". Each picture should have a figure number on the lower right corner. The author is responsible for providing figures of a size and quality suitable for grouping into plates. The reverse side of each photograph or plate should bear the author's name with the figure number used for reference in the text.

GRAPHS AND LINE DRAWINGS: — They should be made with India ink on white drawing paper or Bristol board and have a complete legend.

TABLES: — They should bear consecutive Roman numbers. The same data should not be presented in two forms *i.e.* tables and curves.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 96

Mars-Avril 1969

N° 2

L'HABITAT DU *CAREX LAXICULMIS* SCHWEIN. ET DU *WOODSIA* *OBTUSA* (SPRENG.) TORR. À FRELIGHSBURG (MISSISQUOI), QUÉBEC¹

LIONEL CINQ-MARS

Herbier Louis-Marie, Université Laval, Québec.

et

Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec.

Résumé

L'auteur rapporte la présence à Frelighsburg du *Carex laxiculmis*, première mention sûre pour le Québec et du *Woodsia obtusa*, deuxième localité après St-Armand, comté de Missisquoi. Les colonies de ces deux plantes sont sur un régosol supportant une érablière laurentienne appauvrie par un sol trop mince. La présence de roches calcaires favorise cependant l'établissement d'une flore méridionale rarement trouvée au Québec. Des précisions sont apportées sur la situation géographique, le climat, le sol et la phytosociologie des habitats où croissent ces plantes.

Abstract

The presence of *Carex laxiculmis*, first sure mention for the province of Québec, and of *Woodsia obtusa*, second station after St-Armand, is reported, on a regosol covered by a depauperate sugar maple bush. The occurrence of calcareous rocks favour the development of a meridional flora rarely found in Québec. Details are given on the geography, climate, soil and phytosociology of the habitats described.

Les collines de Frelighsburg, contreforts des Apalaches, situées en bordure des frontières de l'état du Vermont, comme celles de St-Armand, ont révélé déjà une flore d'une grande richesse, constituée en partie d'éléments plus méridionaux qui entrent à peine au Québec dans ces pédoclimats sur sols calcaires plus chauds que le reste de la province, et qui sont absents ou très rares en dehors de cette région limitrophe de la Nouvelle-Angleterre (Raymond, 1950). Pour le botaniste, elles demeurent un terrain d'exploration toujours rempli d'intéressantes surprises.

1. Contribution n° 62 de la Faculté d'Agriculture de l'Université Laval.

Les *Carex* (Cypéracées) et les Fougères (Polypodiacées) y sont particulièrement abondants et variés. Nous y avons déjà trouvé des espèces comme *Carex albursina*, *C. blanda*, *C. cephalophora*, *C. convoluta*, *C. hirsutella*, *C. hirtifolia*, *C. Hitchcockiana*, *C. laxiflora*, *C. pensylvanica*, *C. pedunculata*, *C. platyphylla*, *C. sparganioides*, *C. Sprengelii*, *C. Swanii*, *C. virescens*, etc. D'autre part, des Fougères rares y abondent : *Asplenium platyneuron*, *Asplenium Trichomanes*, *Camptosorus rhizophyllus*, *Cystopteris bulbifera*, *Cystopteris fragilis*, *Dryopteris Goldiana*, *Dryopteris simulata* (tout près, dans la plaine humide recouverte d'une ormaie), *Woodsia ilvensis* et *Woodsia obtusa*, connu déjà de St-Armand et que nous avons récolté une fois auparavant à Frelighsburg, un peu à la hâte, en compagnie de L.C. Sherk et de quelques-uns de nos étudiants.

Le 14 juin 1968, nous décidions de visiter encore une fois une de ces collines où se trouvent réunies la plupart des plantes déjà mentionnées, entre autres le *Woodsia obtusa*. Nous étions accompagné d'Albert Legault, professeur de botanique à l'Université de Sherbrooke et de Samuel Brisson, attaché au laboratoire de botanique de la même institution, tous deux intéressés à connaître cette localité de grand intérêt botanique. C'est à cette occasion que nous faisons la découverte d'un nouveau *Carex* pour la province : *Carex laxiculmis*, de la section des Laxiflorae. Nous y retournions le 21 juin avec André Vézina, un de nos gradués en botanique, pour compléter sur les lieux deux relevés de végétation qui donneraient une idée plus précise des habitats observés. Voici les détails de nos observations.

SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La colline se trouve à environ deux milles à l'ouest du village de Frelighsburg en bordure d'un verger appartenant maintenant à Jean Lussier et qui fut, pour plusieurs années, la propriété de feu Adélarde Godbout. Elle s'étend du sud au nord, à une élévation maximale de 600 pieds au-dessus du niveau de la mer et s'étage en gradins où affleurent les formations rocheuses. Nos relevés de végétation, effectués sur l'emplacement des colonies de *Carex laxiculmis* et de *Woodsia obtusa*, se situent sur le flanc est de la colline, à environ 450 pieds d'altitude, à 72°52' Long. et 45°03' Lat. La colonie de *Carex laxiculmis* est à quelque deux cents pieds au nord de la route qui va de Frelighsburg à Pigeon Hill, sous le couvert d'une érablière. La colonie de *Woodsia obtusa* se situe à environ cent pieds plus au nord, à la même altitude, mais sur des rochers partiellement dénudés et peu protégés de couverture forestière.

CLIMAT

Cann, Lajoie et Stobbe (1948), dans leur étude des sols des comtés de Shefford, Brome et Missisquoi, décrivent le climat de la région. Nous référons le lecteur à ce travail pour plus de détails. Ils rapportent des données (moyennes de 15 ans) pour Farnham (dans la plaine du St-Laurent, altitude de 191 pieds) et Brome (sur les contreforts des Apalaches, altitude de 678 pieds).

Le climat de Frelighsburg s'apparente plus à celui de Brome dont il n'est distant que d'environ 15 milles en ligne droite. La température moyenne annuelle de Brome est de 40.4°F., celle de l'hiver de 15.6°, du printemps de 38.1°, de l'été de 62.9° et de l'automne de 44.8°. La précipitation annuelle est de 46.07 pouces de pluie, celle de la saison de croissance de 20.85 pouces. C'est en juillet qu'il y a le plus de pluie et c'est août qui est le mois le plus sec de la saison de végétation. La durée moyenne de la période sans gelée est de 111 jours, la date moyenne de la dernière gelée étant le 29 mai, celle de la première gelée à l'automne, le 17 septembre.

SOL

La colline à l'étude se situe dans une région où la formation principale est de l'Ordovicien et dont les roches se composent d'ardoises. Le till qui en dérive donne, quand les conditions s'y prêtent, c'est-à-dire à bon drainage, un loam graveleux formant un sol qualifié de brunisol dystrique (brun acide boisé ou l'ancien brun-podzolique). En plusieurs endroits, comme dans les deux habitats que nous décrivons plus bas, le relief pierreux ne permet pas le développement des caractéristiques normales du profil du sol. Nous avons alors un sol plus mince, classé dans les régosols (lithosols) et qui garde certaines caractéristiques du brunisol dystrique.

Dans la station du *Carex laxiculmis*, le sol, épais d'environ dix pouces, est très rocailleux et rempli de racines de toutes sortes. On y distingue, sous une litière très mince, un premier horizon Ah de quatre pouces fait d'un mull grumeleux de couleur noire, à pH 7.5 (Méthode Hellige-Truog sur le terrain). Un deuxième horizon Bm de six pouces d'épaisseur, brun foncé, graveleux et rocailleux, donne un pH de 5.7 et repose sur un till rocheux C-Cr.

Là où se trouve *Woodsia obtusa*, le sol, reposant directement sur le roc, n'a que quatre pouces d'épaisseur. On y distingue un premier horizon Ah de deux pouces d'épaisseur, un mull brun foncé très grumeleux de pH 7.5. Le deuxième horizon Bm n'a que deux pouces de profondeur, est brun, limoneux, de texture graveleuse et à pH de 5.5. Il repose sur le roc Cr. Les cailloux sont rares dans le premier horizon mais abondants dans le second. Les racines sont nombreuses dans les deux premiers horizons.

Description botanique et phytosociologique

1. *Carex laxiculmis*

Le *Carex laxiculmis* est cité pour le Québec dans la Flore laurentienne (Marie-Victorin, 1964) sur la foi d'une récolte de Cléonique-Joseph à Chambly. Cette colonie n'a jamais été retrouvée. En outre, nous ne pouvons imaginer d'habitat propice au *Carex laxiculmis* à Chambly, sur les bords du Richelieu. Pour ces raisons, nous considérons notre récolte de Frelighsburg comme la première mention sûre du *Carex laxiculmis* pour le Québec.

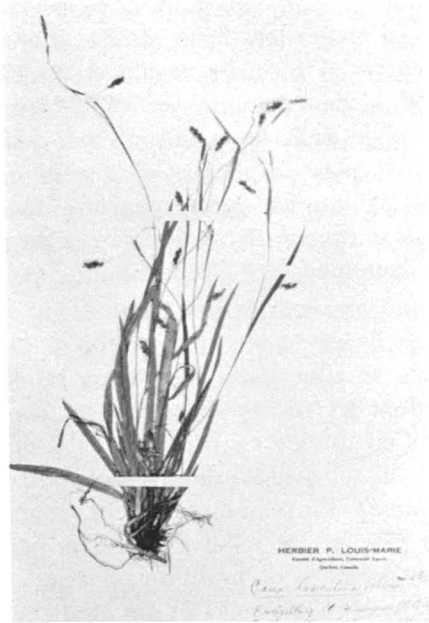


FIGURE 1. *Carex laxiculmis*. Les épis courts sont portés sur de longs pédicelles filiformes.

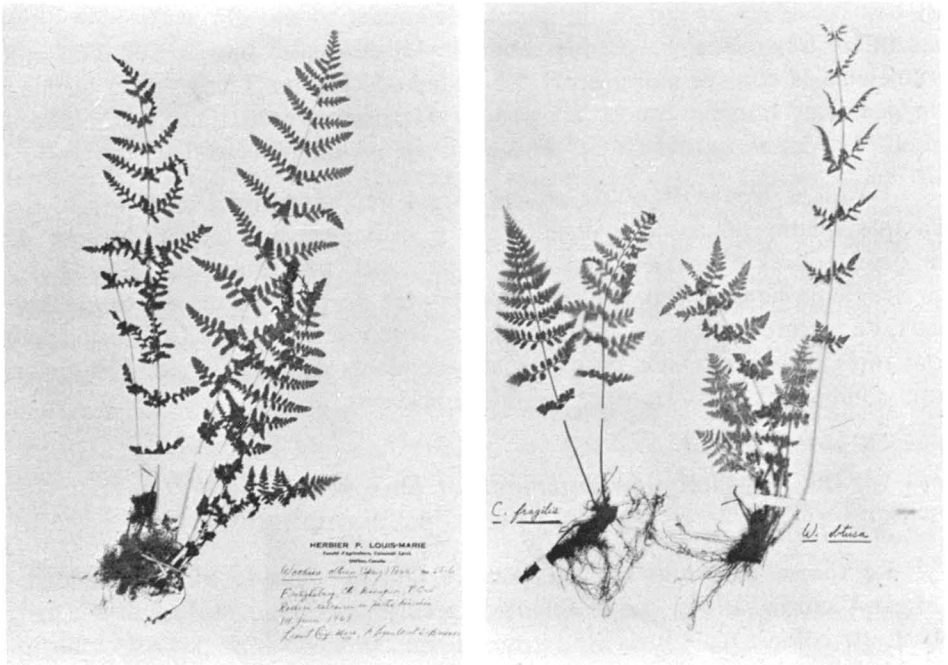


FIGURE 2. *Woodsia obtusa* (à gauche et à droite). L'apparence générale de cette fougère ressemble à s'y méprendre à celle de *Cystopteris fragilis* (au centre).

Ce *Carex* (fig. 1.), un des plus petits de la section des Laxiflorae, ne peut se confondre avec aucun autre de nos *Carex*. Il se caractérise par des épis courts, ovoïdes, retombants au bout de longs pédicelles filiformes; les périgynes (utricules) sont gros et peu nombreux (5 à 10) sur chaque épi. Les plantes se disposent en rosettes couchées sur le sol. La colonie de *Carex laxiculmis* qui s'étend sur une superficie de 4 à 5 pieds de circonférence, est située sur un régosol, donc en milieu xérique, à drainage excessif, dans une érablière laurentienne où domine en sous-étage l'Ostryer de Virginie, préférentiel d'un milieu sec. La plupart des plantes xérophiles et mésophiles de l'érablière y sont présentes, les hygrophiles rares ou absentes. De nombreux *Carex* calcicoles y sont représentés. Le tableau de végétation (tableau I), préparé suivant la méthode de Braun-Blanquet (1932), illustre ces caractéristiques.

TABLEAU I

Phytosociologie de *Carex laxiculmis* et *Woodsia obtusa*

Station	<i>Carex laxiculmis</i>	<i>Woodsia obtusa</i>
No du relevé	1	2
Altitude	450 pi	450 pi
Exposition	S.E.	S.E.
Pente	25°	50°
Type de sol	Brunisol dystrique	Brunisol dystrique (Régosol)
Type d'humus	Mull	Mull
pH en surface	7.5	7.5
Recouvrement des strates (%)	-	-
arborescente dominante (AD)	25	-
" dominée (Ad)	80	-
arborescente supérieure (as)	30	25
" inférieure (ai)	75	20
herbacée (h)	60	70
muscinale (m)	-	30

I. STRATES LIGNEUSES

Espèces appartenant à l'érablière

<i>Acer saccharum</i>	A	2.2	+ .1
	a	4.4	1.1
<i>Carya cordiformis</i>	ai	+ .1	-
<i>Fraxinus americana</i>	as/ai	+ .1	+ .1
<i>Juglans cinerea</i>	as/ai	-	+ .1
<i>Ostrya virginiana</i>	Ad/as/ai	3.3	1.1
<i>Prunus serotina</i>	as	-	1.1

<i>Tilia americana</i>	as/ai	+ .1	1.1
<i>Ulmus rubra</i>	Ad/as/ai	+ .1	1.3

Compagnes

<i>Berberis vulgaris</i>	as/ai	1.2	1.2
<i>Crataegus Brainerdi</i>	as	-	+ .1
<i>Crataegus punctata</i>	as	-	+ .2
<i>Prunus virginiana</i>	as	-	+ .1
<i>Pyrus Malus</i>	as	-	+ .2
<i>Ribes cynosbati</i>	ai	+ .1	1.2
<i>Rubus glandicaulis</i>	ai	-	+ .1
<i>Rubus idaeus</i>	ai	-	1.2
<i>Rubus occidentalis</i>	ai	+ .1	1.1

II. STRATE HERBACÉE

**Espèces appartenant
à l'érablière**

<i>Asarum canadense</i>		+ .3	-
<i>Carex arctata</i>		2.2	-
<i>Caulophyllum thalictroides</i>		+ .1	-
<i>Dentaria diphylla</i>		+ .3	-
<i>Dryopteris marginalis</i>		2.2	1.2
<i>Hepatica acutiloba</i>		1.3	-
<i>Hydrophyllum virginianum</i>		3.4	+ .1
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>		+ .1	+ .3
<i>Polygonatum pubescens</i>		+ .1	-
<i>Polystichum acrostichoides</i>		1.2	-
<i>Sanguinaria canadensis</i>		1.1	+ .3

Compagnes

CAREX LAXICULMIS		1.3	-
WOODSIA OBTUSA		-	1.2
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		-	2.4
<i>Aquilegia canadensis</i>		+ .1	+ .1
<i>Asplenium platyneuron</i>		+ .2	1.2
<i>Aster cordifolius</i>		+ .1	+ .1
<i>Carex albursina</i>		2.3	-
<i>Carex convoluta</i>		3.3	-
<i>Carex Deweyana</i>		1.2	-
<i>Carex laxiflora</i>		1.2	-
<i>Carex pedunculata</i>		2.2	-

<i>Carex pensylvanica</i>	1.2	-
<i>Carex Swanii</i>	+2	-
<i>Carex virescens</i>	+1	-
<i>Cystopteris fragilis</i>	1.2	-
<i>Festuca rubra</i>	-	2.3
<i>Fragaria vesca</i>	+1	1.3
<i>Galium Aparine</i>	1.3	+3
<i>Geranium Robertianum</i>	2.3	+1
<i>Hypericum perforatum</i>	-	1.1
<i>Mitella diphylla</i>	+1	-
<i>Oxalis stricta</i>	-	1.1
<i>Panicum lanuginosum</i>	-	+3
<i>Phleum pratense</i>	-	+2
<i>Plantago lanceolata</i>	-	1.3
<i>Poa pratensis</i>	-	+3
<i>Polygonum cilinode</i>	-	+3
<i>Potentilla argentea</i>	-	1.3
<i>Potentilla canadensis</i>	-	1.3
<i>Potentilla recta</i>	-	1.2
<i>Solidago flexicaulis</i>	+1	-
<i>Veronica arvensis</i>	-	1.1
<i>Veronica officinalis</i>	-	1.3
<i>Woodsia ilvensis</i>	-	1.2

En outre dans les relevés :

1^{er} relevé : *Oryzopsis racemosa* +.1, *Maianthemum canadense* +.1, *Solidago caesia* +.1, *Solidago rugosa* +.1, *Ranunculus abortivus* +.1, *Impatiens capensis* +.1, *Arisaema atrorubens* +.1, *Festuca obtusa* +.2, *Agrostis perennans* +.1, *Taraxacum erythrospermum* +.1.

2^e relevé : *Sciophiles* : *Lactuca spicata* +.1, *Anemone virginiana* +.1, *Geum canadense* +.1, *Agrimonia gryposepala* +.1.
Héliophiles : *Spiraea tomentosa* +.2, *Rumex Acetosella* +.3, *Anaphalis margaritacea* +.3, *Achillea Millefolium* +.3, *Stellaria graminea* +.1, *Ranunculus acris* +.1, *Potentilla norvegica* +.1, *Trifolium agrarium* +.1, *Verbascum Thapsus* +.1, *Leonurus Cardiaca* +.1, *Asclepias syriaca* +.1, *Erigeron annuus* +.1, *Hieracium aurantiacum* +.1, *Hieracium florentinum* +.1.

L'érablière présente la physionomie d'une vieille futaie, éclaircie par la présence de rochers erratiques partiellement dénudés et de nombreuses roches anguleuses à la surface du sol. Le pourcentage de recouvrement de la strate arborescente supérieure est de 25%, celui de la strate arborescente inférieure, de 80%. A la première, il n'y a que des érables à sucre, d'une hauteur moyenne de 40 pieds et d'un diamètre moyen de 15 pouces. Dans les érablières adjacentes, quelques érables atteignent un diamètre de 24 pouces. Les Ostryers

sont nombreux à la strate arborescente inférieure ; ils sont d'une hauteur moyenne de 30 pieds et d'un diamètre moyen de 12 pouces. Les strates arbustives supérieure et inférieure ont un pourcentage moyen de recouvrement de 30 et 75%, et l'érable à sucre y montre un fort pourcentage de régénération. La strate herbacée recouvre environ 60% de la superficie tandis que la strate muscinale, éparsée sur les roches, les troncs et la base des arbres, est presque inexistante sur le sol.

2. *Woodsia obtusa*

Woodsia obtusa fut récolté pour la première fois à St-Armand, comté de Missisquoi. Frelighsburg n'est que la deuxième station pour cette fougère rare qui devrait se trouver à d'autres endroits du Québec avoisinant les frontières des États-Unis.

Son apparence ressemble d'assez près à celle de *Cystopteris fragilis*, beaucoup plus commune (fig. 2). Elle est cependant plus dressée et d'un vert plus pâle. Ce qui l'en distingue surtout, à première vue, c'est la présence sur ses tiges, surtout à la base, d'écailles brun pâle rappelant celles de *Dryopteris spinulosa*. Les tiges de *Cystopteris fragilis* sont nues ou seulement glanduleuses (fig. 3). Les sores et les indusies, de même que la base de chaque espèce, sont aussi différents.

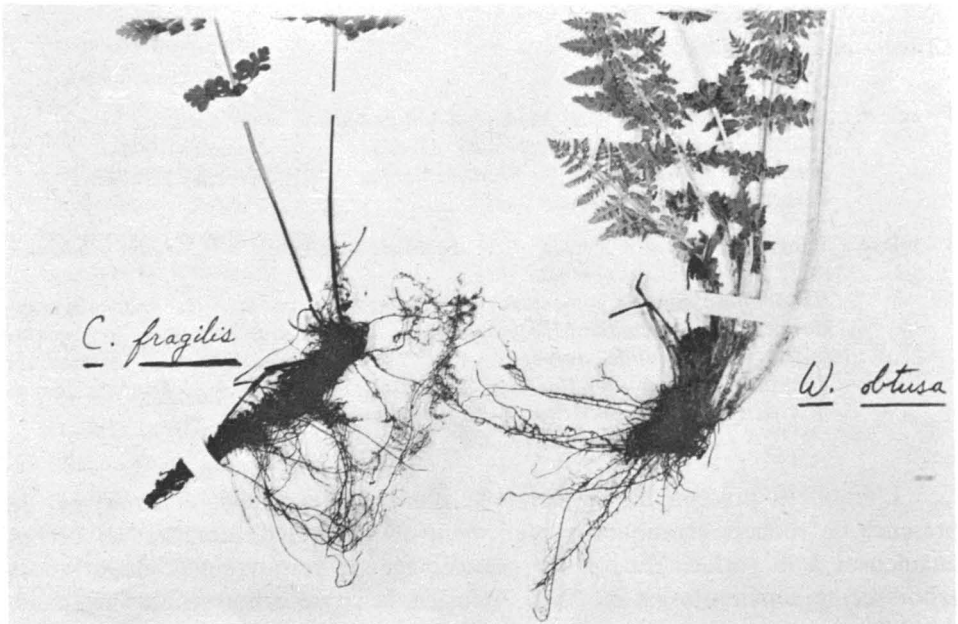


FIGURE 3. La tige de *Woodsia obtusa* (à droite) est munie d'écailles brun pâle; celle de *Cystopteris fragilis* (à gauche) est glabre et lisse. En plus ce dernier développe de longs rhizômes trapus, qu'on ne rencontre pas chez *Woodsia obtusa*.

L'habitat, partiellement dénudé par un ancien déboisement et par la présence d'affleurements rocheux, est recouvert en partie d'arbustes et en partie d'une végétation herbacée à prédominance d'espèces héliophiles, comme le montre notre tableau de végétation (tableau I). La pente y est assez prononcée, d'environ 50 degrés. La strate arborescente est absente, tandis que la strate arbustive supérieure ne montre qu'un pourcentage de recouvrement de 25% et l'arbustive inférieure, qu'un pourcentage de 20%. Viennent ensuite la strate herbacée (70% de recouvrement) et la strate muscinale (30% de recouvrement). L'habitat montre les arbustes les plus caractéristiques de l'érablière laurentienne, de même que certaines herbacées de l'érablière au sens large et de l'érablière laurentienne. Plusieurs mauvaises herbes de même que des *Rubus* envahissent les espaces exposés au soleil.

Remerciements

Nous tenons à remercier bien sincèrement nos collègues professeurs Roger Baril, pédologue, et Victorin Lavoie, écologiste, qui ont revu notre texte et nous ont apporté des suggestions utiles. Remerciements aussi à M. Marcel Raymond, du Jardin botanique de Montréal, qui a vérifié notre identification du *Carex laxiculmis*.

Références

- BRAUN-BLANQUET, J., 1932. Plant Sociology. McGraw Hill Book Co. N. Y.
- CANN, D.B., P. LAJOIE et P.C. STOBBE, 1948. Étude des sols des comtés de Shefford, Brome et Missisquoi dans la province de Québec. Bulletin technique, Ministère de l'Agriculture, Ottawa.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1964. Flore laurentienne. Les Presses, Université de Montréal, Montréal. (2e éd. revue par Ernest Rouleau).
- RAYMOND, M., 1950. Esquisse phytogéographique du Québec. *Mém. J. bot., Montréal*, 5.

LES HYBRIDES INTERGÉNÉRIQUES *ASTER* × *SOLIDAGO*

JEAN-PAUL BERNARD

Herbier Louis-Marie, Université Laval

Résumé

L'*Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. var. *lutescens* (Lindley) Gray des flores américaines est formé d'hybrides entre l'*Aster ptarmicoides* typique et de trois espèces de *Solidago* appartenant à la section *Oligoneuron* : *S. parvirigida* Beaudry, *S. Riddellii* Frank et *S. ohioensis* Riddell, tandis que le X *Solidaster luteus* (Everett) M.L. Green des jardins botaniques d'Europe implique l'*Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. et un *Solidago* que nous croyons être le *S. canadensis* L.

Abstract

The *Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. var. *lutescens* (Lindley) Gray of American floras is formed of hybrids between the typical *Aster ptarmicoides* and three *Solidago* species of the section *Oligoneuron* : *S. parvirigida* Beaudry, *S. Riddellii* Frank and *S. ohioensis* Riddell, whereas X *Solidaster luteus* (Everett) M.L. Green of European Botanical Gardens involves *Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. crossing with a *Solidago* believed to be *S. canadensis* L.

Introduction

Un hybride entre l'*Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. et le *Solidago Riddellii* Frank fut rapporté pour la première fois par Hill (1883) quand il le découvrit à Englewood, en banlieue de Chicago. Nous l'avons récolté nous-même dans la région de Kleefeld, Manitoba (Löve & Bernard, 1959).

Un autre fut découvert vers 1910 à Lyon, France, et a fait l'objet d'articles dans le "The Gardener's Chronicle" (Arends, 1931; Ruys, 1931; Everett, 1937) et dans une publication du Jardin Botanique de Kew (Green, 1937). Il a été traité comme l'hybride de l'*Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. et du *Solidago missouriensis* L. (Everett, 1937). L'étude récente des spécimens du Jardin Botanique de New-York et de celui de Kew indique que le *S. canadensis* L. serait le second parent. Nous y reviendrons plus loin.

L'étude des feuilles d'herbier étiquetées sous *Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. var. *lutescens* (Lindley) Gray, sous *Diplopappus lutescens* Lindley et *Unamia subcinera* Greene, a révélé l'existence de trois hybrides différents selon les lieux d'origine. Ils impliquent tous l'*Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. et les *Solidago Riddellii* Frank, *S. parvirigida* Beaudry et *S. ohioensis* Riddell.

Ce travail fut fait entre 1960 et 1961, mais la préséance que l'auteur a dû donner à d'autres fonctions fit retarder jusqu'à ce jour sa mise au point. Le *Solidago parvirigida* Beaudry a subi plusieurs transferts de nomenclature depuis ce temps (voir Kapoor & Beaudry, 1966), mais nous avons jugé préférable de continuer à l'utiliser parce que nous l'avions accolé avec l'*Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. lors de l'étude du matériel hybride emprunté de différentes institutions.

Morphologie générale

Les hybrides se distinguent de l'*Aster ptarmicoides* surtout par la teinte jaunâtre des fleurs ligulées, les ligules plus courtes et les capitules plus petits. Ce sont les caractères utilisés par les flores courantes pour décrire l'*A. ptarmicoides* var. *lutescens* ou l'*A. lutescens*.

FLEURS

Nos observations sur le terrain indiquent que la couleur tend à varier en fonction du degré d'épanouissement. Elle est d'abord jaune puis tourne au blanc. C'est aussi l'observation de Monroë qu'on trouve sur les étiquettes accompagnant ses spécimens: "rays yellow turning white" et celle d'Everett (1937): "canary-yellow at first, soon fading to creamy-yellow". Par exception, dans la récolte de Marwood faite à Indian Head, Saskatchewan, la couleur passe du blanc au jaune. Ce dernier a inscrit sur l'étiquette de sa récolte: "When found the ten or eleven flowers in the center were a decidedly yellow color, while four on each side were almost white or pale cream color." Les fleurs ligulées des capitules situés au centre de la panicule sont dans un état d'épanouissement plus avancé que celles de la périphérie. Il en serait de même dans les spécimens de Fletcher (1900): "... the flowers retaining their yellow tinge as well in the East as in its native prairie." L'orientation du changement de la couleur dans un sens ou dans l'autre semble déterminé par le sexe. C'est ce que nous saurons par les croisements expérimentaux en voie de réalisation.

Chez l'*Aster ptarmicoides* typique les fleurs ligulées sont toujours blanches. Les opérations de séchage des spécimens d'herbier altèrent plus ou moins la couleur originelle, et leur donne une teinte plus ou moins crème, jaune ou brune. Il est donc très important de noter la couleur au moment de la récolte. Les hybrides sont facilement reconnaissables sur le terrain à condition de pas-

ser devant eux au début de leur floraison. Car à la fin de la floraison, ils se confondent tout à fait avec les *A. ptarmicoides*.

La longueur des ligules, leur nombre et la nature des nervations sont plus ou moins intermédiaires entre ceux de l'*Aster ptarmicoides* et des *Solidago parvirigida*, *S. Riddellii* et *S. ohioensis*.

En disséquant des capitules de l'*Aster ptarmicoides* et du *Solidago Riddellii* venant de Kleefeld, Manitoba, nous avons constaté que leurs fleurs tubuleuses diffèrent très peu. Elles sont parfois plus courtes d'une fraction de millimètre chez le *S. Riddellii* et l'hybride. De plus, la largeur du capitule au niveau des bractées involucales augmente parallèlement au nombre des fleurs tubuleuses, qui est de 9 à 24 dans le *S. Riddellii*, de 16 à 42 dans l'hybride et de 50 à 66 dans l'*A. ptarmicoides*.

BRACTÉES INVOLUCRALES

Les bractées involucales des *Solidago parvirigida*, *S. Riddellii* et *S. ohioensis* sont aplaties, plus ou moins striées, plus ou moins arrondies à l'extrémité, d'un vert pâle à jaunâtre. Dans l'*Aster ptarmicoides*, elles sont normalement carénées avec nervure médiane très proéminente supérieurement, dépourvues de stries latérales, aiguës à l'extrémité et d'un vert foncé. Seules les bractées du *S. parvirigida* sont pubescentes, alors qu'elles sont glabres à pubescentes chez les hybrides. Le capitule de l'*A. ptarmicoides* possède deux fois plus de bractées que chacun des *Solidago* mentionnés; les bractées sont en nombre intermédiaire chez les hybrides.

AIGRETTES

Chaque capitule de l'*Aster ptarmicoides* renferme des aigrettes se composant de deux types de soies; les unes ont une extrémité sétacée et les autres sont claviformes. Les claviformes prédominent. Dans les *Solidago* concernés, elles sont toutes sétacées. Chez les hybrides, il n'y a pas de transition apparente; mais il y a variation des proportions d'un capitule à l'autre sur un même plant.

PANICULE

Les capitules sont diversement disposés, depuis le corymbe très ouvert de l'*Aster ptarmicoides* jusqu'à la panicule très dense des *Solidago*. La qualité de la pubescence des branches est plus ou moins intermédiaire entre celle des parents.

CAPITULES

La dimension des capitules est variable d'un individu à l'autre; elle passe insensiblement des petits capitules des *Solidago* jusqu'aux gros capitules de l'*As-*

ter ptarmicoides. Le nombre de capitules par individu varie beaucoup, mais il est toujours intermédiaire entre ceux des parents, là où tous les trois croissent dans un même habitat. C'est notre observation à Kleefeld, Manitoba. Il faut tenir compte des conditions de l'habitat et des facteurs climatiques régionaux qui affectent la taille des individus et conséquemment le nombre des capitules. Les spécimens transplantés dans des parcelles expérimentales, et ceux croissant sur sol fraîchement remué tendent à acquérir un plus grand développement et portent un plus grand nombre de capitules.

FEUILLES

Il y a transition dans les caractères foliaires des hybrides impliquant l'*Aster ptarmicoides* et le *Solidago ohioensis* ou le *S. parvirigida*. Chez les hybrides du même *Aster* avec *S. Riddellii*, il se produit une ségrégation des caractères: les feuilles sont pliées-arquées dans la partie inférieure de la tige et planes dans la partie supérieure. La même ségrégation s'observe quand le *S. Riddellii* hybride avec le *S. parvirigida* et le *S. ohioensis*.

FLORAISON

D'après nos observations personnelles, les spécimens d'herbier et l'article de Criddle (1927), ainsi que la 8^e édition du Gray's Manual de Fernald (1950) et la 3^e édition du Flora of Illinois de Jones (1963), nous avons pu établir une estimation approximative de la période de floraison des hybrides et de leurs parents.

A Kleefeld, Manitoba, les *Aster ptarmicoides* sont encore en pleine floraison au moment où débute celles des *Solidago parvirigida* et *S. Riddellii*. Il en est de même ailleurs où les hybrides furent récoltés: Minnesota, Dakota du Nord, Dakota du Sud, Illinois, Wisconsin, Indiana et Ontario. La floraison du *S. ohioensis* débute une semaine plus tôt que celle du *S. Riddellii* ou une semaine plus tard que ce dernier, selon les lieux (Deam, 1940; Salamun, 1963). Le chevauchement des périodes de floraison dans chacune de ces régions entre l'*Aster ptarmicoides* et les *Solidago* concernés favorise donc l'hybridation entre ces espèces.

La floraison des hybrides débute plus tard que celle de l'*Aster ptarmicoides*, mais environ une semaine plus tôt que celle du *Solidago* putatif. Le fait est particulièrement évident chez l'*Aster ptarmicoides* X *Solidago Riddellii* que nous avons observé à Kleefeld, Manitoba, pendant plusieurs années consécutives.

FERTILITÉ

Nous ne possédons de données sûres que pour l'*Aster ptarmicoides* X *Solidago Riddellii*. Elles se rapportent aux tests de coloration des grains de pollen qui nous donnent le pourcentage de grains de pollens viables ou fertiles. L'indice

de fertilité est particulièrement élevé chez les hybrides de Kenosha, Wisconsin, d'après une communication personnelle reçue du Dr Peter J. Salamun: "*Dr. Torres instructed me in a pollen viability test based on a staining technique. Pollen stainability of the hybrid as well as the two supposed parents was about 97%.*" Cette fertilité est un peu plus basse chez les spécimens de Kleefeld, Manitoba: 73% chez l'hybride, en comparaison de 98% pour l'*Aster ptarmicoides* et de 90% pour le *S. Riddellii* (Löve & Bernard, 1959).

NOMBRE CHROMOSOMIQUE

Le nombre chromosomique de l'*Aster ptarmicoides*, du *Solidago Riddellii* et de leur hybride est $2n: 18$ (Löve & Bernard, 1959); leurs chromosomes sont morphologiquement identiques. Il en est de même du *S. parvirigida* et du *S. canadensis* (Beaudry & Chabot, 1959), ainsi que du *S. ohioensis* (Kapoor & Beaudry, 1966).

HABITAT

Le climat et la nature de l'habitat influent considérablement sur la taille des individus. Les spécimens des grandes plaines de l'Ouest canadien et américain et ceux d'habitats rocheux ont une taille plus courte que ceux d'autres régions, à cause de la basse teneur en humidité du sol. D'autre part, les individus poussent plus vigoureusement sur un sol meuble ou fraîchement remué.

L'*Aster ptarmicoides* se rencontre dans les habitats secs, sablonneux, rocaillieux et calcaires; le *Solidago parvirigida* croît dans les zones sèches des prairies, surtout le long des routes et des remblais de chemins de fer; les *S. Riddellii* et *S. ohioensis* préfèrent les endroits plus ou moins humides. Les hybrides apparaissent dans les habitats intermédiaires entre ceux des parents.

Selon Anderson (1949), Stebbins (1950) et d'autres auteurs, les hybrides naturels se rencontrent plus fréquemment dans les habitats altérés par les fléaux de la nature et par l'activité humaine. L'homme en perturbant l'habitat, bouleverse les flores et détruit l'équilibre biologique, provoquant même un certain dérangement dans le métabolisme des plantes et un affaiblissement des barrières cytologiques qui existent entre certaines espèces. On lui impute la grande prolifération du genre *Crataegus* en Amérique (Marie-Victorin, 1935). Ces perturbations créent des conditions favorables à l'introgression des caractères d'une espèce à une autre.

Hill (1883) a recueilli d'intéressantes notes sur l'habitat des hybrides d'Englewood: "*The prairie here was originally wet, but the opening of streets and railroads, with accompanying ditches and sewers, has drained it so as to produce a promiscuous mingling of wet land and dry land floras, as far as they are able*

to accommodate themselves to change, and hence queer floral neighbors are found."

Aster ptarmicoides est autostérile; une tentative de fécondation entre les capitules d'un même individu a donné des résultats négatifs. Il en est de même de presque tous les *Solidago* (Beaudry, communication personnelle). Ils se perpétuent par la fécondation croisée entre individus distincts de la même espèce. À Kleefeld, nous avons noté la grande abondance des insectes pollinisateurs: abeilles, guêpes, etc., pendant la floraison des *Aster* et des *Solidago*. Ces insectes transportent beaucoup de pollens étrangers sur les stigmates. Selon Belair (1909), le pollen de la même espèce possède une action plus rapide. En germant, le tube pollinique pénètre dans l'ovaire avant ceux des autres espèces. Seule l'intervention humaine et une perturbation dans le métabolisme de l'individu peut favoriser le pollen étranger.

Matériel et méthode

Nous avons tâché de retracer tous les spécimens mentionnés dans la littérature sous *Aster ptarmicoides* var. *lutescens*, *Diplopappus lutescens*, *Unamia subcinera*, *Aster hybridus luteus*, *Solidaster luteus*. Pour cela nous avons pris contact avec une cinquantaine d'herbiers canadiens, américains et européens. En outre, nous avons examiné un nombre considérable de feuilles d'herbier se rapportant à l'*Aster ptarmicoides* et aux *Solidago* suivants: *S. Riddellii*, *S. parvirigida*, *S. rigida*, *S. ohioensis*, *S. canadensis*, *S. gigantea* et *S. missouriensis*.

Les spécimens des herbiers suivants furent étudiés sur place: Herbarium Louis-Marie, Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec (QFA); Herbarium Marie-Victorin, Institut Botanique de l'Université de Montréal (MT); Université McGill, Montréal (MTMG); Jardin Botanique de Montréal (MTJB). Alors que des emprunts furent fait dans les herbiers ci-dessous: Musée National du Canada, Ottawa, (CAN); Département de l'Agriculture d'Ottawa (DAO); University of Toronto, Toronto (TRT); University of Manitoba, Winnipeg (WIN); The New York Botanical Garden, N.Y. (NY); Gray Herbarium of Harvard University, Cambridge, Mass. (GH); The Smithsonian Institution, Washington, D.C. (US); University of Illinois, Urbana, Ill. (ILL); University of Wisconsin, Madison, Wisc. (MAD); Milwaukee Public Museum, Milwaukee, Wisc. (MIL); University of Minnesota, Minneapolis, Minn. (MIN); Royal Botanic Gardens, Kew, England (K); University of Cambridge, Cambridge, England (CGE).

Des observations furent faites sur des individus vivants de l'*Aster ptarmicoides*, du *Solidago Riddellii* et de l'hybride croissant sur le terrain à Kleefeld, Manitoba, durant les étés de 1958, 1959, 1961 et 1962. Quelques souches fu-

rent aussi transplantées en serre à l'Institut Botanique de l'Université de Montréal pour les besoins de l'étude. De plus nous avons fait une bonne récolte de matériel séché pour les dissections en laboratoire.

Avec le matériel de Kleefeld, il nous fut possible de faire une étude approfondie des pièces florales et des autres parties de la plante. Mais nous avons dû nous limiter aux caractères extérieurs observables sous le microscope pour le matériel d'herbier emprunté.

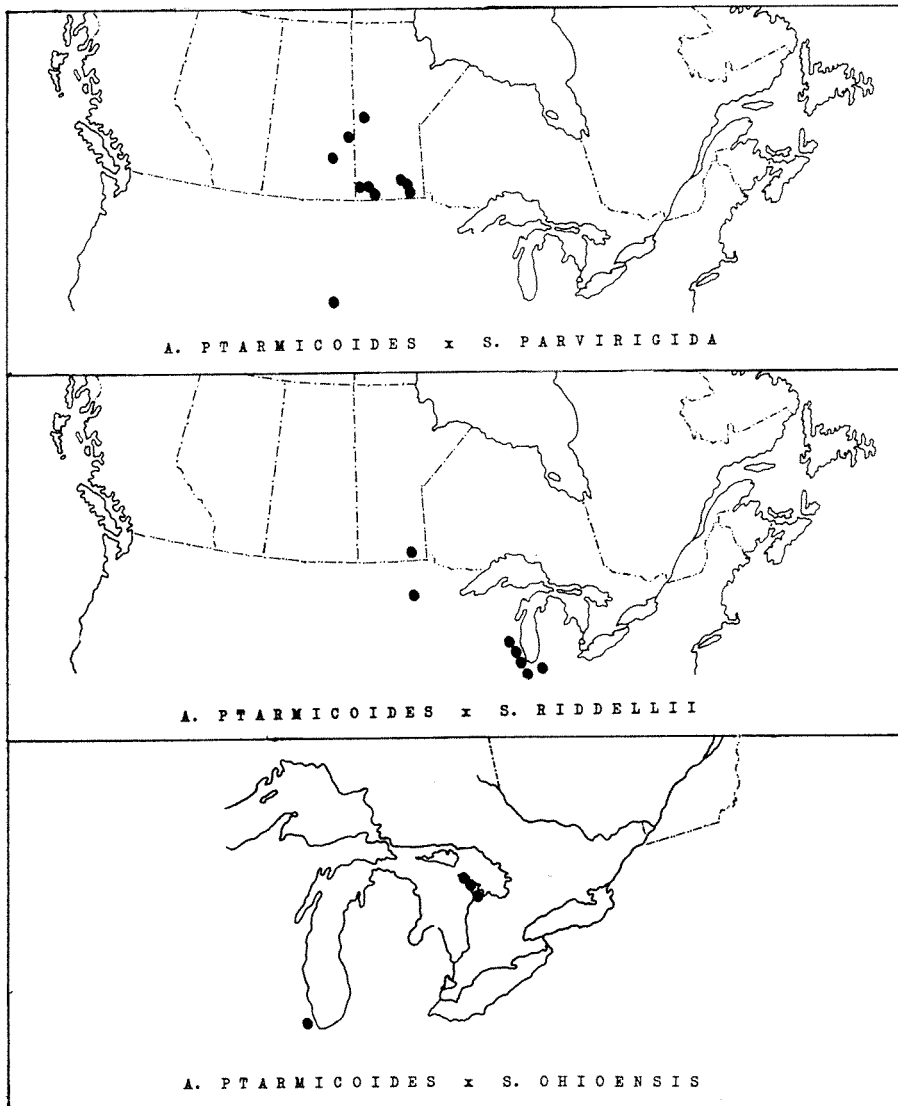


FIGURE 1. Cartes de distribution des hybrides intergénériques *Aster* × *Solidago*.

Hybrides observés

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. × *Solidago parvirigida* Beaudry

Synonymes : *Diplopappus lutescens* Lindl. ex DC. Prodr. V : 278. 1836, (fig. 1) ; *Diplopappus albus* Lindl.) ex Hooker β *lutescens* (Lindl.) Hook., Fl. Bor. Am. 2: 21. 1834; *Aster lutescens* (Lindl.) T. & G., Fl. N. Am. 2: 160. 1842; *Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. var. *lutescens* (Lindl.) Gray (pro parte), Syn. Fl. N. Am., p. 199. 1886; *Unamia subcinera* Greene, Leaflet Bot. Obs. Crit. 1: 7. 1903-6. X *Solidago lutescens* (Lindl.) Boivin, Phytologia (sous presse).

Plus ou moins semblable au *Solidago parvirigida* (*S. rigida* L. var. *humilis* Porter) par les feuilles, la tige et les bractées involucrales, spécialement par la pubescence dense qui les recouvrent, et à l'*Aster ptarmicoides* par la panicule plus ou moins ouverte et les capitules peu nombreux. Les feuilles sont oblongues-linéaires par rapport aux feuilles ovées-oblongues du *Solidago parvirigida* et aux feuilles linéaires ou linéaires-oblongues de l'*Aster ptarmicoides*. La couleur des ligules passe du jaune au blanc (rarement inversement) selon le degré d'épanouissement.

Par la culture, ces hybrides deviennent vigoureux, développent un plus grand nombre de capitules et la pubescence n'est pas tout aussi dense que chez les spécimens croissant dans la nature. Tels sont les *ex-horto* de Fletcher.

Dans le tableau I (comme dans ceux qui suivront) nous nous sommes limités aux divergences les plus accentuées, pour plus de brièveté. On remarquera que nous avons toujours inclus dans chaque tableau l'*Aster ptarmicoides*, mais avec des variantes; cela se justifie du fait que cette espèce varie un peu d'une région à l'autre selon le climat et la nature de l'habitat, chaque tableau impliquant des plantes récoltées le plus possible dans le même habitat ou la même région. Les chiffres indiqués correspondent aux nombres les plus fréquents, les nombres extrêmes étant placés entre parenthèses.

La description de Lindley se lit comme suit: "*Caule simplici corymboso, ramulis sub-1-cephalis subaphyllis, foliis oblongo-linearibus basi longe angustatis subintegris scabris, invol. pubescentis squamis oblongo-lanceolatis obtusis. In America artica. Radius lutescens.*"

Le type de Lindley est à l'herbier Lindley à l'Université de Cambridge, Angleterre. La feuille renferme trois spécimens (fig. 2A) avec les notes suivantes : "*Diplopappus lutescens m., Red River, Douglas. Flower yellow, D.D.*" (David Douglas). D'après le Dr Max Walther (communication personnelle) : "*David Douglas was the famous botanical collector sent to North America by the Horticultural Society. It is probable that Lindley made a description of these plants and sent it to DeCandolle (1836) who published it without seeing the specimens.*"

TABLEAU I

Tableau comparatif de l'hybride *Aster ptarmicoides* X *Solidago parvirigida* avec ses parents
(basé sur des spécimens des Provinces des Prairies)

<i>Aster ptarmicoides</i>	<i>Hybride</i>	<i>Solidago parvirigida</i>
Feuilles linéaires-lancéolées ± scabres à glabres trinervées	linéaires-oblongues ± pubescentes-scabres trinervées à penninervées	ovées à oblongues fortement pubescentes-scabres penninervées
Tige glabrescente	± pubescente	densément pubescente
Panicule modérément pubescente	± densément pubescente	densément pubescente
Capitules à pédoncule ± long (1)-4-7-(11) par individu	± court à long (5)-14-(30)	± sessile à court (45)-63-(75)
Bractées involucreales glabres (26)-30-32-(36) par capitule	± pubescentes (18)-25-(30)	très pubescentes (18)-19-(20)
Ligules (12)-20-(22) par capitule	(11)-16-(21)	10-12

A l'herbier du Jardin Botanique de Kew, il existe d'autres spécimens répartis sur deux feuilles d'herbier. La première feuille porte le numéro 205 et l'année 1827 avec ces notes: "*On dry elevated ground of Red River. Common. Flower yellow. Douglas.*" Et le Dr Hubbard (communication personnelle) précise à ce propos: "*It is the type of *Diplopappus albus* β Hooker, *Flora Boreali-Americana VII*, p. 21, 1834, (Syn.: *D. lutescens*) that was collected by Douglas from the "bank of the Red River". Les spécimens sont très similaires à ceux du type du *D. lutescens* conservé à l'herbier Lindley et nous croyons qu'ils proviennent de la même station. La seconde feuille porte ces notes: "*Dry limestone rocks on the plains of Red River. 1827*"; les individus sont légèrement plus courts avec moins de capitules, par suite de l'habitat plus sec. Ces derniers proviennent d'une autre station que nous préciserons plus loin.*

Le volume: "Journal kept by David Douglas during his travels in North America, 1823-1827", publié en 1914, indique que le Red River des étiquettes d'herbier se rapporte à la colonie de la rivière Rouge (Red River settlement) où Douglas passa un mois. L'emplacement fut aussi désigné Fort Garry et est aujourd'hui Winnipeg; il se trouve à la jonction de la rivière Assiniboine avec la Rouge.

En date du 20 juillet (1827), Douglas écrit: "*Made a short trip to "The Pines", a small tract of undulating country a few miles off the banks of the river on south side.*" Et il écrit sous le numéro 205 de son journal: "*Syngenesia, perennial; flower white; a fine low plant; seen on all dry bare of the plains.*" Cette description s'applique spécialement à l'*Aster ptarmicoides* (à fleurs blanches) qu'il a récolté en même temps que l'hybride. Rappelons que tous les hybrides que nous avons observés sur le terrain ont des fleurs plus ou moins jaunes ou plus ou moins blanches, selon que la floraison est plus ou moins avancée; dans le second cas, les individus se confondent avec l'*Aster ptarmicoides*.

Le "The Pines" de Douglas se rapporterait à l'élévation sablonneuse qui se trouve dans la région de Bird's Hill, au nord-est de Winnipeg. Gwain Hamilton (1966?), discutant sur l'origine du nom de cette localité écrit: "*This is the name that has been applied to a steep elevation a mile or so east of the Red River on the outermost limits of the wood right of the Kildonan settlers. The name apparently was given to it because it was owned by chief Factor James Curtis Bird. The hill itself has known many names. In the flood of 1826 it is referred to as the Pines Hills . . .*" Ce secteur (de même que Pine Ridge, Sandilands, Hazel Ridge, etc.) est constitué de dépôts glaciaires (eskers) ou fluviaux remaniés par la vague sur la rive est du lac Agassiz (Boivin, communication personnelle; Löve & Bernard, 1959).

La récolte portant les notes: "*Dry limestone rocks on the plains of Red River*" provient de la localité actuelle de Stony Mountain à environ 18 milles de Winnipeg. C'est le seul affleurement calcaire situé à cette distance. Les notes

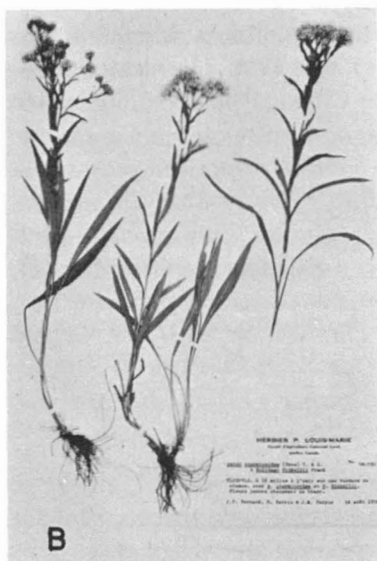
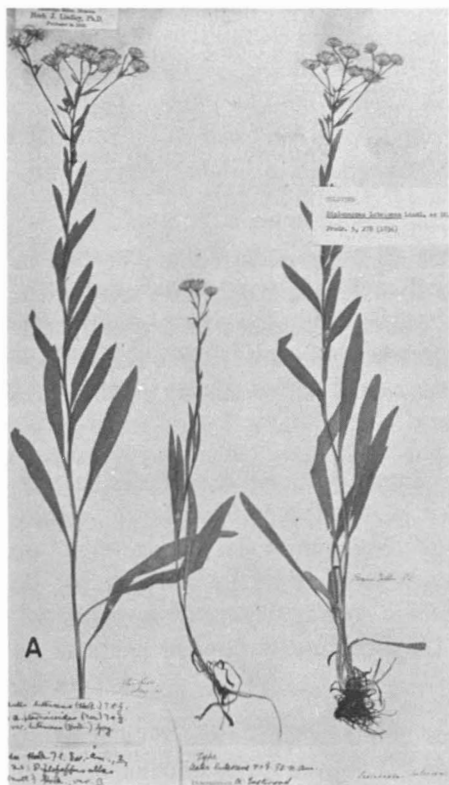


FIGURE 2. A) *Aster ptarmicoides* × *Solidago parvirigida*; B) *A. ptarmicoides* × *S. Riddellii*; C) *A. ptarmicoides* × *S. ohioensis*; D) *A. ptarmicoides* × *S. canadensis*.

de Douglas (page 287) l'indiquent: "*At daylight started on horseback to a small low hill about sixteen or eighteen miles east of the colony, composed of limestone rock with a few low poplars, willow, and birch in the low places. The plains being overflowed four or five miles back from Red River, had to go round by Sturgeon Creek on the Assiniboine River. Returned late at night.*" Ceci se passait au début d'août 1827.

Comme il arrive souvent dans les récoltes de Douglas, la feuille d'herbier ne porte pas de numéro, mais les notes données sous le numéro 283 de son journal s'appliqueraient bien à l'*Aster ptarmicoides* (fleurs blanches) et à son hybride (fleurs jaunes): "*Syngenesia, perennial; flowers white (sic); a slender short plant, frequenting light dry soils; this may be only a yellow variety of one with white flowers found a few days since.*"

Ajoutons que Douglas a récolté simultanément l'*Aster ptarmicoides*, le *Solidago rigida* (d'après l'étiquette accompagnant la récolte) et l'hybride à la colonie de la rivière Rouge, comme l'indique ses récoltes conservées à l'Université de Cambridge et au Jardin Botanique de Kew, en Angleterre. Le numéro 208 de son journal concernerait certainement le *Solidago rigida*: "*Syngenesia, perennial; flower orange; abundant with the former.*" L'hybride ne se conçoit pas sans la présence des parents.

L'orientation que Douglas a donné des emplacements cités plus haut est basée évidemment sur une estimation faussée par le cours très sinueux de la rivière Rouge où il aurait établi sa résidence. Partant d'un point donné, Douglas pouvait dire que la rive est de la rivière Rouge est au sud, Sturgeon Creek au nord et l'affleurement calcaire à l'est. En réalité, la rivière Rouge coule du sud au nord, et Sturgeon Creek se trouve à l'ouest de Winnipeg, Rocky Mountain vers le nord et Bird's Hill (le "The Pine" de Douglas) vers l'est. Un historien très versé dans l'histoire du Manitoba, le Père Antoine Champagne (communication personnelle), vient appuyer nos avancées: "*Je puis confirmer qu'il n'y a en effet que deux endroits dans la région de Winnipeg — Saint-Boniface qui puissent se reconnaître dans "undulating country", à savoir Bird's Hill et Stony Mountain. Or, connaissant bien ces deux régions, je puis vous dire qu'il n'y a aucun conifère dans cette dernière, alors que plusieurs espèces abondent dans Bird's Hill, telles: Picea glauca, Picea mariana et Pinus Banksiana. Tous s'appellent "pine" dans le langage populaire. D'autre part, durant l'inondation de 1826, la pire que le Manitoba ait connue, on sait que les gens de Saint-Boniface se réfugièrent dans Bird's Hill, et il est naturel que Mgr Provencher y ait conduit son visiteur botaniste (s'il était à la Rivière-Rouge en 1827).*"

Toute la vallée de la rivière Rouge est constituée de "gumbo" (mélange d'argile et d'humus) où l'*Aster ptarmicoides* et son hybride sont absents, sauf sur de petites buttes ou élévations sablonneuses et graveleuses telles que Stony Mountain, Bird's Hill et Pine Ridge. Dans le contexte du Journal de Douglas ce sont les seules localités possibles dans un rayon de 20 milles de Winnipeg.

En 1842, dans leur *Flora of North America*, Torrey et Gray transfèrent notre plante à ligules jaunes dans le genre *Aster*, sous *A. lutescens* (Lindl.) T. & G., et celle à ligules blanches devient *A. ptarmicoides* (Nees) T. & G. Mais la localité de l'*A. lutescens* y est désignée: "*Saskatchewan, on dry elevated grounds of the Assiniboine River*" et Macoun (1884) l'a répété. Rappelons que ces citations se rapportent toutes aux récoltes faites à la "colonie de la Rivière-Rouge". Il faut dire que les rivières Rouge et Assiniboine se rejoignent à Winnipeg. Sur la carte du *Flora Boreali-Americana* de Hooker (1828), il est indiqué que Douglas a également herborisé le long de l'Assiniboine jusqu'au 100e de longitude ouest (Brandon, Manitoba). Le *Pays de la Saskatchewan* du siècle dernier était un territoire beaucoup plus vaste, sans rapport avec les limites territoriales de la Province de la Saskatchewan d'aujourd'hui; Boivin (communication personnelle) précise: "*À l'époque de Drummond, de Douglas et de Richardson le Pays de la Saskatchewan est une région aux limites un peu imprécises, mais s'étendant depuis la rivière aux Tourtes (Ontario) jusqu'aux Rocheuses (Alberta), la montagne des Feuilles (Minnesota), le lac Traverse (Dakota-Sud) et la Rivière-des-Lacs (Dakota-Nord). Vers le nord les limites sont imprécises.*"

L'*Unamia subcinera* décrit par Greene a été complètement ignoré des botanistes. La description (Greene, 1903) est basée sur des récoltes hybrides entre l'*Aster ptarmicoides* et le *Solidago parvirigida* faites en 1887 par W.H. Forwood à Black Hills, dans le Dakota du Sud. L'*Aster ptarmicoides* faisait partie des mêmes récoltes, et Greene a créé le genre *Unamia* pour y verser les deux.

Spécimens examinés:

SASKATCHEWAN: *F.G. Marwood 2302*, Indian Head (Assiniboia), 1893 (CAN; QFA, photo). *Macoun 7916*, west of Touchwood Hills (N.W.T.), dry gravelly soil, Aug. 14, 1872 (CAN; QFA, photo).

MANITOBA: *G. Stevenson 506*, west of Brandon near rail stuck in ground, growing with *Aster ptarmicoides*, flowers yellow, low prairie, Aug. 15, 1952 (DAO; QFA, photo; *Macoun 12195*, Killarney, on the hill south of the Lake, Aug. 3, 1896 (CAN, QFA, photo); *J.P. Bernard 61-40*, Kleefeld, en bordure d'un champ à un mille à l'est de la localité, 23 août 1961 (QFA); *J. Fletcher*, Red Deer (pour « Red Deer River », au nord-ouest du lac Winnipegosis, d'après Macoun (1883 et 1894), July 27, 1905 (DAO, MT, QFA); *D. Douglas 205*, Red River (pour « Red River settlement »), on dry elevated ground of Red River (sur les hauteurs de Bird's Hill i.e. « The Pines » du Journal de Douglas); common, flowers yellow, 1827 (CGE, type du *Diplopappus lutescens* Lindley (QFA, photo); K, type du *Diplopappus albus* β Hooker; QFA, photo); *D. Douglas*, dry limestone rocks on the plains of Red River (Stony Mountain), 1827 (K; QFA, photo). D'autres récoltes manitobaines mentionnées sous *Aster ptarmicoides* var. *lutescens* pour Aweme et Griswold (Fletcher, 1900), ainsi que pour Brandon, Glenboro et Inwood (Scoggan, 1957) ne parent être retracées; elles appartiendraient à notre hybride, a moins d'être un *Aster ptarmicoides* ou un *Solidago parvirigida* mal identifié.

ONTARIO : *J. Fletcher, ex-horto* de la Ferme Expérimentale Centrale d'Ottawa, recueilli en juillet 1898, dont la souche originelle fut récoltée dans une prairie humide à Virden, Manitoba, en 1895 (DAO, QFA) ; aussi un autre *ex-horto* d'une souche non déterminée recueillie en 1908 (CAN ; QFA, photo).

DAKOTA DU SUD : *W.H. Forwood*, avec l'*Aster ptarmicoides*, Black Hills, near Ft. Meade ; August 23 (et) September 2, 1887 (US, type de *Unamia subcinera* Greene ; QFA, photo). Il existe un double de cette récolte au Gray Herbarium (C. Rousseau, verbatim).

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. × *Solidago Riddellii* Frank

Synonymes : *Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. var. *lutescens* (Lindl.) Gray (pro parte), Syn. Fl. N. Am. p. 199, 1886 ; × *Solidago Bernardii* Boivin, Phytologia (sous presse).

Plus glabrescent et plus grêle que le précédent, avec capitules plus petits, plus nombreux et formant souvent une panicule plus dense. Les feuilles inférieures (ou les basilaires) sont pliées-arquées comme celles du *Solidago Riddellii*, mais les feuilles supérieures sont planes et plus ou moins identiques à celles de l'*Aster ptarmicoides*. Beaucoup plus variable que l'hybride précédent. Les spécimens du Manitoba (fig. 2B), du Minnesota et du Wisconsin sont intermédiaires entre leurs parents dans tous leurs caractères (à l'exception des feuilles). Mais ceux provenant spécialement d'Englewood, Illinois, montrent une nette ségrégation dans les parties constituantes des capitules : bractées involucrales d'*Aster ptarmicoides* sur de petits capitules de *Solidago Riddellii*.

Mentionné pour la première fois par Hill (1883) pour Englewood, Illinois, puis par Löve & Bernard (1959) pour Kleefeld, Manitoba.

Hill a clairement indiqué dans son article que les individus possédaient des feuilles pliées-arquées à la base. Mais au moment de ses récoltes, il a laissé sur le terrain les souches portant les feuilles pliées-arquées afin de pouvoir faire d'autres observations ultérieurement. C'est pourquoi les feuilles d'herbiers accessibles ne comprennent que la portion supérieure de ces plantes avec les feuilles caulinaires semblables à celles de l'*Aster ptarmicoides* ; ce serait une des raisons pour lesquelles Gray (1886) a classé ces récoltes comme une variété de cette dernière espèce.

Tous les spécimens du Wisconsin que nous avons pu examiner sont des *Aster ptarmicoides* × *Solidago Riddellii*. Monroë (1914) les mentionne sous *Aster ptarmicoides* var. *lutescens* pour ses spécimens récoltés dans les prairies entre Corliss et Gatliff, et en bordure du chemin de fer à Sylvania, comté de Racine, dans les limites des cantons (townships) de Mt. Pleasant et d'York section 30, T3N, R22E). *A. ptarmicoides*, *S. Riddellii*, de même que *S. ohioensis* sont présents dans la région concernée (Salamun, communication personnelle). Cet hybride a tout récemment été de nouveau récolté dans le sud-est du Wisconsin et est sous observation par un botaniste de l'endroit.

TABLEAU II

Tableau comparatif de l'hybride *Aster ptarmicoides* X *Solidago Riddellii* avec ses parents
(basé sur des spécimens de Kleefeld, Manitoba)

<i>Aster ptarmicoides</i>	<i>Hybride</i>	<i>Solidago Riddellii</i>
<i>Feuilles planes</i>	pliées-arquées à la base, planes supérieurement	pliées-arquées
± scabres ou glabrescentes	± scabres ou glabrescentes	glabres
<i>Branches légèrement pubescentes</i>	modérément pubescentes	densément pubescentes
<i>Capitules à pédoncule ± long</i> 1 à 12 par individu	± long à sessile 7 à 90	± court à sessile 34 à 135
<i>Bractées involucreales:</i> (26)-30-(36) par capitule	(14)-18-20-(32)	(10)-12-14-(18)
<i>Fleurs:</i>		
<i>ligulées:</i> (12)-20-(22) par capitule	(8)-11-14-(18)	7-9-(15)
<i>tubuleuses:</i> (50)-56-(63) par cap.	16 à 42	(9)-14-(24)

Au Dakota du Nord, le Dr O.A. Stevens l'a observé en compagnie des parents (Cronquist, communication personnelle). Floyd A. Swink, naturaliste du Morton Arboretum de Lisle, Illinois, en fit plusieurs récoltes à l'ouest de Gary, Indiana, et près des rues States et Oshesley dans le sud de la ville de Chicago, Illinois.

Spécimens examinés:

MANITOBA, Provencher : *J.P. Bernard, B. Boivin & J.M. Perron 58-587 et 592*, sur une bordure de champ à environ un mille et demi à l'est de Kleefeld, 15 août 1958 (QFA, MT; aussi à DAO, sous un autre numéro); idem, *J.P. Bernard 58-621*, 18 août 1958 (QFA, MT); idem, *J.P. Bernard 61-26, 61-29, 61-30, 61-31, 61-32*, 23 août 1961 (QFA; CGE, numéro 61-36).

WINCONSIN, Racine Co : *C.E. Monroe*, Mt. Pleasant township, Sept. 7, 1902, récolte N° 71 (NY; QFA, photo) et Sept. 13, 1908, récolte N° 4041 (MIL; QFA, photo); *C.E. Monroe*, town of York, East of Sylvania Station, ray yellow, turning white, Sept. 13, 1908, N°s 4042, 4044, 4045 (MIL; QFA, photo) et 4043 (MIN; QFA, photo).

ILLINOIS, Cook Co : *E.J. Hill*, Englewood, Sept. 8, 1882, N° 192a (deux spécimens, dont l'un avec la mention : rays whitish, et l'autre : rays nearly white, intermediate) (ILL; QFA, photo), N° 130 (plusieurs spécimens avec la mention : rays pale yellow) ILL, GH; QFA, photo); *E.J. Hill*, dry prairies, Sept. 5, 1884 (ILL; QFA, photo); idem, Aug. 1889 (ILL; QFA, photo); *L.N. Johnson*, Edgewater, Sept. 1890 (NY; QFA, photo); *Higgins*, Norwood Park, Sept. 24, 1892 (ILL; QFA, photo). Enfin, mentionnons deux échantillons probablement trihybrides dont la combinaison pourrait être : (*Aster ptarmicoides* × *Solidago Riddellii*) × *S. ohioensis*, *E.J. Hill*, Englewood, Aug. 23, 1886 (ILL, QFA, photo).

MINNESOTA, Clay Co, South of Buffalo State Park, *O.A. Stevens 2621*, roadside ditch in gravelly soil on old lake beach, some rays white or whitish; *A. ptarmicoides* and *Solidago Riddellii* present, Aug. 15, 1962 (NY; QFA, photo).

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. × *Solidago ohioensis* Riddell

Synonymes : *Aster ptarmicoides* (Nees) T. & G. var. *lutescens* AA; × *Solidago Krotkovii* Boivin, Nat. Can. 94: 647-648. 1967.

Semblable à l'*A. ptarmicoides* × *S. Riddellii*, sauf que les branches de la panicule sont glabres ou glabrescentes, très grêles et sillonnées, plus souvent courbées et sinueuses que droites. Les feuilles sont celles du *Solidago ohioensis*, mais plus étroites, avec le type de nervation caractéristique de cette espèce; parfois elles possèdent une triple nervation continue à l'instar de l'*Aster ptarmicoides*. La panicule est en cyme plus ou moins dense, arrondie ou asymétrique, comme celle du *Solidago ohioensis*, mais avec des capitules moins nombreux, de dimension identique à ce dernier ou plus ou moins intermédiaire avec ceux de l'*Aster ptarmicoides*. Les formes extrêmes se confondent avec celles du

TABLEAU III

Tableau comparatif de l'hybride *Aster ptarmicoides* X *Solidago ohioensis* avec ses parents
(basé sur des spécimens de la péninsule de Bruce, Ontario)

<i>Aster ptarmicoides</i>	Hybride	<i>Solidago ohioensis</i>
<i>Feuilles</i> toutes trinervées	uni-(tri-, penni-) nervées	les basilaires penni-nervées, les caulinaires uninervées
<i>Branches</i> de la panicule modérément pubescentes	glabres à légèrement pubescentes	glabres
<i>Capitules</i> à pédoncule ± long (2)-4-7-(29) par individu	± court et ± strié 13 à 130	± court et strié 60 à 160
<i>Bractées involucrales</i> : (26)-30-(34) par capitule	(16)-20-(30)	12-14-(16)
<i>Fleurs</i> : <i>ligulées</i> : (10)-11-13-(20) par capitule	10-11-(13)	6-7

S. ohioensis, mais peuvent être distinguées par la tendance chez les fleurs ligulées à varier du jaune au blanc (fig. 2C).

Les meilleures récoltes de cet hybride proviennent de la péninsule de Bruce, en Ontario. Ce sont celles récoltées par P.V. Krotkov en 1933 et 1934, à Hay Bay — Tobermory, à Stokes Bay et Sauble Beach. L'*Aster ptarmicoides* et le *Solidago ohioensis* abondent dans ces secteurs (Krotkov, 1940), alors que le *S. Riddellii* est absent, sauf dans une station isolée au sud de Sauble Beach (*T. Taylor 6556*, dampy sandy soil, 25 Aug. 1932, TRT).

Les spécimens récoltés dans l'Illinois par Hill en 1886 sont rachitiques et fragmentaires. Celui de Normal Park possède une panicule à branches complètement glabres et celui d'Englewood présente des caractères appartenant à l'*Aster ptarmicoides*, au *Solidago ohioensis* et au *S. Riddellii* et serait évidemment trihybride. Le *S. ohioensis* et le *S. Riddellii* se rencontrent fréquemment dans les mêmes localités, parfois côte-à-côte dans des habitats plus ou moins identiques, dans l'Illinois (Jones, 1963), le Wisconsin (Salamun, 1963) et l'Indiana (Deam, 1940). Étant du même nombre chromosomique, rien ne les empêcherait d'hybrider entre eux et de produire un trihybride avec l'*Aster ptarmicoides*.

Spécimens examinés:

ONTARIO, Bruce Co : *P.V. Krotkov 7939*, sandy beach, Hay Bay-Tobermory, Aug. 11, 1933 (TRT, NY, GH; QFA, photo); *P.V. Krotkov 9479*, grassy bog, Stokes Bay, Aug. 13, 1934 (TRT; QFA, photo); *P.V. Krotkov 9477*, sandy margin of a marsh, Stokes Bay, Aug. 20, 1934 (TRT, GH; QFA, photo); *P.V. Krotkov 9476*, sandy beach, Stokes Bay, Aug. 20, 1934 (TRT; QFA, photo); idem, *Krotkov 9478* (TRT, GH, MAD; QFA, photo); idem, *Krotkov 9480*, Aug. 29, 1934 (TRT; QFA, photo); *P.V. Krotkov 9475*, sandy meadow, Sauble Beach, Aug. 16, 1934 (TRT, GH, NY; QFA, photo); *J.H. Soper 4256*, grassy tussocks in swale behind beach dunes. Rays florets pale yellow (almost white) and broad, Sauble Beach, Aug. 27, 1949 (TRT).

ILLINOIS, Cooke Co : *E.J. Hill*, Normal Park, Aug. 6, 1886 (ILL; QFA, photo).

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. × *Solidago canadensis* L. (?)

Concerne l'hybride découvert dans un jardin d'Europe et qui a passé sous les noms suivants: *Aster hybridus luteus* Perry (1923, dans Perry's Catalogue); *A. luteus* Perry (1929); X *Solidaster hybridus* Wehrhahn in C. Bonstedt Pareys Blumengärtnererei, 2, 525 (1932); X *Asterago lutea* Everett in Gard. Chron. 1937, ser. 3, 91: 6; X *Solidaster luteus* (Everett) M.L. Green, Kew Bull. 352. 1937.

Cet hybride est beaucoup plus grand que les trois précédents, avec panicule pyramidale composée de très nombreux capitules (fig. 2D). Les soies des ai-

grettes sont en partie sétacées et en partie claviformes dans la plupart des capitules, comme dans l'*Aster ptarmicoides*. Le mode d'insertion de la base des feuilles et le type de pubescence sur les branches de la panicule est similaire à ceux du *Solidago canadensis* et nous présumons que ce dernier est probablement l'un des parents. Fleur ligulée jaune-canari devenant blanche en vieillissant.

Tous les spécimens examinés se composent d'*ex-horto*; dix proviennent du Jardin Botanique de Kew, Angleterre, et un de celui de New-York. Ils sont extrêmement variables, ainsi qu'en fait foi l'article de Ruy (1931) : "*Two years ago, we sowed a batch of seedlings of this plant in the nursery in which no two plants were alike, from which fact it may be concluded that the plant is of hybrid origin.*" Et celui d'Arends (1931) : "*The seedlings showed great diversities in colour and habit of growth. Some plants were nearly true Aster ptarmicoides, others being long and slender like a Solidago, and showing all shades of colour from nearly pure white to golden yellow.*"

Les indices (tableau IV) qui nous conduisent au choix du *Solidago canadensis* sont rendus très fragiles du fait de la grande variabilité de cette espèce (Beaudry & Chabot, 1959); de plus certains auteurs condensent cette espèce avec une autre (Boivin, 1966; Bonnier, 1934). Le X *Solidaster luteus* étant issu de graines d'un individu découvert à Lyon, France, il faut que ce soit un *Solidago* présent dans la région. Madame A. Gilles, assistante au Jardin Botanique de Lyon, nous a donné les informations suivantes : "*Dans la Flore de l'Abbé Cariot pour le Bassin Moyen du Rhône et de la Loire on relève les espèces suivantes de Solidago : S. virga-aurea, S. monticola, S. alpestris, S. glabra. Les espèces américaines que nous avons sont : S. canadensis, S. gigantea, S. glabra, S. arguta, S. latifolia, S. rigida, S. Schraderi, S. graminifolia.*" Quelques-unes d'entre elles furent introduites dès le siècle dernier (Grenier & Godron, 1850). Nous avons analysé les caractères de chacune de ces espèces d'après des spécimens d'herbier en regard de ceux du X *Solidaster luteus* que nous avons sous les yeux et procédé à une élimination pour en arriver finalement au *S. canadensis*. Ce dernier serait donc le parent le plus probable. Le *S. gigantea* a les branches de la panicule recouvertes d'une pubescence généralement étalée, alors qu'elle est plutôt apprimée chez le *S. canadensis*.

Le rapprochement qui fut fait du X *Solidaster luteus* avec le *S. missouriensis* Nutt. est purement arbitraire (Kent, 1931; Ruys, 1931). Car chez le *S. missouriensis* la pubescence des branches de la panicule est divergente et les individus sont beaucoup plus petits avec une panicule composée de capitules moins nombreux; et tout hybride entre cette espèce et l'*Aster ptarmicoides* aurait été d'une taille plus petite et avec des capitules peu nombreux comparativement au X *Solidaster luteus*.

Le X *Solidaster luteus* est le seul hybride entre un *Aster* et un *Solidago* qui ait connu une utilisation ornementale, surtout dans les Jardins Botaniques. De

TABLEAU IV (*)

Tableau comparatif de l'hybride *Aster ptarmicoides* X *Solidago canadensis* (?) avec ses parents

<i>Aster ptarmicoides</i>	Hybride	<i>Solidago canadensis</i>
Feuilles étroitement linéaire-lancéolées, longuement atténuées à la base, 20 fois plus longues que larges; 3-9 mm de large.	linéaires-lancéolées, courtement à longuement atténuées à la base, 6 à 20 fois plus longues que larges; 6-18 mm de large.	linéaires-lancéolées, courtement atténuées à la base, 6 à 8 fois plus longues que larges; 9-19 mm de large.
Branches de la panicule à pubescence peu dense, courte, recourbée (la pointe ne touchant pas ou peu la tige), scabre-hispide au toucher.	à pubescence \pm dense, courte à \pm longue (généralement intermédiaire), recourbée (la pointe touchant \pm la tige); scabre au toucher.	à pubescence \pm dense, longue (la pointe touchant généralement la tige); pas ou peu scabre au toucher.
Capitules sur pédoncules de 20 à 60 mm de longueur; involucre haut de 5-6 mm et large de 8-10 mm	sur pédoncule \pm grêle de 5-15-(30) mm de longueur; involucre haut de 3.0-3.5-(4.0) mm et large de 4-5-(7) mm	sur pédoncule très grêle de 2-6 mm de longueur; involucre haut de 2 mm et large de 2.5 mm
Bractées involucreales à extrémité verte foncée, 1 mm de largeur; nombre ca. 14-16 sur la face visible d'un capitule	\pm verte foncée, ($\frac{1}{3}$)- $\frac{1}{2}$ -($\frac{2}{3}$) mm de largeur; ca. 8-16	verte très pâle, $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ mm de largeur; ca. 7-8
Panicule corymbiforme	\pm corymbiforme à \pm pyramidale	pyramidale

(*) Les caractères donnés ici pour l'*A. ptarmicoides* et le *S. canadensis* sont basés sur les spécimens les plus représentatifs de ces espèces que nous avons pu trouver à l'herbier Louis-Marie.

plus, il a fait l'objet d'une série d'articles dans le *Gardeners' Chronicle*, entre 1922 et 1937 (cf. Green, 1937). Ainsi nous savons que la souche originelle fut découverte vers 1910 à Lyon, France, sur la propriété d'un horticulteur du nom de Léonard Lille, marchand-grainetier de profession. Ce dernier l'identifia comme un hybride possible entre l'*Aster ptarmicoides* et un *Solidago* qu'il n'a pu déterminer; il en transmet des graines à un pépiniériste du nom de Georges Arends, de Ronsdorf, Allemagne. De là, les individus sélectionnés furent distribués comme plante ornementale sous les noms de *Michaelmas Daisy*, *Aster hybridus luteus* et même *Solidago missouriensis*.

Spécimens examinés:

NEW-YORK: *U. Schneider*, spécimen *ex-horto* du New York Botanical Garden, Aug. 8, 1935 (NY; QFA, photo).

Kew: spécimens *ex-horto* du Jardin Botanique de Kew (reçus sous le nom de "*Solidago missouriensis*"), Aug. 28, 1928 (K, no H432-67-6 et 7; QFA, photo); idem (spécimen très représentatif du X *Solidaster luteus* (Everett) M.L. Green), Sept. 1931 (K, no H432-67-10; QFA, photo); id., grown from seed by W.H. Fletcher, "the young capitula all yellow, the old capitula larger and with white ray-florets", Aug. 8, 1940 (K, no H432-67-8 et 9; QFA, photo); id., Comm. J. Robinson Esq., Aston Cottage (& Cult.), Sudbury, Derbyshire: "Originally it came from the garden of Lord Vernal of Sudbury Hall whose wife gave it some years ago to an aged neighbour of ours", July 9, 1962 (K., H432-67-1, 2, 3, 4 et 5; QFA, photo).

Conclusion

L'*Aster ptarmicoides* paraît avoir plus d'affinité avec les *Solidago* qu'avec les *Aster*; chez les *Solidago*, il préfère ceux de la section *Oligoneuron* à ceux des autres sections.

Le fait que l'*Aster ptarmicoides* a hybridé seulement avec des *Solidago* a amené Gleason & Cronquist (1963) à supposer que l'affinité de cette espèce est beaucoup plus du côté des *Solidago*. C'est ainsi que Boivin (sous presse) se juge pleinement justifié de le transférer dans le genre *Solidago*, dans le troisième tome en préparation de son *Flora of the Prairie Provinces*.

Cependant, nous croyons qu'un tel transfert devrait être précédé d'une étude plus poussée sur la morphologie cellulaire et la position exacte de l'*Aster ptarmicoides* vis-à-vis des autres espèces du genre *Aster* et de celles du *Solidago*. Nous espérons que quelqu'un l'entreprendra un jour. En attendant, nous préférons considérer l'*Aster ptarmicoides* comme un *Aster*, à cause précisément de la conformation de la panicule, car c'est là que cette espèce s'écarte morphologiquement le plus du genre *Solidago*.

Dans l'état présent des choses, nous préférons désigner nos quatre hybrides selon la formule la plus communément reçue et acceptée des botanistes:

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. X *Solidago parvirigida* Beaudry

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. X *Solidago Riddellii* Frank

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. X *Solidago ohioensis* Riddell

Aster ptarmicoides (Nees) T. & G. X *Solidago canadensis* L. (?)

Green (1937) a choisi le terme *Solidaster* pour y classer les hybrides entre l'*Aster* et le *Solidago*. Mais divers auteurs divisent souvent ces deux derniers en micro-genres; l'usage du terme *Solidaster* n'est pas désirable dans ces conditions.

Pour sa part, Greene (1903) a séparé l'*Aster ptarmicoides* du genre *Aster* en créant pour lui le genre *Unamia*. Il a justifié cette séparation surtout sur le caractère claviforme de l'extrémité de la plupart des soies du pappus; mais cette distinction tient mal, parce que Gleason (1963) et Gleason & Cronquist (1963) les rapportent aussi pour plusieurs autres espèces d'*Aster* et Kapoor & Beaudry (1966) pour le *Solidago discoidea* (Ell.) T. & G.

L'hybride *Aster ptarmicoides* X *Solidago Riddellii* est celui qui a été le plus récolté et vu en plus grande abondance. Ce serait donc avec le *Solidago Riddellii* que l'*Aster ptarmicoides* peut hybrider le plus facilement. D'autant plus que nous en avons observé une bonne cinquantaine d'individus à Kleefeld, Manitoba, entre 1958 et 1962; alors que nous n'avons trouvé qu'un seul spécimen impliquant le *Solidago parvirigida* et aucun hybride avec le *S. canadensis*. Or, à Kleefeld, ces quatre espèces étaient présentes dans le même habitat.

Remerciements

Nous sommes grandement redevable aux personnes suivantes qui nous ont permis de mener ce travail à bonne fin: le Dr Ernest Rouleau, conservateur de l'Herbier Marie-Victorin de l'Université de Montréal et le professeur Lionel Cinq-Mars, conservateur de l'Herbier Louis-Marie de l'Université Laval, qui nous ont procuré les spécimens d'herbiers nécessaires ainsi que les facilités de laboratoire, les supérieurs de l'institution des Sourds-Muets de Montréal et le frère Florian Crête, c.s.v., qui nous ont facilité soit directement soit indirectement la réalisation de cette étude à l'époque où nous résidions à cette institution, le Dr Bernard Boivin, du Ministère de l'Agriculture, Ottawa, l'abbé Ernest Lepage, de Saint-Simon de Rimouski, le Dr Doris Löve, de l'Université du Colorado et le Dr Jean-R. Beaudry, de l'Université de Montréal, qui nous ont prodigué leur encouragement et leurs suggestions.

Nous tenons à remercier le Dr C. E. Hubbard, de l'Université de Cambridge, et le Dr Max Walthers, du *Royal Botanic Garden de Kew*, Angleterre, qui nous ont fourni des photographies et des spécimens d'herbiers, de même que les personnes suivantes qui nous ont fourni d'utiles renseignements en rapport avec ce travail: Dr James H. Soper, de l'Université de Toronto; Dr Homer Scoggan, du Musée national du Canada, Ottawa;

Dr F.H. Montgomery, de l'*Ontario Agricultural College* de Guelph; Dr Peter J. Salamun, de l'Université du Wisconsin, Milwaukee; Dr L.I. Nevling Jr, du *Gray Herbarium of Harvard University*, Cambridge; Dr J. Neville Jones, de l'Université de l'Illinois, Urbana; Dr A.O. Stevens, du *North Dakota Agricultural College*; madame A. Gilles, du Jardin Botanique de Lyon, France et quelques autres. Pour le prêt de spécimens, nous exprimons notre gratitude aux conservateurs des différentes institutions mentionnées plus haut, et à ceux de l'Université du Manitoba, Winnipeg; de l'Université du Minnesota, Minneapolis; du *Milwaukee Public Museum*, Milwaukee; de l'Université du Wisconsin, Madison; du *New York Botanical Garden*; et du Ministère de l'Agriculture, Ottawa.

Références

- ANDERSON, E., 1949. Introgressive hybridization. 109 pages. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- ARENDS, G., 1931. *Aster hybridus luteus* versus *Solidago missouriensis*. *Gdnrs' Chron.*, **89**: 190.
- BAUDRY, J.R. and D.L. CHABOT, 1959. Studies on *Solidago*. IV. The chromosome numbers of certain taxa of the genus *Solidago*. *Can. J. Bot.*, **37**: 209-228.
- BELLAIR, G., 1909. L'hybridation en horticulture. Octave Dion & Fils. 339 pages, 123 figures.
- BOIVIN, B., 1966. Énumération des plantes canadiennes. IV. *Naturaliste can.*, **94**: 989-1063.
- BOIVIN, B., 1967. Énumération des plantes canadiennes. VII. *Naturaliste can.*, **94**: 625-655.
- BOIVIN, B., (sous presse). Flora of the Prairie Provinces. III. *Phytologia*.
- BONNIER, G., 1934. Flore complète illustrée en couleurs de France, Suisse et Belgique V. 177 pages. Librairie Générale de l'Enseignement. Paris.
- CRIDDLE, N., 1927. A calendar of flowers. *Can. Fld Nat.*, **41**: 48-55.
- DEAM, C.C., 1940. Flora of Indiana. 1236 pages. Dept. of Conservation, Division of Forestry, Indianapolis, Indiana.
- DECANDOLLE, A.P., 1836. *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*, etc. V. Parisii.
- DOUGLAS, D., 1914 (publication posthume). Journal kept by David Douglas during his travels in North America, 1823-1827. William Wesley & Son. London.
- EVERETT, T.H., 1937. *Asterago lutea* (*Aster hybridus* var. *luteus*). *The Gdnrs' Chron.*, **101**: 6-7.
- FERNALD, M.L., 1950. Gray's manual of botany. Ed. 8. 1632 pages. American Book Co. New York.
- FLETCHER, J., 1900. Manitoba's wild flowers. *Ottawa Nat.*, **14**: 19-20.
- GLEASON, H.A., 1963. The New Britton and Brown: Illustrated flora of the Northeastern United States and adjacent Canada. 3 volumes. New York Botanical Garden. New York.
- GLEASON, H.A. and A. CRONQUIST, 1963. Manual of vascular plants of Northeastern United States and adjacent Canada. 810 pages. New York Botanical Garden. New York.

- GRAY, A., 1886. Synoptical flora of North America. New York.
- GREEN, M.L., 1937. The correct name of the yellow hybrid *Aster*. *Bull. misc. Inf. R. bot. Gdns Kew*, 350-352.
- GREENE, E.L., 1903. Leaflets of Botanical observation and criticism. Vol. I: 5-7. Washington, D.C.
- GRENIER, M. et M. GODRON, 1850. Flore de France, ou description des plantes qui croissent naturellement en France et en Corse. Tome II. 760 pages. J.B. Baillièrre. Paris.
- HAMILTON, Gwain. 1966 (?). In the beginning. Page 27. (Sorte de dictionnaire des lieux et faits concernant le Manitoba).
- HILL, E.J. 1883. *Aster* or *Solidago*? *Bot. Gaz.*, **8**: 238-239.
- HOOKEE, W.J., 1828. Flora Boreali-Americana I. Avec carte. London.
- HOOKEE, W.J., 1834. Flora Boreali-Americana II. 1-48. London.
- JONES, G.N., 1963. Flora of Illinois. Ed. 3. University of Notre-Dame Press. Notre-Dame, Indiana.
- KAPOOR, B.M. and J.R. BEAUDRY, 1966. Studies on *Solidago*. VII. The taxonomic status of the taxa *Brachychaeta*, *Brintonia*, *Chrysoma*, *Euthamia*, *Oligoneuron* and *Petradoria* in relation to *Solidago*. *Can. J. Genet. Cytol.*, **8**: 422-443.
- KENT, 1931. *Solidago missouriensis*. *Gdnrs' Chron.*, **89**: 67.
- KROTKOV, P.V., 1940. Botanical exploration in the Bruce Peninsula, Ontario. *Trans. R. Can. Inst.*, **23**: 3-65.
- LÖVE, D. and J.P. BERNARD, 1959. Flora and vegetation of the Otterburne area, Manitoba, Canada. *Svensk bot. Tidskr.*, **53**: 335-461.
- MACOUN, J., 1883. Catalogue of Canadian Plants I: 1-248. Dawson Brothers. Montréal.
- MACOUN, J., 1884. Catalogue of Canadian Plants II. Dawson Brothers. Montréal.
- MACOUN, J.M., 1894. Contributions to Canadian Botany. *Can. Rec. Sci.*, **III**: 141-153.
- MARIE-VICTORIN, Frère., 1935. Flore Laurentienne. 917 pages. Imprimerie de La Salle. Montréal.
- MONROË, C.E. 1914. The wild Asters of Wisconsin. *Bull. Wis. nat. Hist. Soc.* (new series), **II**: 74-105.
- RUYS J.D., 1931. *Solidago missouriensis*. *Gdnrs' Chron.*, **89**: 117.
- SALAMUN, P.J., 1963. Preliminary reports on the Flora of Wisconsin, No. 50. *Compositae* III. Composite Family III. The Genus *Solidago*. *Trans. Wis. Acad. Sci. Arts Lett.*, Vol. **52**: 353-382.
- SCOGGAN, H.J., 1957. Flora of Manitoba. 619 pages. *Bull. natn. Mus. Can.*, Ottawa, **140**.
- STEBBINS, G.L., 1950. Variation and evolution in Plants. 643 pages. Columbia University Press. New York.
- TORREY, J. and A. GRAY, 1842. A flora of North America II. 711 pages. New York.

ÉTUDE DU PIGMENT ROUGE ISOLÉ DES FRUITS D'*ACTAEA* *RUBRA* WILD

G. FAVREAU, Y. RAYMOND, J. MASQUELIER

École de pharmacie, Université Laval, Québec.

Faculté mixte de médecine et de pharmacie,

Université de Bordeaux, France.

Résumé

Un dérivé anthocyanique d'un type particulier est isolé des fruits d'*Actaea rubra*. En premier lieu, les fruits sont extraits par le méthanol qui, après évaporation du solvant, donne un résidu rouge fortement résineux. Le résidu obtenu est purifié en le lavant plusieurs fois par l'éther de pétrole et l'acétate d'éthyle. Après séchage sous vide, nous obtenons une poudre rouge légèrement violacée.

Les résultats de la chromatographie, la spectrophotométrie, l'hydrolyse acide et alcaline, ces données complétées par une minéralisation du produit, montrent que nous sommes en présence d'un complexe de cyanidine, d'acide caféique et d'aluminium que nous avons nommé ACTIRUBRINE.

Abstract

Extensive work on the fruits has shown the presence of a new mineralo-anthocyanin complex. This pigment has a phenolic and non-glycosidic structure, confirmed by different methods of analysis, e.g. chromatography, alkaline and acidic hydrolysis and particularly by ultraviolet spectra. In other ways, the mineral analysis has revealed the presence in the molecule of aluminium and potassium as chelate agents of orthodiphenol structure. ACTIRUBRINE is proposed as a name for this new compound.

Introduction

Depuis le travail de Bacon (2) qui, au début du siècle, a étudié la toxicologie des fruits de l'*Actaea rubra*, caractérisée par une action fortement purgative suivie d'une dépression du système nerveux central, rares sont ceux qui se sont préoccupés d'en rechercher le (ou les) principe(s) qui donne cette action. D'après Kingsbury (13), il semble que la fraction volatile du fruit soit responsable de sa toxicité.

Si nous considérons le genre *Actaea*, il nous semble opportun de signaler les différences d'action pharmacologique entre l'*Actaea rubra* et *racemosa*. En effet, l'*Actaea racemosa* ou *Cimifuga racemosa* a été surtout utilisée pour ses propriétés diurétiques et antirhumatismales. La médecine populaire l'utilise encore comme analgésique lors de l'accouchement (8).

Il faut toutefois noter que la cimifuge donne, à doses élevées, des réactions légèrement toxiques, caractérisées par des irritations passagères du tube gastro-intestinal. Par contre, l'*Actaea rubra* n'a jamais été utilisée en thérapeutique vu ses réactions toxiques. En effet, on rapporte (2) qu'à peine douze baies sont suffisantes pour provoquer la mort chez un individu de poids moyen. Donc ces deux plantes, bien que faisant partie du même genre, n'ont aucun lien de parenté thérapeutique entre elles.

Dans le genre *Actaea*, l'*Actaea racemosa* a surtout été étudiée. Si on se réfère aux travaux réalisés par l'équipe de Panizzi et Corsano (6, 7, 14), nous nous rendons compte que ces chercheurs ont surtout travaillé sur la fraction éthéro-pétrolique d'extraction. Ces auteurs ont isolé de cette fraction un principe actif qu'ils ont nommé actéine, de formule brute $C_{38}H_{58}O_{11}$. Ce produit se présente comme un triterpénoïde de nature saponisidique dont l'aglycone est le cimigénol.

Par l'examen de la littérature, nous pouvons constater que l'*Actaea rubra* n'a jamais fait l'objet d'étude systématique nous permettant d'identifier ses principes actifs. Le but de notre étude porte surtout sur les constituantes du fruit et en particulier sur son pigment rouge dont nous avons déjà présenté les résultats préliminaires lors de communications scientifiques (9, 10).

Méthode expérimentale

L'extraction du pigment rouge est réalisée le plus tôt possible après la cueillette des fruits. Les fruits sont récoltés au début d'août à St-Louis de Kamouraska, localité sise à quelque cent milles à l'est de Québec. Dans un bois près du fleuve, nous trouvons une colonie assez abondante de cette plante voisinant avec la variété blanche *Actaea alba*.

Les fruits ont été mis à macérer, sans les broyer, dans le méthanol froid durant 48 heures. La solution méthanolique est filtrée et les fruits séchés sont extraits à nouveau par le méthanol chaud. Les filtrats obtenus de ces deux extractions sont réunis et concentrés à petit volume. La solution concentrée est placée au réfrigérateur; nous obtenons, après quelques jours de repos, un résidu rouge fortement résineux. Ce résidu est lavé plusieurs fois par l'acétone chaud qui se colore en jaune verdâtre. Après ces lavages répétés et séchage

en présence de neige carbonique et sous pression réduite, nous obtenons une poudre cristalline rouge violacé.

Résultats

Lors de nos essais préliminaires sur la constitution minérale du fruit, nous avons noté un pourcentage assez élevé de minéraux. En effet, les cendres totales ont une teneur de 7.5%, surtout constituée de cendres acido-solubles et une quantité infime de silice. Les minéraux trouvés sont, dans l'ordre d'importance, l'aluminium, le potassium, accompagnés de traces de fer et de sodium. La présence de ces minéraux a été caractérisée par des méthodes physico-chimiques d'analyse et vérifiée au photomètre à flamme et au spectroscope duo-spectral Fisher. Toutes les méthodes utilisées confirment la présence de potassium, aluminium, sodium et fer.

TABLEAU I

Propriétés physiques du pigment isolé

Coloration :	pourpre
Odeur :	nil
P. F. =	85 - 90°C

Solubilité

— H ₂ O =	très soluble + mousse abondante après agitation
— MeOH	} légèrement soluble (plus soluble + 1 goutte HCl)
— EtOH	

Réactions caractéristiques

a) NaOH	coloration verte
b) HCl	" rouge cerise
c) FeCl ₃	" vert foncé
d) Ag(NH ₃) ₂ NO ₃	" noire
e) Felhing	" + réducteur
f) AgNO ₃ Δ	" miroir d'argent
g) Nessler	" négative
h) KOH Δ	" négative
i) Réactifs généraux des tanins	" négative
j) Réactifs généraux des caroténoïdes	" négative

TABLEAU II

Complexes métalliques d'anthocyanoides

Plante	Couleur du complexe	Constituants organiques	Constituants métalliques	Auteurs
<i>Centaurea cyanus</i>	Bleu	Cyanidine 3,5-diglucoside	Fer, magnesium Potassium	Saito <i>et al.</i> (15)
<i>Centaurea cyanus</i>	Bleu	« Protocyanine »	Al et Fe	Bayer (3)
<i>Commelina communis</i>	Bleu	Delphinidine-5-glucoside + ac. p-coumarique	Mg et K	Hayashi <i>et al.</i> (11)
<i>Lupinus polyphemus</i>	Bleu	Delphinidine-3-5-diglucoside	Al et Fe	Bayer (4)
<i>Hydrangea macrophylla</i>	Bleu	Delphinidine 3-glucoside	Al et Mo	Asen (1)
<i>Viola spp.</i>	Violet	Delphinidine 3-rutinoside 5-glucoside + acide p-coumarique	K	Hayashi et Takeda (12)
<i>Actaea rubra</i>	Rouge violacé	Cyanidine + acide caféique	Al et K	Favreau et Raymond (9, 10)

Le pigment isolé est de coloration rouge violacé, très hygroscopique, soluble dans l'eau, légèrement soluble dans le méthanol et l'éthanol, plus soluble dans ces deux derniers solvants en présence de traces d'acide chlorhydrique. Son insolubilité à froid et à chaud dans tous les autres solvants organiques nous donne une bonne méthode de purification du produit et nous choisissons l'acétone chaud pour éliminer les impuretés constituées surtout de pigments chlorophylliens.

Quelques tests d'identification ont été réalisés; ils apparaissent au tableau I. Au moyen de ces différents réactifs, nous avons pu mettre en évidence l'absence de fractions phénoliques. Toutefois, ces essais préliminaires ne nous permettent pas de préciser la nature du composé.

Si nous considérons la coloration du pigment et son comportement à la spectrophotométrie visible, nous sommes amenés à penser à une structure d'anthocyane; mais le comportement du produit en présence d'alcalis est très différent de celui donné par les anthocyanes. Il faut se rappeler qu'un anthocyane en milieu alcalin réagit en développant une coloration bleu foncé; or, ce n'est pas le cas pour le pigment isolé qui change complètement de coloration en prenant une teinte verte. Il semble que cette réaction particulière ne soit donnée par aucun anthocyane connu.

Dans le but de mettre en évidence la nature du complexe coloré, nous soumettons le produit à l'hydrolyse acide et alcaline. L'hydrolyse acide nous indique l'absence de sucres réducteurs dans la molécule, mais nous y décelons la présence de cyanidine identifiée par la chromatographie sur papier. De plus, par la même technique nous identifions l'acide caféique, utilisant le nitrate d'argent ammoniacal comme révélateur.

L'hydrolyse alcaline permet de confirmer la structure de cyanidine dans la molécule en libérant ses deux constituants fondamentaux. En se référant à la figure 1, nous pouvons voir les produits de fusion des anthocyanes. Par chromatographie comparative de ces produits, nous avons mis en évidence la présence dans notre molécule de phloroglucinol et d'acide protocatéchique qui caractérisent la cyanidine.

L'analyse minérale du fruit entier nous avait indiqué la présence d'aluminium et de potassium; ces mêmes analyses réalisées sur le pigment isolé nous confirment la présence de ces deux mêmes éléments. En résumé, d'après les résultats obtenus nous pouvons prévoir la nature du pigment isolé. Il semble donc que nous ayons affaire à un complexe métallique d'anthocyane associé à un acide acrylique, en l'occurrence l'acide caféique.

Bien que la présence d'anthocyane métallique ait été rapportée très rarement dans la littérature, on peut noter cependant que quelques chercheurs ont

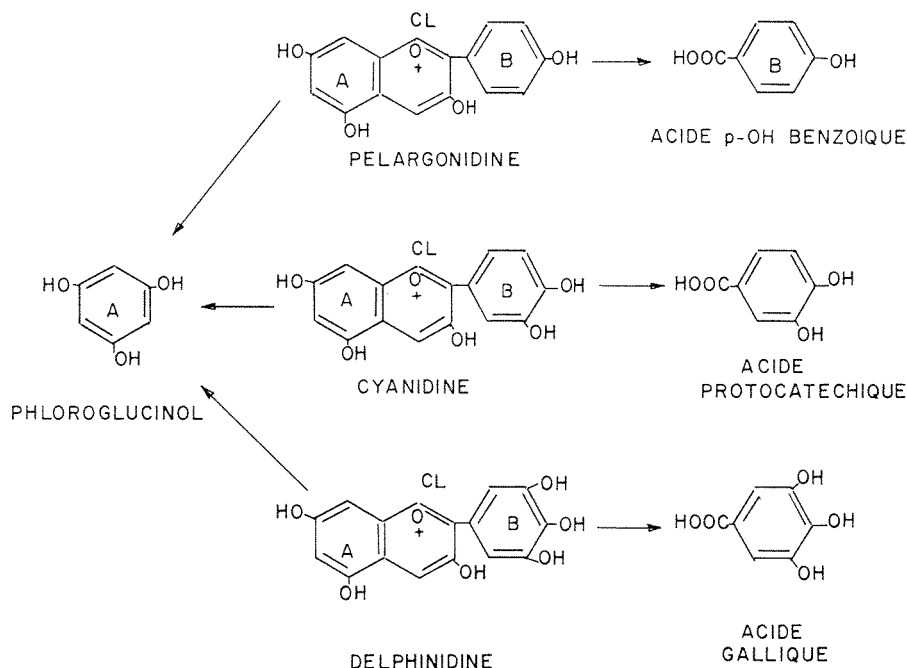


FIGURE 1. Fusion alcaline des Anthocyanes.

isolé des complexes de ce type à partir de végétaux. Ces complexes apparaissent au tableau II. De ce tableau, en comparant les différentes données, nous pouvons retenir une similitude de structure des pigments mentionnés avec celui que nous avons isolé.

Le comportement chromatographique du complexe en milieu acide rend difficile l'utilisation de tels solvants. En effet, la substance rouge migre difficilement et nous obtenons dans tous les cas une traînée rouge difficile à caractériser. En révélant le chromatogramme au nitrate d'argent ammoniacal, nous décelons quand même la présence de deux ou trois spots qui prennent une coloration brun foncé à noire.

Par contre, en utilisant des solvants à caractère faiblement alcalin, nous réussissons toujours à obtenir un seul spot bien défini, qui, révélé au nitrate d'argent ammoniacal, donne une coloration vert foncé évoluant lentement vers le brun. Parmi les différents solvants alcalins utilisés qui apparaissent au tableau III, nous avons choisi la mélange suivant : butanol – éthanol – acétate d'ammonium 2% (5:5 : 90 V/V).

En vue de préciser certains résultats antérieurs, nous avons réalisé, *in vitro*, des complexes d'aluminium en utilisant la cyanidine, l'acide caféique et l'acide férulique. Ces complexes ont été chromatographiés en milieu acide et alcalin et les résultats obtenus sont inscrits au tableau IV.

TABLEAU III

Comportement chromatographique du complexe en milieu alcalin et acide

Révélateur : *nitrate d'argent ammoniacal*

Milieu alcalin		Milieu acide	
Solvants	Rf	Solvants	Rf
Ammoniaque 2%	0.82	CH ₃ COOH 2%	0.49
Ethanol - NH ₄ OH 2% (10:90 V/V)	0.80		0.76
Ethanol - NH ₄ OH 2% (20:80 V/V)	0.78	Ethanol - CH ₃ COOH 2%	
Isopropyl - NH ₄ OH 2% (5:95 V/V)	0.83	(5:95 V/V)	0.49
Isopropyl - Ethanol - NH ₄ OH (5:5:90 V/V)	0.81		0.79
Isopropyl - NH ₄ OH 2% (10:90 V/V)	0.85	Ethanol - CH ₃ COOH 2%	
Butanol - Ethanol - NH ₄ OH 2%		(10:90 V/V)	0.47
(10:5:85 V/V)	0.84		0.80
Butanol - Ethanol - NH ₄ OH 2%		Ethanol - CH ₃ COOH 2%	
(10:10:80 V/V)	0.87	(15:85 V/V)	0.55
Butanol - Ethanol - NH ₄ OH 2%			0.76
(20:20:60 V/V)	0.84	Ethanol - CH ₃ COOH 2%	
(NH ₄) ₂ CO ₃ 2%	0.80	(20:80 V/V)	0.55
Ethanol - (NH ₄) ₂ CO ₃ 2% (10:90 V/V)	0.79		0.79
Isopropyl - (NH ₄) ₂ CO ₃ 2% (5:95 V/V)	0.80	Butanol - CH ₃ COOH - H ₂ O	
Butanol - Ethanol - (NH ₄) ₂ CO ₃ 2%		(4:1:5 V/V)	0.47
5:5:90 V/V)	0.79		0.52
Butanol - Ethanol / (NH ₄) ₂ CO ₃ 2%			0.78
(5:10:85 V/V)	0.76		
Isopropyl - CH ₃ COONH ₄ 2%			
(5:95 V/V)	0.64		
Ethanol - Butanol - CH ₃ COONH ₄ 2%			
(5:5:90 V/V)	0.53		
Ethanol - Butanol - CH ₃ COONH ₄ 2%			
(10:5:85 V/V)	0.59		

TABLEAU IV

Données comparatives en chromatographie sur papier
des dérivés cinnamiques sous forme de complexes aluminés

	Solvant	Révéléateur	Solvant	Révéléateur
	Acide acétique 2%	$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{NO}_3$	BuOH - EtOH - $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 2% 5:5:90	$\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{NO}_3$
	Rf		Rf	
Pigment isolé	0.49 - 0.76	Brun-noirâtre	0.53	Vert foncé
Acide caféique	0.30 - 0.63	Noir	0.60	Vert foncé
Ac. férulique	0.37 - 0.65	Brun-noirâtre	0.61	Brun
Acide caféique + $\text{AlCl}_3 \Delta$	0.30	Noir	0.52	Vert foncé
Ac. férulique + $\text{AlCl}_3 \Delta$	0.37	Brun-noirâtre	0.38	Brun-noirâtre
Acide caféique + Cyanidine + $\text{AlCl}_3 \Delta$	0.32	Noir	0.50	Vert foncé
Ac. férulique + Cyanidine + $\text{AlCl}_3 \Delta$	0.37	Brun-noirâtre	0.38	Brun-noirâtre

Nous constatons que les acides caféique et férulique chromatographiés en milieu acide présentent deux spots, tandis que sous la forme de complexe aluminé ils n'en présentent qu'un seul. Par contre, la chromatographie alcaline de ces mêmes acides libres ou en complexe aluminé ne donne dans tous les cas qu'un seul spot.

Dans le cas des solvants acides, la révélation ne permet pas de faire un parallèle entre les colorations obtenues. Mais en milieu alcalin, on peut établir

une certaine analogie entre le pigment isolé et le comportement de l'acide caféique libre ou en complexe.

La spectrophotométrie vient compléter l'étude analytique du complexe et les longueurs d'onde obtenues sont comparées à quelques dérivés acrylés d'anthocyanes (tableau V). Les deux maxima d'absorption correspondant aux longueurs d'onde (λ_1 et λ_2) sont significatifs de la structure d'un anthocyane, tandis que le maximum d'absorption relié à la longueur d'onde (λ_3) est dû à la présence d'acide caféique dans le milieu. Nous pouvons présumer de l'identité de notre pigment qui serait un dérivé acrylé d'anthocyane en plus de former un complexe métallique tel que mentionné antérieurement.

TABLEAU V

Données spectrales comparatives de quelques anthocyanes acrylés d'après Harborne et du pigment isolé des fruits d'*Actaea rubra* (solvant méthanol 0.01% HCl)

Anthocyanoïde	Aglycone	Groupe acrylé	λ max. (m μ)		
			λ_1	λ_2	λ_3
Pelanine	Pélargonidine	Acide p-coumarique	289,	313,	505
Nonardéine	Pélargonidine	Acide p-coumarique	286,	313,	507
Salvianine	Pélargonidine	Acide p-coumarique	285,	329,	507
Raphanine A	Pélargonidine	Acide caféique	286,	313,	505
Raphanine B	Pélargonidine	Acide férulique	282,	328,	505
Pétanine	Pétunidine	Acide p-coumarique	282,	308,	536
Negreteine	Malvidine	Acide p-coumarique	282,	308,	535
Pigment rouge isolé de l' <i>Actaea rubra</i>	Cyanidine	Acide caféique	284,	329,	532

Nous pouvons prévoir que la présence de minéraux dans le complexe ne change aucunement le spectre dans le complexe anthocyane – acide caféique. Nous avons pu mettre ce fait en évidence en réalisant des chélation d'acide caféique – aluminium en milieu neutre et acide. Si nous examinons les données du tableau VI, nous voyons que l'aluminium complexé à l'acide caféique en milieu neutre ne fait pas varier la longueur d'onde fondamentale (λ_2) mais entraîne la longueur d'onde (λ_1) à un changement bathochromique de 42 m μ .

De plus, aucun changement dans les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 n'est produit en soumettant le complexe aluminé à l'action de l'acide chlorhydrique à chaud, sauf en ce qui concerne l'apparition d'un maximum d'absorption dans le visible correspondant à λ_3 du pigment isolé de l'*Actaea rubra*. Nous avons vraisemblablement transformé le complexe alumino-caféique en cyanidine. Si, au contraire, nous enlevons le métal chélateur et que nous soumettons l'acide caféique à l'action de l'acide chlorhydrique à chaud, nous ne formons pas de cyanidine; le produit reste incolore et la longueur d'onde centrale λ_2 ne varie pas. L'étude spectrophotométrique nous permet de suggérer une hypothèse de structure d'après celle proposée par l'équipe de Bayer (fig. 2 et 3). De plus, d'après les réactions *in vitro* réalisées sur l'acide caféique, nous sommes amenés à penser que cet acide, dans des conditions bien spécifiques, peut former un anthocyane en présence d'un métal, en l'occurrence l'aluminium.

TABLEAU VI

Données spectrales des complexes alumines d'acide caféique

Dérivés étudiés	Coloration du dérivé	λ max.(m μ)		
		λ_1	λ_2	λ_3
Acide caféique	Incolore	242	329	
Acide caféique + AlCl ₃	Jaune	284	329	
Acide caféique + AlCl ₃ + HCl conc. + Δ	Violacé	284	329	532
Pigment isolé de l' <i>Actaea rubra</i>		284	329	532

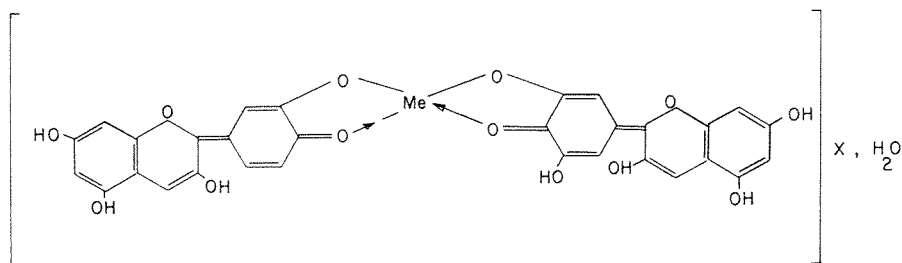


FIGURE 2. Structure générale des complexes d'Anthocyanes métalliques d'après Bayer (5).

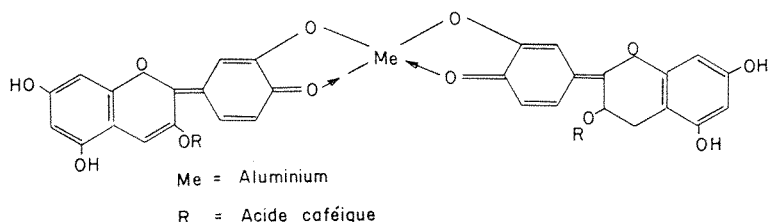


FIGURE 3. Actirubrine : Structure hypothétiques.

Discussion

Dans le but d'élucider la nature du complexe coloré isolé, de nombreux tests caractéristiques nous ont permis d'en déceler les éléments constitutifs. Par des méthodes simples d'analyse, nous avons prouvé la présence d'aluminium, d'acide caféique et cyanidine, n'ignorant pas qu'il puisse exister d'autres éléments de moindre importance dans le complexe; ceci serait le cas du potassium et d'autres substances organiques. L'insolubilité du complexe dans les solvants organiques, de même que sa réaction caractéristique en milieu alcalin, nous semble être le point de départ d'un type de complexe métallique d'anthocyanine à réactions particulières. La présence d'acide caféique et d'aluminium serait responsable de cette réaction telle que réalisée *in vitro*.

Il serait encore trop tôt pour savoir avec certitude si ce complexe est formé dans le fruit ou s'il n'est pas formé lors de l'extraction elle-même. Il nous est permis d'en douter en réalisant un essai caractéristique rapide : il suffit de plonger les fruits fraîchement cueillis dans l'ammoniaque pour constater le changement de coloration rapide du fruit. En effet, les fruits passent instantanément du rouge au vert; cette réaction est aussi donnée, comme nous l'avons vu, par le pigment isolé.

Conclusion

Les différentes analyses qui nous ont permis d'élucider en partie la structure du pigment isolé, nous donnent à penser que nous sommes en présence d'un nouveau complexe métallique de cyanidine. Il nous semble qu'ACTIRU-BRINE serait appropriée pour nommer ce pigment.

De plus, nous nous proposons d'établir plus complètement sa structure et de réaliser sa biosynthèse en partant des précurseurs biogénétiques dans la plante.

Références

1. ASEN, S. *et al.*, 1959. Effect of various concentrations of nitrogen phosphorus and potassium on sepal color of *Hydrangea macrophylla*. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **73**: 495-502.
2. BACON, A.E., 1903. An experiment with the fruits of Red Baneberry. *Rhodora*, **5**: 77-79.
3. BAYER, E., 1958. Farbstoffe der roten, violetten und blauen lupinenblüten. *Chem. Ber.*, **91**: 1115-1122.
4. BAYER, E., 1959. Natürliche und synthetische Anthocyan – Metall – complexe. *Chem. Ber.*, **92**: 1062-1071.
5. BAYER, E., K. NETHER und H. EGETHER, 1960. Synthese der blauen, in Kornblumenfarbstoff. *Chem. Ber.*, **93**: 2871-2879.
6. CORSANO, S. et G. SPANO, 1962. Ricerche sulla struttura del cimigenolo, un nuovo triterpene estratto della *Actaea racemosa* Lincei – *Rend. Sc. fis. mat e nat.*, **32**: 674-678.
7. CORSANO, S. et L. PANIZZI, 1965. Sull'Acteina, principio attivo della *Actaea racemosa*, Lincei – *Renr. Sc. fis. mat e nat.*, **38**: 600-604.
8. DECAUX, F., 1956. Formulaire de phytothérapie. A. Legrand et Cie, éd., p. 67.
9. FAVREAU, G. et Y. RAYMOND, 1967. Isolation of a new pigment in the fruits of *Actaea rubra* Wild. 14th Canadian Conference on Pharmaceutical Research, Toronto, Aug. 15.
10. FAVREAU, G. et Y. RAYMOND, 1967. Étude du pigment rouge isolé des fruits d'*Actaea rubra*. *Annls ACFAS*, Nov. 1967, p. 34.
11. HAYASHI, K. *et al.*, 1961. Metallic components in newly crystallized specimens of Bayer's protocyanin, a blue metallo-anthocyanins from the cornflower. *Proc. imp. Acad. Japan*, **37**: 393-397.
12. HAYASHI, K. et K. TAKEDA, 1962. Violet flower color in the pansy, *viola tricolor*. *Proc. imp. Acad. Japan*, **38**: 161-165.
13. KINGSBURY, J.M., 1964. Poisonous plants of the United States and Canada. Prentice-Hall Inc., pp. 128-129.
14. PANIZZI, L. et S. CORSANO, 1962. Sulla acteina, principio attivo della *Actaea racemosa* – Lincei – *Rend. Sc. fis. mat e nat.*, **132**: 601-605.
15. SAITO, N. *et al.*, 1961. Further analysis of organic and inorganic components in crystalline protocyanin. *Proc. imp. Acad. Japan*, **37**: 484-490.

TECHNIQUE HISTOCHIMIQUE POUR L'ÉTUDE DE LA POLYPHÉNOLOXYDASE DANS LE XYLÈME DE L'ORME D'AMÉRIQUE¹

CAMILIEN GAGNON²

*Laboratoire de Recherches forestières, Ministère des Forêts et du
Développement Rural, Case postale 35, Sillery (Québec 6), Québec.*

Résumé

Différents composés phénoliques ont servi à l'étude histochemique de l'activité des phénoloxydases dans le xylème de l'orme d'Amérique. Le catéchol s'étant avéré le meilleur réactif, on a tenté d'établir les conditions de température et de pH du substrat d'incubation donnant une réaction optimum. L'activité s'est avérée particulièrement grande dans les cellules nouvellement formées et dans le parenchyme du xylème des ormes sains aussi bien que des ormes malades.

Abstract

Various phenolic compounds were used in a histochemical study of phenoloxidase activity in the xylem of American elm. Catechol gave the best reaction. The optimum temperature and pH of incubation medium containing catechol were also determined. Newly formed and parenchymatous cells showed a strong enzymatic activity in both healthy and diseased elms.

Introduction

Les phénoloxydases constituent un groupe d'enzymes fort complexe, dont la spécificité n'est pas encore très bien connue. Les auteurs, d'ailleurs, les groupent différemment. Nous adoptons, dans le présent travail, la classification utilisée par Baldwin (1957) qui distingue les monophénoloxydases et polyphénoloxydases, spécifiques à l'égard des monophénols et des polyphénols; et la

1. Extrait en partie d'une thèse présentée à l'Université McGill pour l'obtention du grade de *Doctor of Philosophy*.

2. Nouvelle adresse : Station de Recherches, Ministère de l'Agriculture du Canada, Faculté d'Agriculture, (C.P. 17), Université Laval.

tyrosinase dont l'action se situe à deux niveaux, soit de la tyrosine, un monophénol et de la Dopa (dihydroxyphénylalanine), un ortho-diphénol.

Dans la plupart des travaux histochimiques on a utilisé la Dopa pour révéler la présence de la tyrosinase (Lison, 1960; Pearse, 1960; Burstone, 1962). Cependant, comme le note Lison (1960), la Dopa peut être oxydée par d'autres diastases, en particulier les polyphénoloxydases. L'interprétation des résultats obtenus peut donc prêter à controverse. D'autre part, on peut mettre en évidence les monophénoloxydases et les polyphénoloxydases en incubant les tissus dans des solutions de monophénols autre que la tyrosine et de diphénols (Arvy, 1957; Van Fleet, 1957).

Au cours de travaux sur la maladie de l'orme nous avons voulu étudier les oxydases responsables de l'oxydation des composés phénoliques présents dans le xylème d'arbres malades. À cette fin, nous avons utilisé différents phénols et étudié quelques conditions visant à une réaction optimum. Le présent travail rapporte la technique mise au point, de même que les résultats comparatifs de l'activité dans les tissus de bois d'ormes sains et d'ormes infectés par le *Ceratocystis ulmi* (Buis.) C. Moreau.

Matériel et méthodes

Afin de déterminer les propriétés d'oxydation des tissus ligneux de l'orme à l'égard des phénols, nous avons incubé des coupes fraîches obtenues par microtome, de tiges d'ormes en pleine croissance et âgés de 3 à 5 ans, dans des solutions aqueuses de phénols à la concentration $5 \times 10^{-3}M$. Les coupes furent immédiatement placées dans les cavités d'une plaque de porcelaine blanche, permettant ainsi d'observer l'oxydation des phénols en substances colorées. Les phénols utilisés dans cette étude sont : le p-crésol, le catéchol, le pyrogallol, l'orcinol, le résorcinol, l'hydroquinone et une solution saturée de tyrosine. Le degré de coloration des coupes a servi comme indice de l'oxydation des phénols par les oxydases. Afin de s'assurer que cette coloration ne provenait pas, d'une part, de l'oxydation des phénols naturellement présents dans les tissus et, d'autre part, de l'oxydation spontanée au contact de l'oxygène de l'air des phénols en solution utilisés comme substrats, nous avons incubé des coupes dans de l'eau distillée et nous avons conservé des solutions de ces phénols dans des conditions identiques à celles de l'incubation des coupes.

La plupart des réactions histochimiques étant effectuées soit à 25° soit à 37°C, nous avons donc réalisé des essais à ces deux températures afin de voir s'il y avait avantage à élever la température d'incubation malgré les quelques inconvénients que cela peut entraîner. En outre, puisque l'activité optimum des phénoloxydases de différentes sources peut se produire à différents niveaux

de pH, nous avons utilisé comme substrat d'incubation des solutions de catéchol tamponnées au moyen de solutions phosphatées (0.05 M) aux niveaux de pH 5,5 6,0 6,5 7,0 et 7,5. Le cyanure de potassium (KCN) et l'azide de sodium (Na_3N) ont été utilisés indépendamment comme inhibiteurs à la concentration 0,05 N, afin de s'assurer que l'oxydation était bien produite par une enzyme. La technique mise au point dans les essais précédents a permis une étude topologique de l'activité de la phénoloxydase sur les coupes de bois prélevées dans les tiges et les branches d'ormes d'Amérique (*Ulmus americana* L.) sains et d'autres infectés par le *C. ulmi*. Un microtome à glissières a servi à couper les sections d'une épaisseur de 16 μ .

Résultats

Les coupes fraîches de bois d'orme incubées dans les solutions de p-crésol et de résorcinol n'ont donné qu'une légère coloration dorée après un traitement de plus d'une heure. La tyrosine, l'orcinol et l'hydroquinone ont réagi très lentement, produisant une légère coloration brune dans les sections après une heure, alors que les solutions témoins, sans coupe, n'étaient pas visiblement altérées. Une réaction rapide s'est produite dans la solution de pyrogallol contenant des sections d'orme. La solution est devenue jaune, puis brune. Cette oxydation, accélérée à un pH, de 6,5 et plus, n'a pu être prévenue par l'addition de solutions neutres de cyanure de potassium ou d'azide de sodium, indiquant clairement qu'au moins une partie de l'oxydation du pyrogallol n'était pas due à l'action des enzymes du bois. En outre, il y a eu oxydation, quoique moins rapide, de la solution témoin en l'absence de bois.

Le catéchol a donné la réaction la plus rapide de tous les phénols utilisés. La coloration verte du début est tournée au brun foncé, suivie d'une précipitation; la solution témoin est demeurée pratiquement inchangée même après 8 heures d'exposition à l'air. Cependant, une exposition prolongée de 24 heures a montré des signes d'oxydation, alors qu'il n'y eut aucune oxydation visible dans une bouteille brune, fermée et déposée tout près sur la même table.

La température du milieu d'incubation n'a pas eu d'influence marquée sur la rapidité d'oxydation du catéchol en présence de bois d'orme. En effet, le temps requis pour l'apparition de coloration dans les solutions d'incubation, à 25°C n'a pas différé sensiblement de la durée d'incubation à 37°C. Le pH des solutions d'incubation a eu une influence marquée sur la durée de l'intervalle nécessaire à l'apparition de la couleur (tableau I) et l'intensité de la coloration (tableau II).

Ces tableaux montrent en outre que l'oxydation du catéchol résulte de l'action d'une enzyme dans le bois d'orme car il n'y a pas eu de coloration des solutions sans la présence de coupes de bois, sauf le substrat d'incubation con-

TABLEAU I

Temps, en minutes, nécessaire à l'apparition de la coloration dans les coupes de bois d'orme incubées à 25°C

pH des solutions	Solution d'incubation		
	Catéchol	Catéchol et KCN	Catéchol et NaN ₃
5,5	20	60	90
6,0	15	45	60
6,5	3	25	50
7,0	1½	20	40
7,5	1	15	25

TABLEAU II

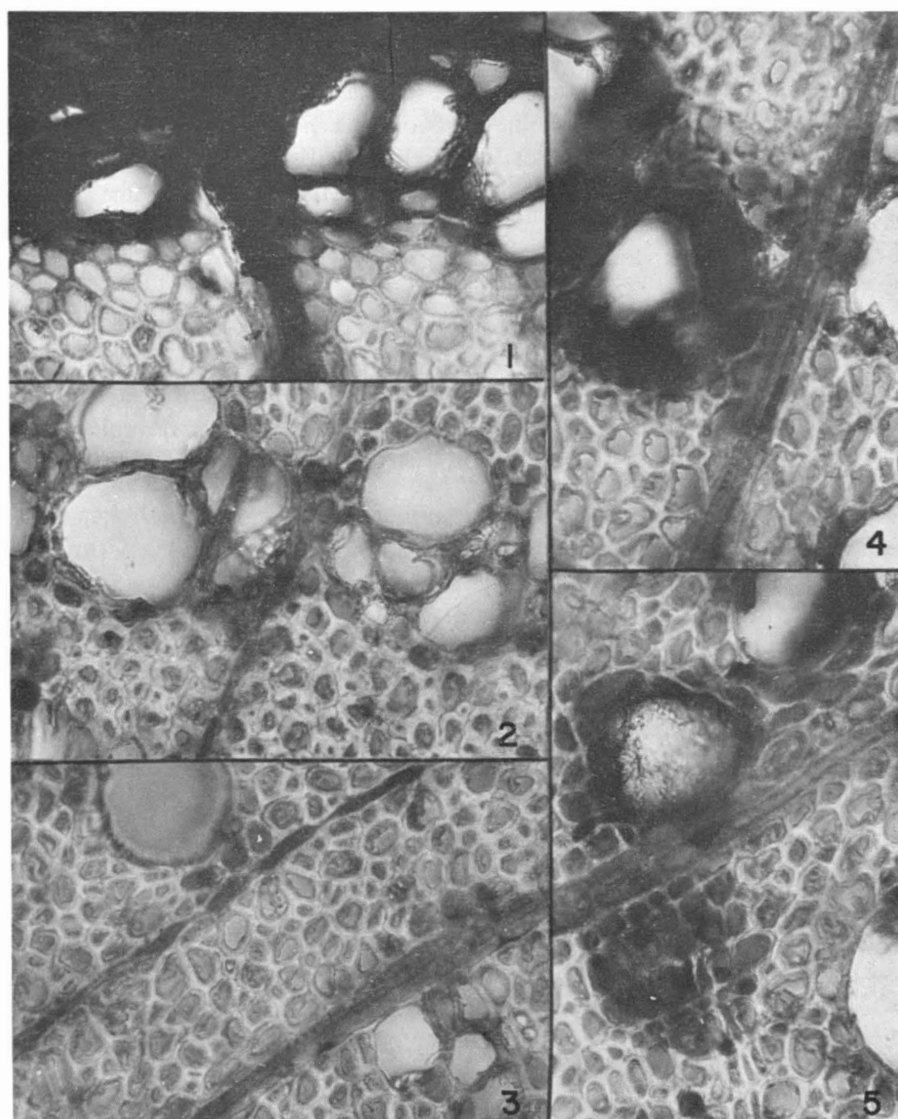
Intensité de la coloration (a) des solutions après 90 minutes d'incubation à 25°C, de sections de bois d'orme dans des solutions de catéchol à différents niveaux de pH

pH des solutions	Solution d'incubation			
	Catéchol	Catéchol et KNC	Catéchol et NaN ₃	Témoin, catéchol (pas de bois)
5,5	5	2	1	0
6,0	5	2	1	0
6,5	7	3	2	0
7,0	9	5	3	0
7,5	9	5	5	0

(a) 0 indique aucune coloration; 1 à 9, coloration brun pâle à brun foncé.

tenant le catéchol et l'azide de sodium qui a donné une coloration rose en l'absence de bois. Une diffusion des enzymes dans le milieu d'incubation semble s'être produite puisque la coloration ne s'est pas développée seulement dans les coupes de tissus d'orme, mais aussi dans les solutions d'incubation. Les données de ces tableaux démontrent également que l'inhibition par le

cyanure de potassium et l'azide de sodium n'est pas totale; ces composés ne font que retarder l'oxydation du catéchol et réduire l'intensité de la coloration. De plus, leur action apparait de moins en moins efficace à mesure que le pH s'élève.



Coupes transversales de tiges d'ormes d'Amérique, montrant l'oxydation du catéchol. Grossissement 650X. Fig. 1. - Réaction dans les cellules nouvellement formées et un rayon médullaire à la fin de juin. Fig. 2 et 3 - Réaction dans les cellules de parenchyme, les punctuations et la paroi interne d'un vaisseau dans des tissus sains à la mi-juillet. Fig. 4 et 5. - Réaction dans les tissus d'ormes infectés à la mi-juillet; à noter, la réaction à l'intérieur de vaisseaux.

La coloration s'est révélée particulièrement intense dans les cellules nouvellement différenciées du xylème des tiges d'ormes sains (fig. 1), et ceci lors d'épreuves effectuées tout au long de la saison de croissance. La distribution de la coloration dans les autres éléments du xylème a différé légèrement dans les essais effectués à la fin du printemps ou au milieu de l'été. Ainsi, les cellules des rayons médulaires et les cellules de parenchyme paratrachéal du bois de printemps devinrent presque noires lorsque incubées dans le catéchol au cours du printemps. Au milieu de l'été la réaction fut beaucoup plus faible (fig. 2 et 3) et on a pu déceler une réaction aux ponctuations des vaisseaux, dans les cellules parenchymateuses et quelques fibres. En général la coloration était localisée dans le protoplasme des cellules, bien qu'une réaction localisée dans la couche interne des parois cellulaires était aussi apparente, surtout chez les cellules vasculaires (fig. 3).

D'une façon générale, la distribution de la réaction colorée dans les tissus de tiges d'ormes infectés était assez semblable à celle des ormes sains; mais cette réaction était beaucoup plus intense chez les arbres malades (fig. 4 et 5) que chez les ormes en santé. À noter aussi la présence de coloration à l'intérieur du système vasculaire chez les tissus infectés.

Discussion

De tous les phénols essayés, le catéchol, un ortho-diphénol, est le composé qui a donné la réaction la plus intense et la plus caractéristique dans une période d'incubation relativement courte. Par conséquent, ce composé apparait le meilleur pour l'étude histochimique de l'activité de la phénoloxydase dans le bois d'orme. Les monophénols et les diphénols, méta ou para ne sont pas, ou très peu oxydés par les enzymes de cette essence. La principale phénoloxydase du bois d'orme est donc une polyphénoloxydase spécifique à l'égard des ortho-diphénols.

La température d'incubation peut avoir une influence sur la rapidité de l'oxydation du catéchol, mais cette influence n'est pas très marquée entre 25 et 37°C; la température de la chambre (25°C) semble donc convenir à la réaction. Cette température est d'ailleurs plus près de la condition normale de croissance de l'arbre que la température de 37° utilisée couramment pour des réactions histochimiques dans les tissus animaux.

Le pH du milieu a une influence considérable sur la rapidité d'oxydation du catéchol. En effet la coloration s'est formée plus rapidement et l'intensité de la coloration obtenue après une période limitée d'incubation a été beaucoup plus forte dans les solutions à pH élevé que dans celles à pH bas. Le pH optimum semble être de 6,5. À pH plus faible la réaction a été plutôt lente,

tandis qu'à un pH plus élevé, il existe un danger d'oxydation spontanée, car la présence d'inhibiteur a été beaucoup moins efficace dans la prévention de la réaction colorée.

La diffusion partielle de l'enzyme dans le milieu d'incubation, en y produisant une coloration constitue un inconvénient pour la recherche topologique de l'activité enzymatique dans le bois d'orme. Malgré cette lacune, les différences d'intensité de la réaction en différents endroits des tissus permettent de déterminer les sites où s'exerce la plus grande activité enzymatique.

Les résultats obtenus ici indiquent une beaucoup plus grande activité de la polyphénoloxydase dans la région du cambium, où la lignification n'a pas encore eu lieu, que dans les tissus complètement différenciés et déjà lignifiés (Gagnon, 1967a). L'activité semble également être plus grande dans les tissus infectés que dans les tissus sains, mais ceci peut n'être dû qu'à une meilleure rétention de l'enzyme dans les tissus infectés par suite de la coagulation plus ou moins prononcée du protoplasme des cellules parenchymateuses (Gagnon, 1967b).

La présence de polyphénoloxydase dans les mêmes cellules qui, dans les arbres malades, exhibent une réaction au test pour les polyphénols et présentent plus tard du brunissement, indique bien que cette enzyme cause, du moins partiellement, l'oxydation des composés phénoliques et par là, le brunissement des tissus ligneux des arbres infectés par le *C. ulmi*.

Remerciements

Sincères remerciements aux collègues du Laboratoire de Recherches forestières qui ont revu ce texte.

Références

- ARVY, L., 1957. Les techniques actuelles d'histoenzymologie; les phénoloxydases. *Biologia méd.*, **46**: 552-574.
- BALDWIN, E., 1957. Dynamic aspects of biochemistry. 3rd ed. Cambridge University Press, Cambridge.
- BURSTONE, M. S., 1962. Enzyme histochemistry and its application in the study of neoplasms. Academic Press, New York.
- GAGNON, C., 1967a. Histochemical studies on the alteration of lignin and pectic substances in white elm infected by *Ceratocystis ulmi*. *Can. J. Bot.*, **45**: 1619-1623.
- GAGNON, C., 1967b. Polyphenols and discoloration in the elm disease investigated by histochemical technique. *Can. J. Bot.*, **45**: 2119-2124.

- LISON, L., 1960. Histochimie et cytochimie animales, principes et méthodes. 3ième éd., 2 vol. Gauthier-Villars, Paris.
- PEARSE, A. G. E., 1961. Histochemistry theoretical and applied. 2nd ed. J. & A. Churchill Ltd., London.
- VAN FLEET, D.S., 1957. Histochemical studies of phenolase and polyphenolase in the development of the endodermis in the genus *Smilax*. *Bull. Torrey Bot. Club*, 84: 9-28.

CARACTÈRES CULTURAUX ET CYTOLOGIQUES
DE QUELQUES ESPÈCES RANGÉES PAR BOURDOT ET GALZIN
ET D'AUTRES AUTEURS DANS LE GENRE *PHAEOLUS* (POLYPORACÉES)

ALIX DAVID ¹

Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences de Lyon
et Laboratoire de Mycologie associé au C.N.R.S.
16, quai, Claude-Bernard, Lyon 7^e (Rhône)

Résumé

L'auteur étudie le comportement nucléaire des espèces de *Phaeolus* pris au sens large. Le type du genre, *P. schweinitzii*, est holocénocytique; se comportent de même *P. fibrillosus* type du genre *Pycnoporellus* et *P. alboluteus* considéré comme *Pycnoporellus* par Kotlaba et Pouzar. Sont astatocénocytiques *P. rutilans* type du genre *Hapalopilus*, *P. croceus* rangé dans ce genre par Donk ainsi que *P. alborubescens* et *albosordescens*. *Poria aurantiaca*, placé par Bourdot et Galzin dans une subdivision *Phaeolus* du genre *Poria* est hétérocytique. Malgré cette diversité toutes ces espèces présentent un caractère commun : leur mycélium monosperme cénocytique.

Abstract

The nuclear behaviour of eight species of genus *Phaeolus* (*sensu lato*) was studied. The type of the genus, *P. schweinitzii*, is holocoenocytic. *P. fibrillosus* and *P. alboluteus*, transferred to genus *Pycnoporellus* respectively by Murill and Kotlaba — Pouzar, are also holocoenocytic. *P. rutilans*, type of genus *Hapalopilus*, *P. croceus* (transferred into the same genus by Donk), *P. albosordescens* and *alborubescens* are astatocoenocytic. *P. aurantiaca*, transferred into section *Phaeolus* of genus *Poria* by Bourdot and Galzin, is heterocytic. In spite of these differences, all these species possess a common feature : a coenocytic monosperm mycelium.

Introduction

Des travaux antérieurs (Nobles 1948, 1958, 1965; Yen 1950; David 1967, 1968) ont montré la valeur des caractères cultureux et cytologiques pour la taxinomie des *Polyporacées*. Il ressort des résultats déjà obtenus que l'étude

1. Avec la participation de B. Dequatre, collaborateur technique au C.N.R.S.

TABLEAU I

espèces	schweinitzii	rutilans	albosor- descens	alboru- bescens	aurantiaca	croceus	alboluteus	fibrillosus
Bourdot et Galzin 1927	Phaeolus	Phaeolus	Phaeolus	Phaeolus	Poria gr. Phaeolus	Phaeolus		Phaeolus
Pilat 1936	Phaeolus	Phaeolus	Leptoporus	Leptoporus		Phaeolus	Phaeolus	Phaeolus
Bondarzew et Singer 1941	Phaeolus	Hapalo- pilus	Tyromyces		Hapalo- pilus	Hapalo- pilus	Hapalo- pilus	Hapalo- pilus
Domanski 1967	Phaeolus	Hapalo- pilus	Tyromyces		Hapalo- pilus	Hapalo- pilus	Pycnopo- rellus	Pycnopo- rellus

du comportement nucléaire complète avantageusement les données sur la morphologie du carpophore. Étendre ce genre d'étude paraît d'autant plus utile que les mycologues modernes tendent souvent à multiplier hâtivement les genres nouveaux sans une étude préalable suffisamment complète.

Dans cette optique l'étude des espèces classées par Patouillard, Bourdot & Galzin et Pilat dans le genre *Phaeolus* a été entreprise. Ont pu être étudiés : *P. schweinitzii* (Fr.) Pat., *P. rutilans* (Pers. ex Fr.) Pat., *P. albosordescens* (Rom.) Bourd. et Galz., *P. alborubescens* Bourd. et Galz., *P. croceus* (Pers. ex Fr.) Pat., *P. fibrillosus* (Karst) Bourd. et Galz., *Poria aurantiaca* Rostk., section *Phaeolus*, et *P. alboluteus* (Ell. et E.) Pil. Dans les classifications plus récentes, ces espèces sont réparties dans des genres variés, comme l'indique le tableau I.

Kotlaba et Pouzar (1963), dans un travail sur *Pycnoporellus alboluteus*, font une mise au point précise du sens qu'ils attribuent aux genres *Phaeolus*, *Pycnoporellus*, *Hapalopilus*, etc. Rappelons en ici l'essentiel. Le genre *Phaeolus* emend. doit être limité à l'espèce type *P. schweinitzii*. *P. alboluteus* a été transféré par Kotlaba et Pouzar dans le genre *Pycnoporellus* (créé par Murrill pour *P. fibrillosus*) qui se distingue surtout par le virage de la chair au rouge sous l'action des alcalis, alors que celle de *P. schweinitzii* vire au brun noir. Les représentants de ces deux genres sont dépourvus de boucles. Le genre *Hapalopilus* renferme des espèces bouclées et à chair virant au violet au contact des alcalis (*H. nidulans*, *aurantiaca*). Dans le travail de 1963, ces auteurs n'émettent pas d'opinion précise au sujet de *P. croceus*, mais plus récemment (1966) ils concluent que *croceus* appartient au genre *Hapalopilus*.

L'étude du comportement nucléaire de ces espèces, qui n'a été que peu entreprise (Yen 1950), constituera l'essentiel de notre mémoire qui comprendra par ailleurs la description des mycéliums de *P. albosordescens*, *alborubescens*, *croceus*, *P. alboluteus* et *P. aurantiaca*.

Les techniques employées sont celles de Nobles (1948) et Boidin (1958).

Description des cultures

Phaeolus schweinitzii (Fr.) Pat.

Ce polydore a été récolté sur souche de gymnosperme dans l'Isère : LY D 313, Octobre 1966.

GERMINATION.— La spore uninucléée donne une germination cénocytique (Yen 1950).

MONOSPERME.— Le mycélium est constitué d'hyphes régulières, assez peu ramifiées, large de 2 à 3 μ , produisant de nombreuses chlamydospores terminales ou intercalaires, sphériques ou ovales, de 10 à 15 μ de diamètre.

Les articles sont cénocytiques. Les parois des hyphes, poussées sous film de collodion, présentent des épaisissements annulaires internes ne laissant subsister au centre qu'un fin canalicule (fig. 1). Il paraît probable qu'à ces épaisissements correspondent des cloisons transversales, mais cela n'a pu être vérifié. Ces renflements se retrouvent mais beaucoup moins régulièrement dans le mycélium cultivé sur Hagem gélosé en boîte de Petri.

POLYSERME.— Pour la description du mycélium nous renvoyons aux travaux de Nobles (1948, 1965) et de Fallayan (1964).

Les articles des hyphes sont cénocytiques.

Nombres de noyaux dans les articles consécutifs de 3 hyphes en partant de l'article terminal.

29 - 4 - 5 - 2 - 10 - 4 - 4
 17 - 10 - 10 - 8 - 7 - 8
 10 - 3 - 1 - 2 - 6 - 3

Phaeolus schweinitzii est donc une espèce holocénocytique sans boucles.

Oxydases :

Gaïcol	+	0	Tyrosinase	++++	0
Acide gallique	+++	croissance sur 3 cm 4	Paracresol	fort	0

Phaeolus rutilans (Pers. ex Fr.) Pat.

Ce champignon est assez fréquent dans la région lyonnaise sur *Corylus avellana*.

Ses cultures ont été décrites antérieurement (Nobles 1948, 1965; Fallayan 1964) et sont bien reconnaissables par leur couleur et la présence de conidiophores caractéristiques. Nous ne savions rien du comportement nucléaire.

GERMINATION.— Les spores uninucléées germent en 5-6 jours et donnent naissance à des germinations cénocytiques.

MONOSPERME.— Les articles des hyphes sont faiblement cénocytiques. Nombres de noyaux :

13 - 2 - 2 - 2
 11 - 3 - 1 - 2
 5 - 2 - 1 - 2

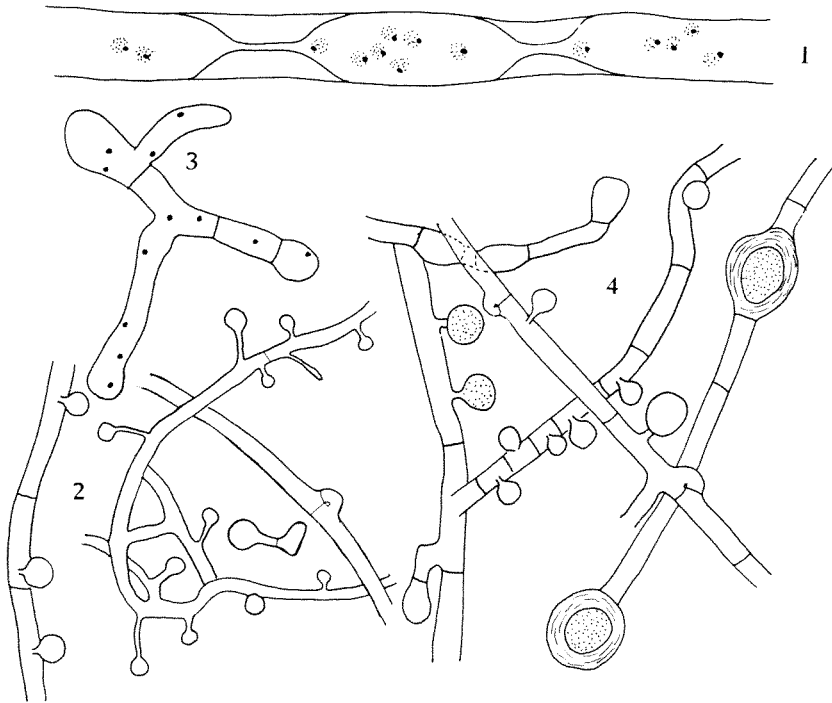


FIG. 1. Hyphes cénocytiques du mycélium monosporme de *Ph. Schweinitzii* avec épaississements annulaires de la paroi (x 1.000). Fig. 2. Mycélium aérien d'une culture polysperme de *Ph. rutilans* (x 1.000). Fig. 3. Jeunes germinations cénocytiques de *Ph. albosordescens* (x 1.000). Fig. 4. Mycélium aérien d'une culture polysperme de *Ph. albosordescens* (x 1.000).

POLYSERME.— Le polysperme de *P. rutilans*, binucléé et bouclé, produit de très nombreuses conidies qui naissent soit sur des conidiophores rameux, soit latéralement sur des hyphes normales (fig. 2). Elles sont le plus souvent uninucléées et germent en donnant un mycélium cénocytique non bouclé. Ainsi une culture âgée tend à retourner à l'état haploïde. Il est souvent difficile de distinguer ce retour à l'haplonte, dû aux germinations des conidies, d'un retour au comportement cénocytique dû à des conditions d'aération insuffisantes. Il est donc nécessaire de s'assurer, avant de plonger le mycélium en milieu profond, qu'il ne contient pas d'hyphes cénocytiques qui, grâce à leur croissance très rapide, constitueraient très rapidement l'essentiel de la culture. Dans ces conditions il ne produit pas de conidies et retourne au comportement cénocytique de la jeunesse en perdant ses boucles. Ce retour est cependant assez lent et nécessite 3 à 4 semaines de culture.

Polarité :

- A₁ = 1 - 5 - 6 - 7 - 9 - 11 - 13 - 15 - 17 - 19 - 21 - 23
 A₂ = 2 - 3 - 4 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - 18 - 20 - 22

Phaeolus rutilans est une espèce bipolaire à comportement astatocénocytique.

Oxydases :

Gaiacol	++	0	Tyrosinase	++++	(++++)	0
Acide gallique	++++	0	Paracresol	L	(M)	

Phaeolus albosordescens (Rom.) Bourd. et Galz.

Bien que signalé comme fréquent par Bourdot et Galzin, nous n'avons trouvé ce champignon qu'une fois, tapissant une cavité dans un tronc de vieux pommier. Ly D 304 Bourg Argental Loire Leg. Docteur Delaigue.

Nous devons à Fallayan (1964) quelques données sur l'aspect macro et microscopique du mycélium; nous les compléterons. Des résultats nouveaux seront exposés tant au sujet de la polarité que du comportement nucléaire.

GERMINATION.— Les spores uninucléées germent en 5 jours environ et les germinations sont cénocytiques (fig. 3).

MONOSPERME.— L'aspect et la microscopie des cultures monospermes sont très proches de ceux des cultures polyspermes.

Les articles des hyphes sont cénocytiques. Nombres de noyaux :

44 – 28 – 20 – 16 – 2
 33 – 22 – 9 – 6 – 2
 14 – 5 – 9 – 7 – 2

Dans certains articles terminaux ce nombre s'élève à 140, 175 et même 200 sans qu'aucune cloison ne soit visible.

L'espèce s'est révélée bipolaire.

A₁, A = 1 – 2 – 4 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10 – 11 – 12 – 13 – 14 – 16 – 17
 18 – 20 – 21

A₂, B = 3 – 5 – 15 – 19 – 22

POLYSPERME.—

Croissance rapide : boîte de Petri de 9 cm de diamètre interne remplie en deux semaines.

Aspect : Marge régulière, appliquée. Mycélium mince, appliqué, translucide avec plages irrégulières, légèrement poudreuses. À l'opposé de l'inoculum, le mycélium devient plus épais, duveteux, cotonneux, puis prend l'aspect d'amiante jaune citron (5 x 9/8)¹. Dessous inchangé, odeur nulle.

1. Se référer au code; Munsell book of color (1950), Baltimore, Maryland.

Microscopie : La marge est essentiellement formée d'hyphes rectilignes de 3 à 6 μ de large, dépourvues de boucles. Les hyphes bouclées n'apparaissent environ qu'à un centimètre de la marge. Les éléments de dissémination très nombreux et variés sont souvent difficiles à définir. On trouve des chlamydo-spores typiques, intercalaires ou terminales et à parois très épaisses ($\times 10-15 \mu$), des éléments naissant en chaînes et tirant leur origine d'une condensation cytoplasmique, enfin des conidies sphériques ($\times 2-10 \mu$) à parois minces, naissant sur de courts prolongements portés par les parois latérales des hyphes. Des conidies de même type ont déjà été signalées dans *P. rutilans*.

Comportement nucléaire :

Milieu aérien : Comme dans la plupart des espèces riches en conidies et chlamydo-spores, le mycélium aérien est constitué d'hyphes régulièrement bouclées, binucléées, et d'hyphes cénocytiques, non bouclées, provenant de la germination des oïdies et chlamydo-spores.

Milieu profond : Retour à l'état cénocytique de l'haplonte.

Oxydases :

Gaïacol	+ + 0	Tyrosinase (+)
Acide gallique	+ + + + 0	Paracresol blanc lait sur 3 cm

Phaeolus alborubescens Bourd. et Galz.

Cette espèce semble n'être connue jusqu'à présent que de la forêt de Fontainebleau. Nos observations portent sur une culture polysperme qui nous fut aimablement envoyée par Monsieur Jacquot, directeur du Centre technique du bois; nous tenons à l'en remercier sincèrement.

POLYSPERME.—

Croissance : rapide à moyenne, boîtes remplies en 3 ou 4 semaines.

Aspect : Marge régulière, appliquée. Mycélium laineux fragile, par plages subtomenteux; blanc en début de croissance, il devient rose, rose sale autour de l'inoculum dès la deuxième semaine. Débuts de fructifications dans certains cas.

Microscopie :

Marge constituée sur presque un centimètre d'hyphes rectilignes, peu ramifiées ($\times 3-4 \mu$) : seules quelques hyphes latérales, beaucoup plus grêles, sont bouclées.

Mycélium aérien : les hyphes bouclés prédominent; de rares chlamydo-spores ont été observées.

Mycélium submergé : hyphes de fort diamètre (5-7 μ), non bouclées, avec ramifications beaucoup plus étroites (x 2-3 μ) bouclées.

Comportement nucléaire :

Milieu aérien : Les hyphes régulièrement bouclées sont constituées d'articles dont le nombre de noyaux, souvent constant dans la même hyphe, varie d'une hyphe à l'autre.

Ci-dessous le relevé fait dans 4 hyphes différentes.

2-2-2 3-3-3 5-5-5 6-3-3 3-2-2

Milieu profond: Les hyphes sont cénocytiques. De très nombreuses chlamydo-spores en chaîne, plurinucléées, ont été observées.

Ci-dessous quelques relevés :

83 - 25 - 13 - 3
73 - 8 - 2
23 - 4 - 10 - 4

Phaeolus alborubescens a sans doute un comportement astatocénocytique, et l'observation du diplonte permet de prévoir la cénocytie de la germination et de l'haplonte, peut-être même la bipolarité.

Oxydases :

Gaïacol	+	Tyrosinase	+	+	+	+	+
Acide gallique	+	Paracresol	moyen				

Phaeolus croceus (Pers.) Pat.

Nos recherches ont été effectuées à partir d'une culture polysperme provenant de la mycothèque de Baarn; elles complètent celles de Fallayan (1964).

POLYSPERME.—

Croissance rapide (boîtes remplies en 3 semaines).

Aspect : Mycélium appliqué hyalin, formant une peau souple élastique, recouvert dès la troisième semaine de larges plaques duveteuses orangées 7,5 YR 7/8. Dessous inchangé, odeur nulle.

Microscopie :

Milieu aérien : marge constituée sur 0,5 cm environ d'hyphes larges, 3 à 6 μ , peu ramifiées, non bouclées. Hyphes génératrices régulières, peu ramifiées, à parois minces ou très épaisses gélifiées. Ces dernières sont d'autant plus nombreuses que le mycélium est coloré. Ces hyphes sont alors incrustées d'une substance brun orangée. Nous n'avons jamais observé les formes conidiennes observées par Fallayan (1964); par contre les chlamydospores ne sont pas rares.

Milieu profond : Idem, à part la présence de quelques hyphes de fort diamètre (x 5-7 μ) à cloisons simples.

Comportement nucléaire très variable :

En milieu aérien : a) hyphes non bouclées, à cénocytie faible (3-2-3-3) ou très élevée, plus spécialement dans l'article terminal. Nombre de noyaux :

50 - 2 - 4 - 5
32 - 2 - 6 - 2

b) des hyphes régulièrement bouclées avec articles terminaux à 2 - 3 - 4 ou même 6 noyaux et articles intercalaires à 2, beaucoup plus rarement 3 noyaux.

c) des hyphes irrégulièrement bouclées : les articles binucléées sont alors plus rares.

4 - 6 - 3 - 2 - 2
3 - 3 - 3 - 1 - 3
2 - 1 - 4 - 2

En milieu profond : Toutes les hyphes sont cénocytiques.

55 - 47 - 5
19 14 - 12
28 - 2 - 8

Phaeolus croceus est donc une espèce astatocénocytique.

Oxydases :

Gaïacol	+	Tyrosinase	+++
Acide gallique	++++	Paracresol	L

Poria aurantiaca (Rostk.) Sacc.

Ce polypore, classé par Bourdot et Galzin dans une subdivision *Phaeolus* du genre *Poria*, fut récolté sous un tronc de *Pinus* dans la Haute-Loire : LY D 268, 28 août 1965.

GERMINATION.— Les spores uninucléées germent en deux jours et donnent naissance à des germinations cénocytiques.

MONOSPERME.— Les hyphes sont formées d'articles cénocytiques. Nombres de noyaux :

31 - 23 - 10 - 3 - 10

28 - 25 - 3 - 3 - 1

16 - 3 - 3 - 4 - 2

L'espèce s'est révélée bipolaire.

A₁ = 1 - 2 - 5 - 8 - 10 - 14 - 17

A₂ = 3 - 4 - 6 - 7 - 9 - 11 - 12 - 13 - 15 - 16 - 18 - 20

Comme nous l'avons déjà souvent remarqué dans le cas d'espèces cénocytiques, la zone de confrontation bouclée présente un aspect duveteux cotonneux très net, différent du reste de la culture. Cette zone bouclée s'étend d'ailleurs très lentement.

POLYSERME.—

Croissance rapide (boîtes remplies en 3 semaines).

Aspect : Marge régulière ou très largement festonnée, appliquée. Mycélium appliqué, translucide avec parfois de très légères et minces veinules de mycélium duveteux rayonnantes à partir de l'inoculum. Croissance et aspect gras très spéciaux du mycélium entre la gélose et le pourtour de la boîte, puis sous la gélose au fond de la boîte. Fructifications orangées sur le pourtour de la boîte. Dessous inchangé, odeur nulle.

Microscopie : marge : hyphes rectilignes régulières 2-3 μ , ramifiées.

Mycélium aérien : Hyphes génératrices bouclées, ramifiées, de diamètre varié x 2-6.

Mycélium profond : Idem, mais hyphes dans l'ensemble moins ramifiées.

Oxydases :

Gaïacol	—	0	Tyrosinase	—
Acide gallique	—	tr.	Paracresol	—

Comportement nucléaire : Les articles du diplonte sont binucléés et bouclés, que le prélèvement soit fait en milieu aérien ou profond.

Poria aurantiaca est donc un cas particulier d'une espèce hétérocytique mais à spores uninucléées.

Phaeolus fibrillosus (Karst.) Bourd. et Galz.

LY D 585 sur *Picea rubens*. Newfound Gap (Parc national des Great Smoky Mountains — Tennessee) Août 1968 leg J. Boidin et dét. Donk.

GERMINATION.—La spore binucléée donne naissance à une germination céno-cytique.

MONOSPERME.—Les hyphes sont formées d'articles cénocytiques. Nombres de noyaux :

103 - 34 - 12 - 21 - 8 - ...

138 - 10 - 13 - 11 - ...

151 - 12 - 15 - ...

POLYSERME.—Pour la description du mycelium nous renvoyons aux travaux de Nobles (1948 - 65). Les hyphes non bouclées sont du point de vue nucléaire semblables aux hyphes du monosperme.

Oxydases :

Gaïacol	—	Tyrosinase	—
Acide gallique	—	Paracresol	—

Phaeolus fibrillosus est une espèce holocénocytique.

Phaeolus albo-luteus (Ell. et Ev.) Pil.

Nos observations portent sur une culture polysperme provenant de la mycothèque de Baarn.

POLYSERME.

Croissance rapide (boîte remplie en 3 semaines).

Aspect : Marge régulière, appliquée. Mycélium appliqué, très mince, presque invisible, donnant seulement au milieu gélosé un aspect plus opaque. Odeur très agréable de fleur d'oranger. Dessous inchangé.

Microscopie : Hyphes peu ramifiées, de diamètre varié (x 1,5 à 4 μ), dépourvues de boucles.

Comportement nucléaire : Le polysperme, dépourvu de boucles, est formé d'articles cénocytiques. Nombres de noyaux :

30 - 6 - 2 - 4 - 6

32 - 3 - 3 - 2

16 - 2 - 10 - 2

Oxydases :

Gaïacol	—	Tyrosinase	—
Acide gallique	—	Paracresol	—

Bien que nos observations n'aient porté que sur le polysperme, on peut penser que *Phaeolus albo-luteus* est une espèce holocénocytique.

Discussions et conclusion

Il ressort des résultats précédents que les caractères cultureux et cytologiques des espèces étudiées présentent quelques variations. Si l'on fait intervenir boucles, polarité, comportement nucléaire et oxydase, on peut distinguer quatre groupes :

- absence de boucles, comportement holocénocytique,
 - présence facultative de laccase,
présence constante de tyrosinase } groupe I : *schweinitzii*
 - absence de laccase et de tyrosinase } groupe II : *fibrillosus*
alboluteus

- présence de boucles,
 - comportement astatocénocytique,
bipolarité, présence de lacasse } groupe III : *nidulans*
croceus
alborubescens
albosordescens
 - comportement hétérocytique, bien
que fort rare, les spores étant
uninucléées } groupe IV : *aurantiaca*

Malgré cette diversité, toutes ces espèces présentent un caractère commun : le mycélium monosperme cénocytique.

Les deux premiers groupes correspondent respectivement au genre *Phaeolus* s.str. des auteurs modernes et au genre *Pycnoporellus*.

Le genre *Hapalopilus* correspond, à l'exception de quelques espèces, au troisième groupe. Nos observations confirment la conclusion de Kotlaba et Pouzar (1966) selon laquelle *croceus* doit être rangé dans le genre *Hapalopilus* et non dans le genre *Aurantiorporus*.

Il est nécessaire de discuter plus longuement le cas des *P. alborubescens* et *albosordescens*. Cette dernière espèce a été enlevée du genre *Phaeolus* et transférée dans le genre *Tyromyces* par suite de l'absence de réaction aux alcalis. *P. alborubescens*, espèce connue seulement de la forêt de Fontainebleau, ne figure pas dans la flore de Domanski. Signalons cependant que Fallayan (1964) qui a étudié ces deux espèces estime qu'elles sont physionomiquement très affines; or ce même auteur signale que la chair de *P. alborubescens* devient noire au contact d'une solution alcaline. Dans ce cas il faudrait verser *P. alborubescens* dans les *Hapalopilus* et maintenir *albosordescens* dans les *Tyromyces*. On

a donné trop d'importance à la réaction à la potasse. Une connaissance chimique des pigments s'impose. En effet, rien ne s'oppose à ce que cette espèce ne contienne un pigment peut-être proche de l'acide polyporique mais sous sa forme réduite incolore. En l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de discuter de l'affinité *d'albosordescens* avec les *Tyromyces*, groupe peu connu, car les spores germent peu ou pas du tout. Rappelons que le mycélium *d'albosordescens* produit des conidies assez semblables à celles de *rutilans* et de *croceus* (Fallayan, 1964). Il n'est pas impossible que des recherches ultérieures sur les pigments amènent à ranger *Ph. albosordescens* et *alborubescens* dans le genre *Hapalopilus*.

Enfin, *P. aurantiaca* se singularise en ce sens qu'il n'est pas astatocénocytique et qu'il ne fabrique ni laccase, ni tyrosinase.

Établir les affinités de ces différents genres entre eux et avec des genres voisins, d'après leur comportement nucléaire, est difficile et paraît encore prématuré. D'après certains auteurs dont Kühner (1950), *P. schweinitzii* «devrait être placé dans la série des Igniaries à cause de ses hyphes mycéliennes à paroi jaune, sans boucles». Plus récemment (1963) Kotlaba et Pouzar rapprochent le genre *Phaeolus*, d'une part du genre *Coltricia* et en général des *Hymenochaetaceae*, d'autre part du genre *Pycnoporellus*. En fait il existe une similitude de comportement entre ces 3 groupes holocénocytiques sans boucles. Si *P. schweinitzii* se rapproche des *Hymenochaetaceae* par ses hyphes non bouclées, uniformément colorées, il s'en éloigne par l'absence de spinules typiques, par la consistance de sa chair et par les caractères de pourriture. Par contre, *P. alboluteus* et *fibrillosus* peuvent se rapprocher de *H. croceus* et *nidulans* en raison de leur chair molle, spongieuse, virant au contact de K O H en carmin foncé. De plus Pilat (1936) signale que les hyphes de *P. fibrillosus* sont incrustées à la surface, caractère qui se retrouve dans le genre *Hapalopilus*.

Il semble donc que seule une étude chimique des pigments de ces espèces, dont la chair colorée vire au contact des alcalis, permettrait d'en définir plus nettement les affinités et de préciser si les genres *Hapalopilus*, *Pycnoporellus*, *Phaeolus* ne constitueraient pas une série évolutive conduisant aux *Hymenochaetaceae*.

Références

- BOIDIN, J., 1958. Essai biotaxonomique sur les Hydnés résupinés et les Corticiés. Étude spéciale du comportement nucléaire et des mycéliums. Thèse Lyon 1954, Mém. hors-sér. 6 Revue Mycol. (Paris, 387 p.).
- BOIDIN, J., 1964. Valeur des caractères culturels et cytologiques pour la taxinomie des *Thelephoraceae* résupinés et étalés-réfléchis (Basidiomycètes). *Bull. Soc. bot. Fr.*, **111**, 309-315.

- BONDARZEW, A. und R. SINGER, 1941. Zur Systematik der Polyporaceen. *Annls. Mycol.*, **39**: 43-65.
- BOURDOT et GALZIN, 1927. Hymenomycètes de France. Paris, 761 p.
- DAVID, A., 1967. Caractères mycéliens de quelques *Trametes* (Polyporacées). *Naturaliste can.*, **94**: 557-572.
- DAVID, A., 1968. Caractères cultureux dans le genre *Glocophyllum*. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, **84**: 119-126.
- DOMANSKI, S., 1959. Deux rares porés : *Leptoporus lapponicus* (Rom.) Pil. et *Phaeolus alboluteus* (Ell. et Ev.) Pil. dans la forêt vierge de Bialowieza en Pologne. *Monographiae bot.*, **8**: 171-181.
- DOMANSKI, S., H. ORLOS, A. SKIRGIELLO, 1967. Tomm III : Basidiomycètes Aphyllophorales Polyporaceae pileatae e
1-398, tab. I-XXIX, Warszawa.m
- FALLAYAN, F., 1964. Étude culturale et anatomique de quelques Polypores conidiophorés à trame molle ou coriace. Thèse docteur d'Université, Paris, 89 p.
- JACQUIOT, C., 1964. Contribution à l'étude de *Phaeolus alborubescens* B. et G. en culture. 89e Congrès des Sociétés savantes, p. 303-305.
- KOTLABA, F. and Z. POUZAR, 1963. Three noteworthy Polypores of the Slovakian Carpathians. *Ceské Mykol.*, **17**: 174-185.
- KOTLABA, F. and Z. POUZAR, 1966. What is *Polyporus acanthoides* Bull. *sensu* Velenovsky? — with notes on the systematic position of *Polyporus croceus* (Pers.) ex Fr. *Ceské Mykol.*, **20**(2) : 97-104.
- NOBLES, M.L., 1948. Studies in forest pathology. VI. Identification of cultures of wood-rotting fungi. *Can. J. Res.*, **26**: 281-431.
- NOBLES, M.K., 1958. Cultural characters as a guide to the taxonomy and phylogeny of the *Polyporaceae*. *Can. J. Bot.*, **36**: 883-926.
- NOBLES, M.K., 1965. Identification of cultures of wood-inhabiting Hymenomycetes. *Can. J. Bot.*, **43**: 1097, 1139.
- PILAT, A., 1936. Atlas de champignons de l'Europe. Tome III, *Polyporaceae* I. Praha, 624 p.
- YEN, H.C., 1950. Contribution à l'étude de la sexualité et du mycélium des Basidiomycètes saprophytes. *Ann. Univ. Lyon, Sci. sect. C*, 1-131 (1949).

L'EFFET D'UNE ÉCLAIRCIE SUR LA CROISSANCE QUINQUENNALE D'UN PEUPEMENT DE SAPIN BAUMIER ÂGÉ DE 15 ANS

PAUL-E. VÉZINA et RENÉ-A. DOUCET¹

Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec (10e), Québec

Résumé

Une éclaircie a été effectuée en 1961 par des méthodes conventionnelles et chimiques dans une sapinière âgée de 15 ans près de Québec. Les traitements ont consisté à enlever respectivement 13, 40, 44 et 62 pour 100 de la surface terrière et du volume total initiaux. À la suite de l'éclaircie, la croissance quinquennale en diamètre des cent plus gros arbres à l'acre dans les places éclaircies fortement a augmenté de plus de 55 pour cent par rapport aux témoins. Le traitement chimique a réduit efficacement la concurrence exercée par les feuillus de moindre valeur. Malgré que tous les traitements aient eu pour effet de provoquer une diminution de l'accroissement en surface terrière et en volume total à l'acre, on recommande que la première éclaircie dans les jeunes sapinières soit forte de manière à régulariser la répartition des tiges et à provoquer une croissance accélérée en diamètre et, par conséquent, en valeur.

Abstract

In 1961, a 15-year-old balsam fir stand in Québec was thinned by both conventional and chemical methods to residual basal areas of 27, 20 and 12 square feet per acre. An analysis of the growth to 1966 by treatment showed that on the heavily thinned plots diameter increment of the 100 largest trees per acre was about 55 percent greater than on the controls. The chemical treatment effectively reduced hardwood competition within the stand. Although gross basal area and total volume increment dropped markedly at all levels of thinning, a heavy first-thinning is recommended on the bases of a better stem distribution and an increase in diameter growth, hence in value.

Introduction

Le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) est, après l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP.), l'essence forestière ayant la plus grande impor-

1. Adresse actuelle : State University College of Forestry, Syracuse University, Syracuse, New York.

tance économique au Québec. Le sapin croît rapidement et se régénère naturellement la plupart du temps en abondance. En plus de former, sur certains sols, des peuplements stables de bonne qualité, il remplace souvent après la coupe ou un châblis les peuplements d'épinette noire. Le sapin étant une essence qui réagit bien aux traitements sylvicoles, il est essentiel de mettre au point des méthodes de traitement susceptibles d'augmenter sa production et sa valeur.

Les jeunes sapinières de seconde venue possèdent souvent une constitution irrégulière et une densité très forte. En régularisant ces deux facteurs au moyen de l'éclaircie précommerciale², il apparaît possible de distribuer la production potentielle des stations sur un nombre plus restreint de tiges de meilleure qualité. On obtiendrait de cette façon des arbres de plus gros diamètre dans un temps plus court, de sorte que les éclaircies commerciales pourraient commencer plus tôt et que l'on réduirait sensiblement la durée des révolutions. Les peuplements ainsi obtenus pourraient en outre se révéler plus économiques à exploiter surtout avec les nouvelles méthodes de récolte mécanisée.

En 1961, l'un de nous (Vézina) entreprenait, à titre expérimental, une coupe d'éclaircie précommerciale dans une sapinière âgée d'environ 15 ans. L'étude avait pour objet d'analyser le développement de jeunes sapins baumiers soumis à différents degrés de dégagement des cimes et de recueillir des renseignements sur la production des jeunes peuplements de cette essence. Cinq ans plus tard, on a remesuré les places établies afin d'analyser les effets des divers traitements sur la croissance du peuplement résiduel. Les résultats de ces analyses font l'objet du présent travail.

Aperçu des travaux antérieurs

Plusieurs chercheurs dans divers pays ont essayé de développer des méthodes de traitement des peuplements forestiers afin d'augmenter leur production. En Europe, les recherches entreprises sur les effets de l'éclaircie remontent à près d'un siècle (Braathe, 1957). En Amérique du Nord, de telles études ont débuté il y a plusieurs années et elles acquièrent beaucoup d'importance depuis qu'on a pris conscience du fait que les ressources forestières ne sont pas illimitées. Par exemple, lors de la Conférence nationale sur les Forêts, à Montebello en 1966, on a insisté (Beall, 1966) sur la nécessité des traitements sylvicoles pour faire face à la demande en produits du bois au Canada qui doit quadrupler d'ici à l'an 2000.

La majorité des travaux sur l'éclaircie ou la coupe partielle, au Canada et aux États-Unis, ont porté sur les conifères. Smithers (1954), Cayford (1964)

2. L'éclaircie précommerciale est désignée sous le nom de coupe de nettoyage dans la littérature européenne (Perrin, 1954).

et d'autres auteurs ont étudié la réaction de peuplements de pin blanc (*Pinus strobus* L.), de pin rouge (*P. resinosa* Ait.) et de pin gris (*P. banksiana* Lamb.) à la suite d'éclaircies. Ces auteurs ont conclu, dans la plupart des cas, que le rendement en produits commercialement utilisables a été augmenté à plus ou moins longue échéance. En général, la croissance en hauteur n'est pas affectée par l'éclaircie, sauf quand le peuplement est jeune ou très dense (Zahner et Whitmore, 1960).

Les recherches sur le sapin baumier sont récentes et relativement peu nombreuses. Dans les États des Grands-Lacs et en Nouvelle-Angleterre, des expériences ont été effectuées là où le sapin présente une importance économique (Bakuzis et Hansen, 1965). Au Nouveau-Brunswick, Baskerville (1961a, 1961b) a fait connaître les résultats de quelques études.

Au Québec, on a commencé depuis près de quinze ans des coupes partielles dans des sapinières âgées de 40 ans et plus. Les résultats ont été très variables suivant l'intensité des traitements et l'âge des peuplements (Hatcher, 1961, 1967; Matte, 1962; Lafond, 1964; Vézina et Bolghari, 1968). MacArthur, en 1965, a réalisé en Gaspésie un essai d'éclaircie dans une jeune sapinière très dense et a remarqué que la croissance en hauteur en avait été sensiblement augmentée.

Parallèlement aux éclaircies classiques dans les peuplements purs, on a mis au point ces dernières années des méthodes de traitement chimique pour contrôler le développement des arbustes et des feuillus de moindre valeur. L'emploi des « sylvicides » n'est pas nouveau, mais les progrès réalisés pendant et après la Seconde guerre mondiale leur ont donné un essor considérable (Sutton, 1958). Ils pourraient devenir un moyen efficace et peu coûteux de traiter les peuplements mixtes de sapin baumier.

Exposé du problème

La question de savoir quelle est la densité optimum à laisser après une éclaircie pour obtenir la croissance maximum en volume est fondamentale en foresterie. Plusieurs hypothèses ont été avancées à ce sujet, mais aucune n'a encore été acceptée universellement. Il faut remarquer que les résultats des études sur lesquelles sont basées ces hypothèses présentent d'importantes variations dues à des différences d'ordre génétique chez une essence, à des changements de qualité de station ou de densité de peuplement à l'intérieur d'une même place-échantillon ou encore à des erreurs inhérentes aux observations (Smith, 1962).

Pendant longtemps on a cru que la croissance maximum ne pouvait être obtenue qu'à un niveau élevé de densité, dans des peuplements très fermés.

Cette densité était indiquée dans les « tables de rendement normal », et l'on enseignait que seul le prélèvement des arbres morts ou dépérissants était compatible avec une production maximum. Depuis quelques années, certains chercheurs ont exposé un point de vue semblable, selon lequel la production augmente avec une augmentation de la densité (Baskerville, 1965).

Contrairement à cette théorie, des expériences effectuées au siècle dernier ont semblé montrer que l'éclaircie, par une diminution de la densité, causait un accroissement de production. Cette idée, valide si l'on mesure la croissance de la partie commercialement utilisable du peuplement seulement, semble résulter de diverses imprécisions dans le prélèvement des échantillons en autant que la croissance en volume total est concernée.

Une autre opinion, qui a commencé à se manifester voici plusieurs années, veut que le volume total de matière ligneuse (y compris les arbres qui meurent) produit par un peuplement à un âge donné et sur une station de qualité définie, soit constant et optimum pour un grand éventail de densités. Lorsque l'éclaircie pratiquée est trop forte, le peuplement n'utilise pas tout le potentiel de la station à cause des vides créés, et la production diminue. Si, au contraire, le peuplement est trop dense, il y a stagnation ou croissance réduite. Suivant cette théorie, la densité optimum à laisser après l'éclaircie varie suivant l'essence, l'âge du peuplement et la qualité de station. En général, les conifères supportent une densité plus forte que les feuillus, et les essences d'ombre croissent en peuplements plus serrés que les essences de lumière. Enfin, la densité résiduelle optimum, pour une essence particulière, est d'autant plus forte que le peuplement est plus âgé et la station plus fertile.

De nombreux auteurs, dont Mar:Moller (1947), ont contribué à mettre de l'avant cette dernière hypothèse et elle a obtenu une grande audience tant en Europe qu'en Amérique. Ainsi, Pardé (1964) affirme : « Tant que le sylviculteur ne crée pas, par ses interventions, des trouées véritablement abusives dans le couvert, l'intensité de son action peut varier sans que la production ligneuse en soit affectée sensiblement; la quantité de bois fabriqué n'est en fin de compte fonction que de l'essence employée et de la station. »

Par contre, Assmann (*in* Reukema, 1966), tout en acceptant l'idée que la production totale en matière ligneuse n'est pas augmentée par l'éclaircie, pense que l'optimum de densité ne varie que dans des limites très étroites et se situe assez près de la densité maximum possible.

Si l'on accepte l'hypothèse de Mar:Moller qui semble la plus répandue actuellement, il faut reconnaître que les bienfaits de l'éclaircie ne résident pas dans l'augmentation de la production totale, mais dans sa répartition parmi un nombre restreint d'arbres choisis. C'est un fait bien connu que la croissance

en diamètre augmente sensiblement avec l'intensité de l'éclaircie; le volume ligneux produit l'est donc sur des tiges qui ont rapidement une valeur économique, au lieu d'être perdu sur des tiges sans valeur. De cette façon, il est possible de récolter une plus grande proportion de la production totale et de raccourcir la période de révolution.

Un autre avantage réside dans la possibilité d'améliorer la composition du peuplement, en éliminant les essences indésirables et les tiges mal formées et en favorisant celles qui ont la plus grande valeur. Enfin, sans prétendre à une énumération complète, on peut signaler que, grâce aux éclaircies, il est souvent possible de récupérer les arbres qui mourraient avant la récolte finale et de bénéficier ainsi d'un revenu immédiat.

Description du milieu et du peuplement

La surface expérimentale se trouve à environ 500 pieds au sud du lac La Foi, dans le bassin hydrographique de la rivière Montmorency, à une cinquantaine de milles au nord-est de la ville de Québec. Elle occupe une étendue de 15 acres sur la propriété forestière du Séminaire de Québec, à une altitude de 2,400 pieds sur un versant exposé au nord.

Le climat y est tempéré froid et du type continental à tendance océanique et très humide. La station météorologique la plus proche (Stoneham, 1960 pieds) indique une température moyenne annuelle de 34°F. et une précipitation totale annuelle de 58 pouces.

Des dépôts morainiques d'un à trois pieds d'épaisseur recouvrent la roche sous-jacente formée de granites précambriens. Le sol, de texture limono-sableuse, possède un bon drainage. C'est un podzol humique-orthique recouvert d'une mince couche d'humus de type mor.

Le peuplement forestier est du type *Dryopteris-Oxalis* (Jurdant, 1964) et était composé principalement de sapin baumier avec du bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh) et un peu d'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss). On y rencontrait également le cerisier de Pensylvanie (*Prunus pensylvanica* L.f.), l'érable à épis (*Acer spicatum* Lam.) et le sorbier d'Amérique (*Sorbus americana* Marsh). Au début de l'expérience en 1961, le peuplement était âgé de 15 ans et provenait d'une régénération préétablie dégagée à la suite d'une coupe à blanc. Le diamètre moyen du peuplement était de 1.4 pouce et les sapins dominants mesuraient en moyenne 16 pieds de hauteur. La densité du peuplement était irrégulière, certains bouquets serrés avoisinant de petites trouées. En général, la croissance était bonne et bon nombre de sapins portaient des branches vertes jusqu'au sol.

Méthodes

L'éclaircie est une coupe effectuée dans de jeunes peuplements afin de stimuler la croissance des arbres résiduels et d'augmenter la production des produits utiles (Smith, 1962). Il convient de distinguer entre l'éclaircie commerciale, dans laquelle la valeur des produits récoltés dépasse, ou au moins égale les dépenses effectuées, et l'éclaircie précommerciale considérée comme un investissement dans la croissance future de peuplements trop jeunes pour fournir, au moment du traitement, des produits utilisables économiquement.

Parmi les modes d'éclaircie connus, celui basé sur le choix d'un nombre déterminé d'arbres d'avenir fut jugé le plus satisfaisant, car en plus d'influencer le taux de croissance il permet de conserver une bonne proportion de sujets ayant une tige de qualité (Smith, 1962). Le peuplement contenait donc, immédiatement après le traitement, un nombre jugé adéquat d'arbres possédant certaines caractéristiques désirables, tandis qu'un certain nombre d'autres tiges servaient à remplir les vides.

Le but de l'expérience étant principalement d'étudier la réaction de jeunes sapins baumiers à différents degrés de dégagement des cimes, trois intensités d'éclaircie furent appliquées à des sapins dominants et codominants préalablement choisis:

- éclaircie légère : dégagement d'un à trois pieds autour de la cime de l'arbre choisi,
- éclaircie modérée: dégagement de trois à cinq pieds autour de la cime de l'arbre choisi,
- éclaircie forte : dégagement de cinq à sept pieds autour de la cime de l'arbre choisi.

De plus, comme le peuplement renfermait environ 20 pour 100 d'arbres feuillus, il fut décidé d'effectuer une éclaircie chimique afin de comparer les résultats ainsi obtenus avec ceux des coupes. Ce traitement a consisté en un arrosage, au moyen de pompes portatives, du feuillage des essences feuillues afin d'éliminer ou du moins réduire leur concurrence. On utilisa un mélange d'esters de 2,4-D et de 2,4,5-T au taux de 0.25 gallon à l'acre, à une concentration d'un gallon dans 400 gallons d'eau. L'arrosage, de même que la coupe, fut exécuté par temps chaud durant la seconde moitié du mois d'août 1961. À cette époque, la nouvelle pousse des conifères avait commencé son durcissement en prévision de l'hiver et était, de ce fait, moins vulnérable aux produits toxiques, tandis que les feuillus possédaient un feuillage au maximum de son développement.

Des places-témoins furent aussi établies pour fins de comparaison entre le peuplement naturel et le peuplement éclairci.

Un dispositif comprenant cinq blocs fut établi, et dans chacun d'eux les différents traitements furent appliqués une fois (Randomized block design, Snedecor, 1956). Chacun des cinq traitements ci-haut décrits (y compris le témoin non traité) a été appliqué à une place d'un dixième d'acre. Autour de chaque place, une zone de protection de 22 pieds de largeur fut traitée de la même manière que la place elle-même.

Dans chaque place on a mesuré avec un compas forestier, avant et immédiatement après le traitement en 1961, le diamètre à hauteur de poitrine (d.h.p.) de tous les arbres de 0.6 pouce et plus. Ces arbres furent aussi classifiés, suivant la position de leur cime, en dominants, codominants, intermédiaires ou opprimés. Les hauteurs mesurées d'une trentaine de sapins dominants et codominants par place ont servi à déterminer la hauteur moyenne du peuplement. L'indice de fertilité fut calculé pour chaque place au moyen des courbes préparées par Linteau (1959) et extrapolées pour les jeunes peuplements. Les volumes totaux proviennent des « Form-Class Volume Tables » (Honer, 1967). À l'automne de 1966, le d.h.p. de tous les arbres de 0.6 pouce et plus fut remesuré.

Vingt-cinq à 50 arbres d'avenir, tous des sapins, furent choisis dans chacune des 25 places. Ces arbres sont ceux qui, à maturité, doivent former le peuplement et faire l'objet de la récolte finale. Leur choix dépend de la qualité de leur fût, de leur vigueur, de l'essence qu'on veut favoriser et de l'espacement à laisser entre les tiges.

Chaque arbre d'avenir fut étudié avec soin pour en déterminer plusieurs caractéristiques. Le d.h.p. fut mesuré à 0.1 pouce près au moyen d'un gallon circonférentiel. On mesura aussi l'âge, la hauteur totale, la largeur de la cime et la longueur de la cime vivante. En outre, on a estimé le degré de concurrence auquel chaque arbre d'avenir était soumis, en déterminant sa distance aux concurrents. Cette distance est la moyenne des distances entre la cime de l'arbre d'avenir et celle des arbres les plus proches dans la direction des quatre points cardinaux. À l'automne de 1966, le d.h.p. des arbres d'avenir, de même que la hauteur d'une vingtaine d'entre eux par place, furent remesurés.

Afin de connaître les principaux facteurs qui influencent la croissance de ces arbres, on a effectué des analyses de corrélation simple en prenant comme variable dépendante l'accroissement en surface terrière au cours des cinq années écoulées depuis le traitement. Baskerville (1961b) et Wile, cité par Baskerville, ont déjà utilisé dans des analyses semblables les accroissements en diamètre et en surface terrière et ont trouvé que la corrélation était plus forte quand on utilisait la seconde de ces variables.

TABLEAU I

Caractéristiques du peuplement avant l'éclaircie,
immédiatement après et 5 ans plus tard (à l'acre).¹

Âge du peuplement et traitement	Tiges à l'acre	Résineux	Diamètre moyen	Hauteur moyenne	Surface terrière	Volume total
	<i>Nombre</i>	<i>%</i>	<i>Pouces</i>	<i>Pieds</i>	<i>Pi. car.</i>	<i>Pi. cu.</i>
15 ans (avant l'éclaircie)						
Témoin	3604	85	1.3	16	35	330
Chimique	2896	79	1.4	16	30	280
É. légère	3814	82	1.5	17	45	441
É. modérée	3096	80	1.5	15	36	321
É. forte	3126	81	1.4	16	32	294
15 ans (après éclaircie)						
Témoin	3604	85	1.3	16	35	330
Chimique	2274	100	1.4	16	26	244
É. légère	1908	77	1.6	17	27	267
É. modérée	1438	75	1.6	15	20	181
É. forte	828	76	1.6	16	12	116
20 ans						
Témoin	5014	81	1.8	22	94	1104
Chimique	3050	98	2.2	23	82	1004
É. légère	2772	70	2.3	24	77	980
É. modérée	2208	69	2.3	22	62	777
É. forte	1486	60	2.4	23	46	578

1. Tous les arbres de 0.6 pouce et plus au d.h.p.

Ces analyses furent effectuées séparément pour chaque traitement. Les variables indépendantes ainsi étudiées furent: (1) la surface terrière, (2) le diamètre, (3) le carré du diamètre, (4) la largeur de cime, (5) la longueur de cime vivante, (6) la classe d'étage, (7) le pourcentage de cime vivante et (8) la distance aux concurrents, toutes variables mesurées en 1961.

On a aussi effectué, avec les arbres d'avenir des places-témoins, des analyses de régression et de corrélation multiple en combinant diverses variables indépendantes. En plus de celles déjà citées, on a utilisé: (9) le carré de la largeur de cime en 1961, (10) le carré de la longueur de cime vivante en 1961, (11) le carré du pourcentage de cime vivante en 1961 et (12) le carré

de la distance aux concurrents en 1961. L'objectif poursuivi consistait à trouver des équations qui expliqueraient le plus grand pourcentage possible de la variation observée entre les arbres d'avenir dans l'accroissement en surface terrière.

Avant le traitement en 1961, le nombre total de tiges à l'acre variait en moyenne de 2,896 à 3,814 et la surface terrière, de 32 à 45 pieds carrés à l'acre suivant les places (tableau I). Les éclaircies chimique, légère, modérée et forte ont réduit ces nombres de tiges de 21, 50, 53 et 73 pour 100 et les surfaces terrières de 13, 40, 44 et 62 pour 100, respectivement. Les volumes totaux ont été réduits dans les mêmes proportions que les surfaces terrières. La proportion des conifères a légèrement diminué après le traitement, sauf dans le cas du traitement chimique où le peuplement était alors composé uniquement de conifères. Le diamètre moyen du peuplement a été peu affecté par l'éclaircie, et la hauteur moyenne pas du tout.

Résultats

NOMBRE DE TIGES

Dans toutes les places, le nombre d'arbres mesurés a augmenté au cours de la période de 5 ans (tableau I). Certains sujets trop petits pour être mesurés en 1961 ont en effet atteint ou dépassé 0.6 pouce au d.h.p. lors du remesurage. La mortalité a été à peu près nulle au cours de cette période. En général, le nombre des feuillus a augmenté plus que celui des conifères. Cependant, dans le cas du traitement chimique, les feuillus n'ont pas repris la place qu'ils occupaient avant l'intervention.

TABLEAU II

Croissance quinquennale moyenne en diamètre
des 100 plus gros arbres à l'acre

Traitement	Croissance en diamètre
	<i>Pouces</i>
Témoin	1.30
Chimique	1.60
É. légère	1.67
É. modérée	1.85
É. forte	2.02

CROISSANCE EN DIAMÈTRE

L'éclaircie a eu pour effet d'augmenter la croissance en diamètre des cent plus gros arbres à l'acre par rapport au témoin (tableau II). Cette augmentation a varié de 23 pour 100 dans les cas du traitement chimique (éclaircie très faible) à plus de 55 pour 100 pour l'éclaircie forte, sur une période de 5 ans. L'augmentation du diamètre moyen du peuplement, au cours de la même période, a manifesté une tendance similaire. L'accroissement a atteint 0.5 pouce dans les places-témoins et 0.7 à 0.8 pouce dans les places traitées (tableau I).

Toutes les classes de diamètre ont réagi à la suite du traitement et, comme l'indique la figure 1, la réaction a été proportionnelle à l'intensité de l'éclaircie. On remarque aussi que l'accroissement quinquennal est d'autant plus fort que le diamètre initial est élevé. La figure 2 illustre les changements intervenus dans la distribution des tiges au cours de la période quinquennale. Le peuplement éclairci modérément et fortement renferme maintenant, en 1966, des tiges dans la classe de 6 pouces de d.h.p.

ACCROISSEMENT EN SURFACE TERRIÈRE

L'accroissement quinquennal en surface terrière, exprimé en pieds carrés à l'acre, a été plus élevé dans les places-témoins que dans les places éclaircies. Pour ces dernières, la valeur de l'accroissement en surface terrière a diminué avec l'intensité de l'éclaircie (tableau III). Cet accroissement, exprimé en fonction de la surface terrière résiduelle en 1961, apparaît à la figure 3. Malgré les variations importantes entre les places, on peut conclure que la croissance a été d'autant plus forte que la surface terrière résiduelle était plus élevée.

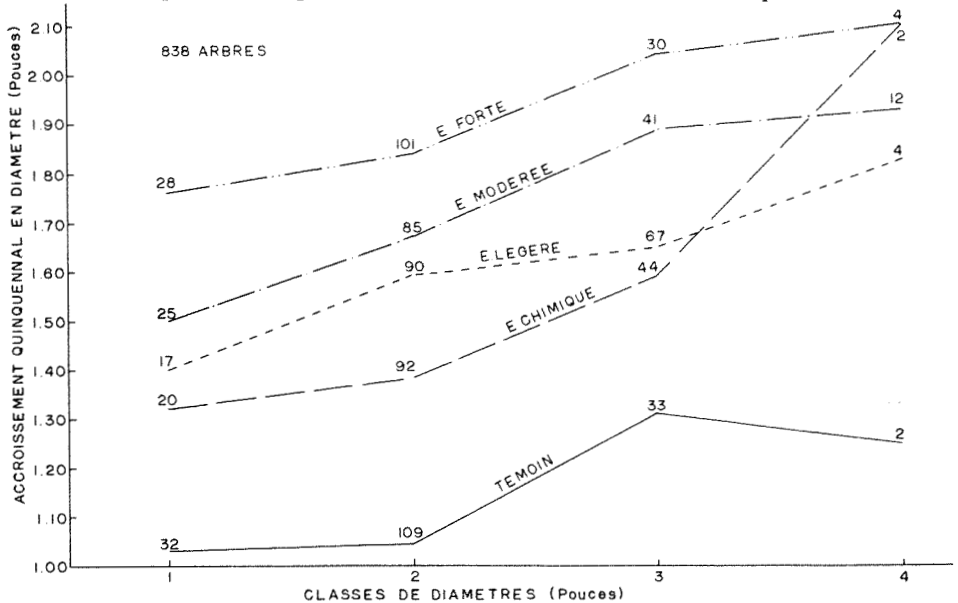


FIGURE 1. Accroissement quinquennal en diamètre par classes de d. h. p. de 1961

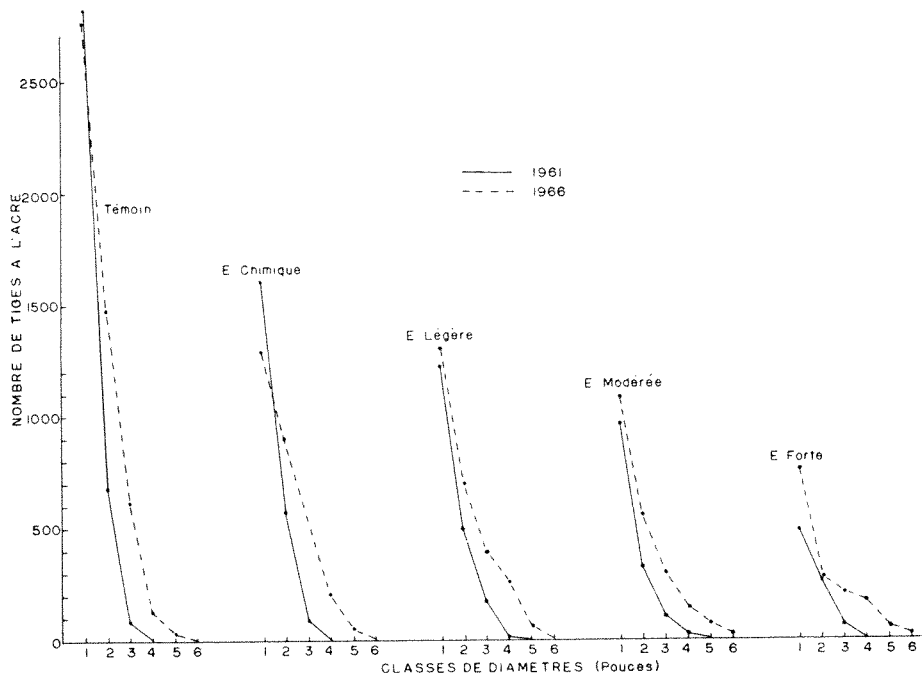


FIGURE 2. Répartition du nombre de tiges par classes de diamètre.

TABLEAU III

Accroissement quinquennal net, recrûs, mortalité et accroissement quinquennal brut en surface terrière à l'acre suivant le degré d'éclaircie ¹

Traitement	Accr. quinq. net	Recrûs quinq.	Mortalité quinq.	Accr. quinq. brut
	————— Pieds carrés —————			
Témoin	51.5	7.1	—	58.6
Chimique	51.9	3.9	0.1	55.9
É. légère	45.1	4.3	0.1	49.5
É. modérée	38.1	3.9	0.8	42.8
É. forte	30.0	3.3	—	33.3

1. Tous les arbres de 0.6 pouce et plus au d.h.p.

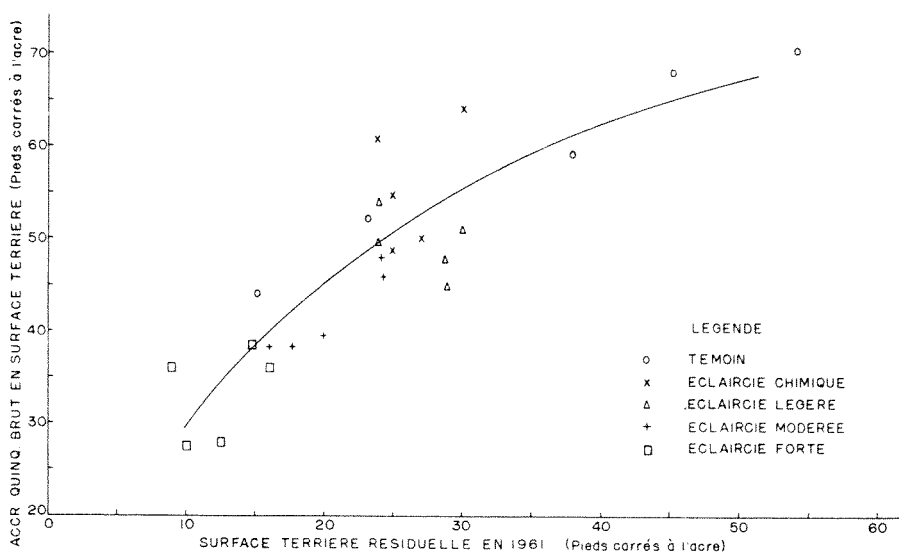


FIGURE 3. Accroissement quinquennal brut en surface terrière à l'acre.

CROISSANCE EN HAUTEUR

La croissance moyenne en hauteur des arbres d'avenir a varié de 6.5 à 7.5 pieds au cours de la période quinquennale. Les analyses de variance ont montré que la différence de 1.0 pied dans la croissance en hauteur entre les témoins d'une part, et les éclaircies forte ($t = 2.90^{**}$), légère ($t = 2.76^{**}$) et chimique ($t = 2.80^{**}$) d'autre part, était significative au niveau de 99 pour 100. L'éclaircie modérée n'a montré de différence significative ni avec le témoin ni avec l'éclaircie forte (tableau IV).

TABLEAU IV

Croissance quinquennale moyenne en hauteur des arbres d'avenir dominants et codominants

Traitement	Nombre d'arbres mesurés	Croissance en hauteur (pieds)
Témoin	48	6.5
Chimique	44	7.5
É. légère	42	7.5
É. modérée	43	6.9
É. forte	46	7.5

ACCROISSEMENT EN VOLUME TOTAL

L'accroissement en volume total a été de 774 pieds cubes à l'acre pour les places-témoins et de 462 pieds cubes pour l'éclaircie forte, les autres traitements se situant entre ces limites (tableau I). Les places-témoins et les places éclaircies légèrement et chimiquement ont eu en moyenne sensiblement le même accroissement en volume total malgré une variation importante dans les volumes résiduels en 1961.

Arbres d'avenir

Des 8 variables indépendantes étudiées dans les analyses de corrélation simple, la surface terrière de l'arbre individuel en 1961 explique le mieux l'accroissement quinquennal en surface terrière. Les équations qui expriment ces relations sont présentées au tableau V et sont illustrées à la figure 4. On constate que l'accroissement en surface terrière des arbres d'avenir augmente avec la valeur de leur surface terrière au début de la période. Il y a aussi des différences appréciables entre les traitements.

TABLEAU V

Valeurs de régression de l'accroissement quinquennal en surface terrière (y) en fonction de la surface terrière en 1961 (x) suivant les traitements

Traitement	Valeurs de régression ¹				
	a	b	s	p	r ²
Témoin	0.0156	0.85088	0.01168	0.999	0.53009
Chimique	0.01771	1.05588	0.01246	0.999	0.62804
É. légère	0.02497	0.97684	0.01662	0.999	0.47094
É. modérée	0.02844	1.00735	0.01394	0.999	0.67973
É. forte	0.03152	1.20282	0.01244	0.999	0.66707

1. a = Constante de régression dans l'équation $y = a + bx$.
- b = coefficient de régression.
- s = erreur standard de l'estimation.
- p = probabilité que b ne soit pas nul.
- r² = coefficient de détermination.

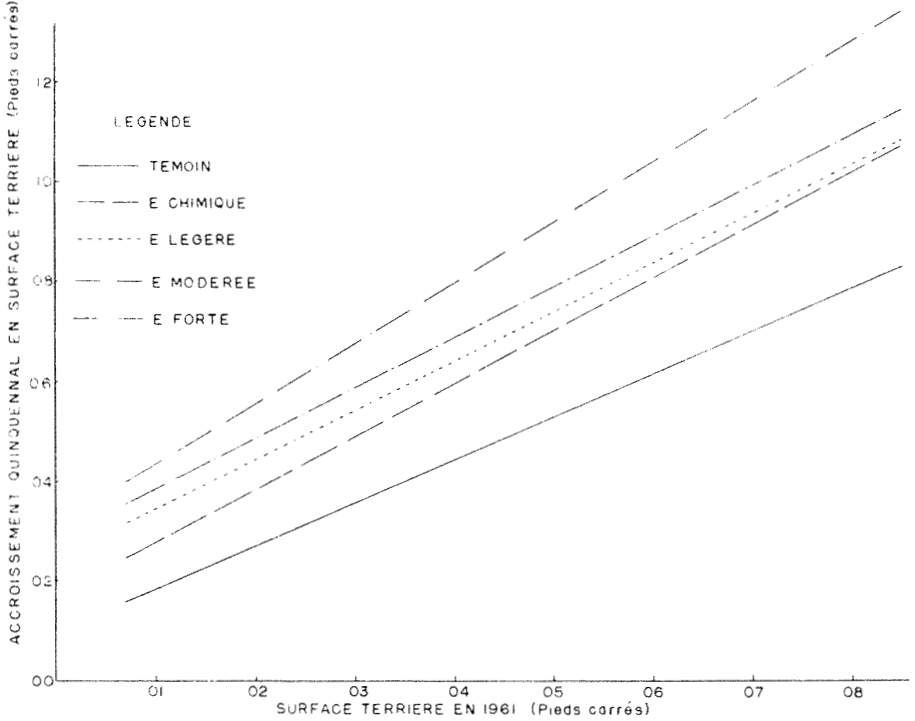


FIGURE 4. Droites de régression.

L'équation de régression multiple la meilleure pour prédire l'accroissement quinquennal en surface terrière de sapins baumiers a été la suivante : $Y = -0.0112 + 0.6090S + 0.0033C + 0.0008d$, où Y désigne l'accroissement quinquennal en pieds carrés, S est la surface terrière initiale en pieds carrés, C la largeur initiale de la cime en pieds et d, la distance initiale aux concurrents. Toutes les variables indépendantes sont significatives au niveau de probabilité de 99 pour 100, et l'équation explique 69.5 pour 100 ($R^2 = 0.695$) de la variation dans l'accroissement en surface terrière.

Discussion

Au début de l'expérience, le peuplement traité n'était pas très dense de sorte que la mortalité a été à peu près nulle. Mais les places-témoins renfermaient en 1966 plus de 5,000 sujets à l'acre et les effets d'une forte densité avaient alors commencé à se faire sentir. Dans les places éclaircies, par contre, les arbres d'avenir avaient encore de l'espace pour croître librement. On devrait y récolter, en fin de révolution, grâce au traitement appliqué, des arbres plus gros et d'un diamètre plus uniforme que dans les places non traitées. L'uniformité des diamètres et la régularité de la distribution des arbres sont de la plus haute importance pour l'efficacité des systèmes de récolte mécanisée : les

économies réalisées dans les coûts d'exploitation, lors de la coupe finale, pourront à l'avenir représenter la valeur principale des traitements sylvicoles (Baskerville, 1966).

La faible importance des feuillus en 1966, dans les places où l'on a appliqué des « sylvicides », est une indication de l'efficacité de ce traitement. Un bon nombre de sapins ont été dégagés et l'effet du traitement devrait persister durant plusieurs années. L'emploi des « sylvicides » est devenu un moyen économique et efficace de libérer les conifères de la concurrence exercée par les feuillus, et cette méthode chimique prend de plus en plus d'ampleur, vu son coût peu élevé, même dans le traitement des peuplements purs de sapin.

L'effet de l'éclaircie forte sur la croissance en diamètre des cent plus gros arbres à l'acre a été beaucoup plus marqué chez cette sapinière de 15 ans que chez une sapinière âgée de 40 ans de même productivité : on a obtenu chez la première une augmentation de plus de 55 pour 100 par rapport aux places-témoins, alors que dans le second cas la croissance en diamètre n'avait augmenté que de 25 pour 100 (Vézina et Bolghari, 1968). On constate donc l'importance, du point de vue sylvicole, d'intervenir tôt dans la vie des peuplements, alors que les arbres sont jeunes et vigoureux.

Au premier abord, il semble surprenant que l'accroissement en surface terrière ait été le plus élevé dans les places non traitées. Pourtant, ce résultat exprime le fait que le potentiel de la station n'a pas été utilisé complètement dans les places éclaircies, à cause des trouées pratiquées dans le peuplement. L'accroissement en volume total y a été moins élevé pour cette même raison. Mais à mesure que le peuplement se refermera, les places traitées devraient prendre le pas sur les témoins où la forte densité réduira la croissance. Les effets de l'éclaircie forte devraient normalement persister plus longtemps, et les arbres atteindre de plus grandes dimensions qu'ailleurs. Il y sera donc possible d'effectuer plus tôt une éclaircie commerciale ou encore la coupe finale. Pour le moment, il est impossible de préciser l'intensité de l'éclaircie qui devrait idéalement être pratiquée, car la période d'étude est trop courte. Le dispositif expérimental devra être conservé pour un examen subséquent.

À la lumière des études poursuivies depuis plusieurs années sur l'effet des éclaircies sur la croissance en hauteur, Holmes et Tackle (1962) ont estimé qu'on ne peut tirer de conclusion générale applicable à toutes les essences, classes d'âge et qualités de station. Dans certains cas, la densité affecte la croissance en hauteur, tandis que dans d'autres on n'a constaté aucune différence entre les places-témoins et les places éclaircies. Il semble que chez les jeunes peuplements la croissance en hauteur soit plus facilement influencée par la densité du peuplement. Dans le cas présent, la différence, quoique significative, n'est pas très importante.

Les résultats des analyses de corrélation simple concordent avec ceux trouvés par Baskerville (1961b) pour un peuplement de sapin âgé de 40 ans au Nouveau-Brunswick. Dans l'étude de Baskerville, la surface terrière initiale expliquait 52 pour 100 de la variation dans l'accroissement quinquennal en surface terrière, alors que dans le cas présent ce pourcentage varie de 47 à 68 pour 100 suivant les traitements (tableau V).

Les analyses de corrélation multiple ont été effectuées avec les données des places-témoins pour tenter de diminuer l'importance de la variation inexpliquée dans l'accroissement en surface terrière des arbres individuels. L'équation obtenue présente encore une marge d'erreur importante, à cause du fait que les variables indépendantes utilisées expliquent en partie la même variation de l'accroissement. La surface terrière initiale constitue en soi une intégration des facteurs qui ont influé sur la croissance jusqu'à ce point, et elle englobe en partie les autres variables étudiées. L'importance de la variation inexpliquée provient aussi du fait que l'on n'a pas mesuré tous les facteurs qui régissent la croissance. Par exemple, il y a sûrement des différences dans la concurrence des racines entre les arbres, et la quantité d'énergie solaire qui frappe la cime n'est pas la même partout (Baskerville, 1961b). On peut donc dire que la croissance des jeunes sapins ne dépend pas d'un seul facteur, mais de plusieurs, parmi lesquels la surface terrière initiale, la largeur de la cime et la distance aux concurrents ont une grande importance.

Conclusions et recommandations

On ne saurait déterminer exactement tous les effets des traitements pratiqués en s'en tenant à une période d'étude de cinq années. Néanmoins, quelques conclusions se dégagent des résultats de cette étude. La croissance en diamètre du sapin baumier a augmenté proportionnellement à l'intensité de l'éclaircie, et une croissance supérieure de plus de 50 pour 100, par rapport au témoin non traité, a été obtenue à la suite de l'éclaircie forte où l'on a enlevé environ 60 pour 100 du volume total. Cette augmentation de la croissance en diamètre a toutefois été obtenue au détriment de l'accroissement en surface terrière et en volume total à l'acre qui a été moindre dans les places éclaircies que dans les places-témoins. Cette diminution temporaire du potentiel producteur de la station est quand même justifiée lorsqu'on considère à quel point le diamètre des arbres influe sur la valeur économique des peuplements. La première éclaircie dans les jeunes sapinières doit être forte également pour que l'intervention suivante permette de récupérer des produits commercialement utilisables.

Les avantages de l'éclaircie dans les jeunes sapinières semblent à ce point considérables que les forestiers devraient consacrer une bonne part de leur énergie et de leur imagination à résoudre les problèmes qui font que les éclaircies

en pratique sont généralement omises ou retardées. Comme, dans l'éclaircie précommerciale, la technique doit viser à obtenir la plus grande croissance en diamètre possible par une quantité de travail minimum, il conviendrait de rechercher les méthodes susceptibles d'être appliquées de façon économique. La méthode des « arbres d'avenir », par laquelle seuls les arbres destinés à constituer le peuplement futur sont libérés, l'emploi des « sylvicides » et la mécanisation des travaux de coupe partielle semblent des voies prometteuses.

Remerciements

Les auteurs désirent exprimer leur gratitude à M. Marcel Gros-Louis, technicien forestier, pour l'aide technique apportée dans l'établissement des places-échantillons, les mesurages et la compilation des données.

Références

- BAKUZIS, E.V. and H.L. HANSEN, 1965. Balsam fir. A monographic review. Minneapolis University of Minnesota Press, pp. 1-445.
- BASKERVILLE, G.L., 1961a. Reprise de jeunes sapins et épinettes après dégagement de la concurrence des arbustes nains. Mémoire technique, Direction des recherches sylvicoles, Ministère des Forêts du Canada, no 98, pp. 1-12.
- BASKERVILLE, G.L., 1961b. Croissance de jeunes sapins baumiers après dégagement des cimes. Mémoire technique, Direction des recherches sylvicoles, Ministère des Forêts du Canada, no 101, pp. 1-14.
- BASKERVILLE, G.L., 1965. Dry-matter production in immature balsam fir stands. *Forest Sci. Monogr.*, 9: 1-42.
- BASKERVILLE, G.L., 1966. Silviculture, logging and money. *Pulp Pap. Can., Woodlands Section*, 67: 9-50.
- BEALL, H.W., 1966. The National Forestry Conference. *Pulp Pap. Can., Woodlands Review Section Index*, 2378 (F-3).
- BRAATHE, P., 1957. Thinnings in even-aged stands. A summary of European literature. Fredericton, N.B.: Faculty of Forestry, University of New Brunswick, pp. 1-92.
- CAYFORD, J.H., 1964. Results of 1921 pack pine thinning in Western Manitoba. Publication, Canada Department of Forestry, no. 1077, pp. 1-7.
- HATCHER, R.J., 1961. Partial cutting balsam fir stands on the Epaulé River watershed, Québec. Technical Note, Forest Research Branch, Canada Department of Forestry, no. 105, pp. 192.
- HATCHER, R.J., 1967. Response of balsam fir and red spruce to release from hardwood competition. *Pulp Pap. Can., Woodlands Section*, June.
- HOLMES, J.R.B. and D. TACKLE, 1962. Height growth of lodgepole pine in Montana related to soil and stand factors. *Bull. Forest Conserv. exp. Stn Univ. Mont., Missoula*, 21: 12 p.

- HONER, T.G., 1967. Standard volume and merchantable conversion factors for the commercial tree species of central and eastern Canada. Information Report, Canada Department of Forestry and Rural Development, FMR-X-5.
- JURDANT, M., 1964. Carte phytosociologique et forestière de la Forêt Expérimentale de Montmorency. Publication, Ministère des Forêts du Canada, no 1046F, pp. 1-73.
- LAFOND, A., 1964. Partial cutting in balsam fir stands. *Pulp Pap. Can.*, Woodlands Review, November : 444-449.
- LINTEAU, A., 1959. Classification des stations forestières de la Section des conifères du nord-est, Région forestière boréale du Québec. Bulletin, Direction des Forêts, Ministère du Nord canadien et des ressources nationales, no 118, pp. 1-93.
- MACARTHUR, J.D., 1965. A release experiment in dense ten-year-old balsam fir in Gaspé. *Pulp Pap. Can.*, Woodlands Section 66: 395-400.
- MAR:MOLLER, C., 1947. The effect of thinning, age and site on foliage, increment, and loss of dry matter. *J. For.*, 45: 393-404.
- MATTE, F., 1962. The first ten years of the Epaulé project. *Pulp Pap. Can.*, Woodlands Section Index No. 2128 (F-2).
- PARDE, J., 1964. Intensité des éclaircies et production ligneuse. *Revue for Fr.*, 16: 936-945.
- PERRIN, H., 1954. Sylviculture. Tome II. Nancy, France. Édition de l'École nationale des Eaux et Forêts, pp. 1-409.
- REUKEMA, D.L., 1966. The yield and density aspect — Does dense spacing really produce the most volume ? Proceedings of the 1966 Annual Meeting of Western Reforestation-Coordination Committee (reprinted by U.S. Forest Service), pp. 1-4.
- SMITH, D.M., 1962. The practice of silviculture. 7th Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 578 p.
- SMITHERS, L.A., 1954. Thinning in red and white pine stands at Petawawa Forest Experiment Station. Silviculture Research Note, Forestry Branch, Canada Department of Northern Affairs and National Resources, no. 105, pp. 1-52.
- SNEDECOR, G.W., 1956. Statistical Methods. 5th Ed. Amers, Iowa: Iowa State College Press, pp. 1-534.
- SUTTON, R.F., 1958. Chemical herbicides and their uses in the silviculture of forest of Eastern Canada. Technical Note, Forest Research Branch, Canada Department of Northern Affairs and National Resources, no. 68, pp. 1-54.
- VÉZINA, P.E. et H. BOLGHARI, 1968. La réaction d'un peuplement dense de sapin âgé de 40 ans à la suite d'une éclaircie au Québec. *For. Chron.*, 44: (sous presse).
- ZAHNER, R. and F.W. WHITMORE, 1960. Early growth of radically thinned loblolly pine. *J. For.*, 58: 628-633.

SUR TROIS *HIMALOPSYCHE* D'URSS
(Trichoptères, Rhyacophilides)

F. SCHMID

Institut de la Recherche entomologique
Ottawa, Canada

Résumé

Pour la première fois, *H. todma* Schmid est signalée pour l'URSS et les génitalia des ♀ ♀ des *H. kuldschensis* Ulmer et *gigantea* Martynov sont illustrés et brièvement décrits. En dépit d'un léger doute, il semble que ces deux espèces soient distinctes.

Abstract

H. todma Schmid is recorded here for the first time from the USSR. The genitalia of the ♀ ♀ of *H. kuldschensis* Ulmer and *gigantea* Martynov are figured and briefly described. These two species appear to be distinct, but a slight doubt remains.

Introduction

Dans une récente revision du genre *Himalopsyche* Banks, j'ai placé en synonymie de *kuldschensis* Ulmer les deux *Rhyacophila gigantea* décrits par Martynov et Navas et tous deux connus par la ♀ seulement, celle de *kuldschensis* étant non décrite.

Or, j'ai reçu dernièrement de Madame L. Zhiltzova, par l'intermédiaire de L. Botosaneanu, une série de spécimens capturés en Asie centrale russe, qui appartiennent à deux espèces différentes et remettent en question les synonymies proposées.

Himalopsyche kuldschensis Ulmer

J'ai examiné 8 couples étiquetés : Tadjikistan, rivière Varzob, mine de Kabuty, 2.000 m. d'altitude, 29-VI – 1-VII-1960 (Danilevski), et un ♂ portant les indications : Kirghizia, vallée de la rivière Ton-Kemin, source Kolmak-Ashu, 6-VI-1967, (L. Zhiltzova). Ces insectes montrent des caractères stables et ceux du ♂ correspondent parfaitement à ceux du type (Schmid

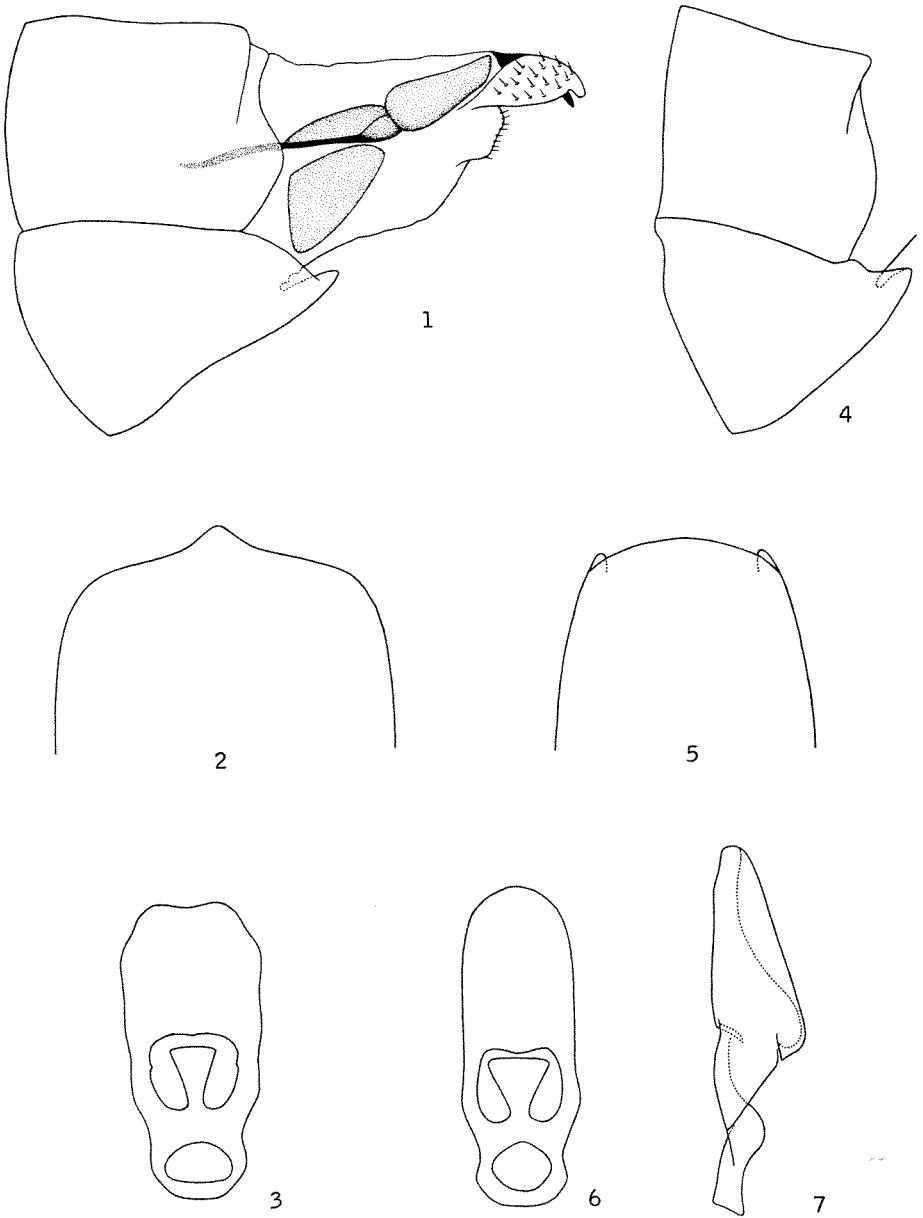


Fig. 1, armature génitale de la ♀ de *Him. kuldschensis*, vue de profil — Fig. 2, VIIIe sternite de la même, vu de dessous — Fig. 3, bourse copulatrice de la même, vue de face — Fig. 4, VIIIe segment de la ♀ de *Him. gigantea*, vue de profil — Fig. 5, VIIIe sternite de la même, vu de dessous — Fig. 6, bourse copulatrice de la même, vue de face, — Fig. 7, Id., vue de profil.

1966, pl. I, fig. 11-13) ce qui ne laisse aucun doute sur leur identité. Je figure ici les génitalia encore inconnus de la ♀ (fig. 1-3). Le VIII^e segment est subcylindrique, avec les tergite et sternite distincts, mais accolés latéralement; le bord ventral apical du sternite forme une pointe médiane obtuse. Le IX^e segment porte deux plaques latérales paires, sclérotisées qui sont des vestiges des tergite et sternite. Vue de face, la bourse copulatrice montre son sommet un peu élargi, subquadrangulaire et avec ses angles arrondis.

Himalopsyche gigantea Martynov

Désirant m'assurer de façon précise de l'identité de cette espèce, j'ai sollicité l'envoi du type de Martynov, actuellement déposé dans les collections de l'Académie des Sciences de l'URSS, à Léninegrad. Madame Zhiltzova a été assez aimable pour consentir à m'envoyer l'abdomen de cet insecte, ce dont je la remercie vivement. L'insecte est étiqueté : Semiretchensk Gouv., Ala-Tau, rivière Kargalinka 31-V – 8-VI-1907 (A. Jakobson). Ses génitalia correspondent bien aux figures originales de Martynov, mais assez mal avec ceux de l'espèce précédente (fig. 4-7). Vu de profil, le VIII^e segment apparaît plus conique et l'angle apical supérieur du tergite est différent. Le bord ventral apical du sternite est très obtusément arrondi et montre deux petits lobes latéraux. Les trois derniers segments sont semblables à ceux de *kuldschensis*. Vue de face, la bourse copulatrice montre son sommet en languette très régulièrement ovale et pas plus large que la partie médiane de la pièce; vue de profil, elle se montre très semblable à celle de l'espèce précédente.

Ces différences sont de faible amplitude mais font figure de bons caractères spécifiques. Je suis donc d'avis de réhabiliter *M. gigantea* Martynov quoique avec un léger doute. Il n'est pas impossible que les différences citées plus haut, et qui affectent des formes simples et au fond assez vagues, soient des variations intra-spécifiques. Plus de matériel de provenances diverses et en particulier de la localité originale sera nécessaire pour résoudre la question de façon définitive.

Himalopsyche todma Schmid

J'ai sous les yeux un ♂ provenant de : Kondara 8-VII-1955, capturé à la lumière (E. Luppova) et une ♀ étiquetée: 35 Km, de Kalay-Khumba, rivière Pendus, Viz-Kharsh 19-VII-1961, à la lumière (Kulikova). La présence en URSS de cette espèce décrite du Garhwal est certainement intéressante. Il y a quelques différences, légères et peu importantes, entre les génitalia de ce ♂ et les figures originales (Schmid 1966, pl. II, fig. 15-18). Le sclérite anal du spécimen russe est légèrement plus arrondi à son extrémité; le lobe supérieur des appendices inférieurs est plus obtus à l'apex; le lobe ventral interne des mêmes appendices est plus petit et les paramères atteignent les deux tiers de la longueur de l'aedéage.

Himalopsyche gigantea Navas

Cette espèce n'est probablement pas valide et la présence de trois autres espèces dans les montagnes de l'Asie centrale russe rend son identité très incertaine. Le type n'existant plus, nous ne la connaissons certainement jamais. Comme beaucoup d'autres espèces de Navas, elle est à considérer comme un *nomen dubium* et à rejeter dans l'oubli.

Référence

SCHMID, F. et L. BOTOSANEANU, 1966. Le genre *Himalopsyche* Banks. *Ann. Soc. ent. Québec*, **11** (2) : 123-176.

SUR LA POSITION TAXONOMIQUE DU GENRE *JAFNEA* KORF¹

P. BERTHET

Département de biologie végétale, Université de Lyon, France

et

R. P. KORF

Cornell University, Ithaca, New York, U.S.A.

Résumé

Le genre *Jafnea* Korf n'appartient pas à la famille des *Helvellaceae*, comme on l'a suggéré. L'étude cytologique des deux espèces qui le composent montre qu'il doit être placé au voisinage du genre *Pustulina* Eckbl. (= *Pustularia* Fuck. emend. Boudier).

Abstract

A cytological study of the two species of the genus *Jafnea* Korf demonstrated that the genus does not belong in the *Helvellaceae*, as had been suggested, but should be placed near the genus *Pustulina* Eckbl. (= *Pustularia* Fuck. emend. Boudier).

Le genre *Jafnea* a été créé par l'un de nous (Korf 1960) avec comme holotype *Peziza fusicarpa* Gerard (Bull. Torrey Bot. Club 4, 64, 1873). Ce genre, dans l'esprit de son créateur, devait prendre place, avec cependant un léger doute, dans la tribu des *Ciliarieae* de la famille des *Pezizaceae*, c'est-à-dire au voisinage des genres *Humaria* Fuck. (= *Mycolachnea* Maire) et *Sepultaria* (Cooke) Boud. (= *Geopora* Hark., cf. Burdsall 1968).

Un peu plus tard cependant, Mme Le Gal (1963) exprima l'avis que ce genre *Jafnea* faisait probablement partie de la famille des *Helvellaceae*. Elle attira l'attention sur la ressemblance frappante qui existe entre les spores des *Jafnea* et celles d'une *Helvellaceae* typique, *Macropodia macropus* (Pers. ex. Fr.) Fuck. Mme Le Gal proposa même de réunir dans un même genre les trois espèces, à condition toutefois que l'étude cytologique des *Jafnea* vienne confirmer cette manière de voir. En effet, comme l'a montré l'un d'entre nous

1. Subventionné en partie par *National Science Foundation (U.S.A.) Grant GB-2339.*

(Berthet 1963, 1964), toutes les *Helvellaceae*, y compris *Macropodia macropus*, possèdent des spores renfermant à maturité quatre noyaux.

En septembre 1966 les deux espèces² du genre, *J. fusicarpa* (Gerard) Korf et *J. semitosta* (Berk. & Curt. apud Berk.) Korf, furent récoltées par R.P.K. au Canada et transmises par lui à P.B. aux fins d'étude cytologique. Après inclusion à la paraffine, coupes au microtome et coloration à l'hématoxyline, les spores se révélèrent uninucléées. Dans le même temps, R.P.K., ayant eu l'idée d'observer dans le carmin acétique des fragments des mêmes échantillons, fut frappé de l'intense réaction de ce colorant avec les noyaux de toutes les cellules du champignon, et ne manqua pas de rapprocher cette observation de celle de Berthet et Rioussset (1963) concernant le genre *Pustulina* Eckblad (= *Pustularia* Fuck. emend. Boudier). Dans ce genre, en effet, la coloration des noyaux par le carmin acétique est également très intense. Ce phénomène a été constaté par P.B. chez les espèces suivantes : *Pustulina catinus* (Holmskj. ex Fr.) Eckblad, *Pustulina cupularis* (L. ex Fr.) Eckblad, *Pustulina insignis* (Berthet et Rioussset) Korf et Berthet, comb. nov. (Basionyme : *Pustularia insignis* Berthet et Rioussset, Bull. Soc. Myc. France, 79, N° 3, 392, 1963), tandis que R.P.K. l'observait chez *Pustulina bronca* (Peck) Korf et Berthet, nov. comb. (Basionyme : *Peziza bronca* Peck ; Ann. Rept. New York State Museum (1875) 29, 54, 1878).

À l'heure actuelle, dans l'ensemble des Discales, seuls les genres *Jafnea* et *Pustulina* sont connus comme donnant lieu à une telle coloration nucléaire. Tous les autres représentants de l'ordre qui ont été étudiés (à l'exception cependant de *Sepultaria sumneriana* (Cooke) Masee), ne donnent lieu qu'à une réaction très faible ou nulle.

Les critères d'ordre cytologique suggèrent donc une affinité étroite entre les genres *Jafnea* et *Pustulina*. En ce qui concerne l'anatomie, il est aisé de constater qu'elle est du même type dans les deux genres : zone externe de l'excipulum de *textura angularis*, zone interne de *textura intricata*.

Remarquons également que les spores des *Jafnea*, comme celles des *Pustulina*, ne germent pas sur les milieux de culture usuels.

2. La troisième espèce du genre, *J. imaii* Korf, est maintenant rangée dans le genre *Jafneadelphus* (Rifai 1968).

Références

- BERTHET, P., 1963. Le nombre des noyaux dans la spore et son intérêt pour la systématique des Discomycètes Operculés. *C.R. Acad. Sc. Paris*, **256**, 5185-5186.

- BERTHET, P., 1964. Essai biotaxinomique sur les Discomycètes, 160 p. Thèse, Lyon.
- BERTHET, P. et L. RIOUSSET, 1963. Un *Pustularia* nouveau, *P. insignis*. Description de l'espèce, et remarque sur un caractère cytologique du genre *Pustularia*. *Bull. Soc. Myc. France*, **79**, 392-398.
- BURDSALL, H.H., 1968. A revision of the genus *Hydnocystis* (Tuberales) and of the hypogeous species of *Geopora* (Pezizales). *Mycologia*, **60**, 496-525.
- KORF, R.P., 1960. *Jafnea*, a new genus of the *Pezizaceae*. *Nagaoa*, **7**, 3-8, 1 pl.
- LE GAL, M., 1963. Valeur taxinomique particulière de certains caractères chez les Discomycètes supérieurs. *Bull. Soc. Myc. France*, **79**, 456-470.
- RIFAI, M.A., 1968. The Australasian Pezizales in the herbarium of the Royal Botanic Gardens Kew. *Kon. Ned. Akad. Wetensch. ser. 11*, **57**, (3), 1-295.

COMMUNICATIONS BRÈVES**PRELIMINARY OBSERVATIONS ON NITROGEN LOSSES THROUGH
AMMONIA VOLATILIZATION FOLLOWING UREA FERTILIZATION
OF SOIL IN A JACK PINE FOREST ¹**

B. BERNIER ², D. CARRIER ³ and W.A. SMIRNOFF ⁴

In a fertilization experiment in a stand of 37-year-old jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) at Lake Brochet, northwest of Chicoutimi, soil analyses in the autumn following spring fertilization revealed a marked difference in N-levels between two urea-treated plots (Table 1). Although considerable leaching may have occurred in both cases because the raw humus layer was thin and the underlying mineral soil coarse-textured, losses through ammonia volatilization were suspected. Rain occurred a few hours after fertilizing plot no. 2 in the afternoon which likely resulted in penetration of urea into the humus layer. Plot no. 4 was fertilized the next morning when the humus was very wet and surface volatilization may have occurred before the urea penetrated the humus. Volatilization loss is promoted by a temporary shift to alkalinity in soil reaction as a consequence of rapid urea hydrolysis, especially when urea is surface-applied (Gasser, 1964; Simpson, 1968).

Possible losses of volatile ammonia following urea application to cool, acid soils covered with raw humus have been given little attention. Such losses are perhaps more critical in forest soils than in arable soils because fertilization methods other than surface application are hardly feasible under forest cover. In view of the potential practical importance of this phenomenon in the extensive fertilization programs envisaged in northern coniferous forests, its significance was assessed in laboratory experiments which simulated natural conditions.

1 This work is supported by grants from the National Research Council of Canada and the Laval University Forest Research Foundation.

2 Faculty of Forestry and Geodesy, Laval University, Québec.

3 Post-graduate student, on leave from the Québec Department of Agriculture.

4 Forest Research Laboratory, Canada Department of Forestry, Sillery, Québec.

TABLE 1

Ammonium and total nitrogen ¹ in the surface horizons of soil under a jack pine stand five months after urea application ²

Plot no.	Treatment	Horizon (cm)	NH ₄ ⁺ -N (%)	Total N (%)
1	unfertilized	F(1.7)	0.016 ± .002 ³	1.05 ± .009
		H _i (2.8)	0.012 .001	0.35 .005
		B ⁴	0.012 .001	0.17 .001
2	urea: 200 lbs N/A	F(1.4)	0.163 ± .036	1.36 ± .009
		H _i (2.6)	0.042 .016	0.40 .005
		B	0.019 .002	0.18 .001
4	urea: 200 lbs N/A + Triple Super: 200 lbs P ₂ O ₅ /A + Sul-Po-Mag: 150 lbs K ₂ O/A	F(1.6)	0.024 ± .002	1.18 ± .005
		H _i (3.0)	0.049 .005	0.26 .002
		B	0.016 .001	0.14 .001

¹ Duplicate analyses of 10 samples of each horizon. Mineral nitrogen was extracted with N-K₂SO₄ (pH 1.5); NO₃⁻-N was not present in detectable amounts. In most cases differences between treatment means for NH₄⁺-N and total N were significant for both F and H_i horizons (H_i = H horizon with considerable intermixing with the mineral soil).

² Fertilization was carried out early in May 1968.

³ Standard error of mean.

⁴ 10 cm sampled below the H_i horizon.

Undisturbed blocks of humus (derived mostly from *Cladonia* lichens with feather moss and rhizomes of ericaceous dwarf shrubs) were removed from the forest in the fall and kept frozen until used. The blocks were then cut into circular discs, 15 cm in diameter, and incubated wet (about 70 percent of water-holding capacity) in large Petri dishes under glass bell-jars fitted at the top with a glass wool pad wetted with dilute sulfuric acid to absorb ammonia (Volk, 1959). After an equilibration period of two days in the incubation room (20°C), granular fertilizers were uniformly applied to the surface of humus. Ammonia losses were measured daily by Nesslerization following thorough washing of the pad.

Daily volatile ammonia losses after urea application are shown in Fig. 1. Highest rates of loss occurred between the 3rd and the 5th day of incubation, depending on the urea application rate. Total accumulated ammonia losses (Fig. 2) after a 1-day lag period increased linearly with increases in the rate of urea-N application between 200 and 800 lbs/A. The decline in volatilization at higher concentrations (1000 lbs/A) may have resulted from a temporary decline in urea hydrolysis at very high urea concentrations (Overrein, 1968). After 10 days of incubation, losses were about 20 percent of a 200 lbs N/A application and much higher at higher application rates. Losses up to 87 percent after 10 days

were measured when the ammonia-sorption capacity of the system was reduced by using thinner blocks of humus (F only) even at rates of 200 lbs N/A.

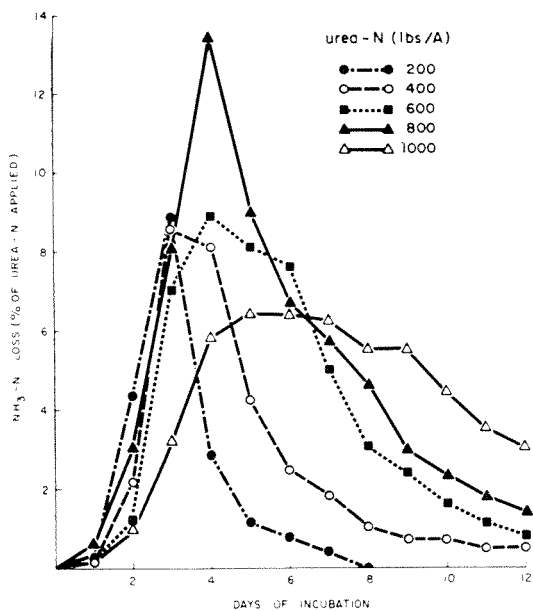


FIG. 1. Daily volatile ammonia losses following surface application of granular urea at different rates to an incubated jack pine raw humus.

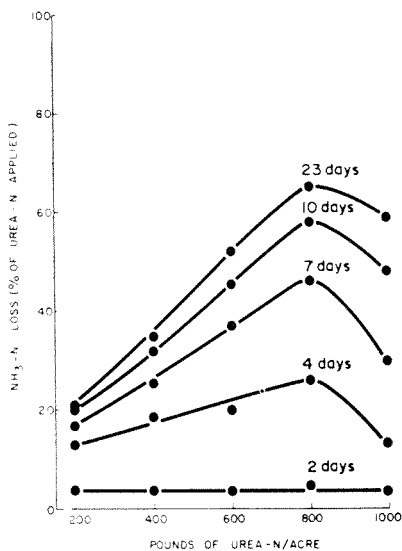


FIG. 2. Accumulated volatile ammonia losses following surface application of granular urea at different rates to an incubated jack pine raw humus.

Other experiments employed continuous replacement of the atmosphere within the incubation vessels. Air saturated with water vapor was introduced through a spherical diffuser placed 10 cm above the surface of the humus. The air-output stream was bubbled through dilute sulfuric acid which was replaced daily for ammonia determination. Results obtained by this method, although slightly higher, agreed well with those obtained by the previous method. After only seven days of incubation about 20 percent of a 200 lbs N/A application of urea was lost by volatilization and about 30 percent of a 400 lbs N/A application (Fig. 3).

Applying superphosphate with urea markedly reduced ammonia volatilization (Fig. 3). This contrasts with the results obtained when triple-superphosphate was applied to field plot no. 4 but agrees with the observations of Okuda, Takahashi and Yoshida (1960). Although this reduction has been attributed to the acidifying effect of phosphate (Gasser, 1964; Hauck, 1968), present studies

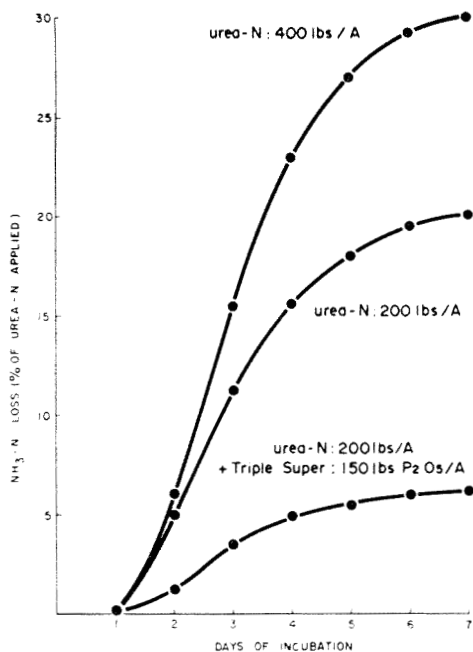


FIG. 3. Accumulated volatile ammonia losses following surface application of granular urea to a jack pine raw humus in aerated incubation vessels.

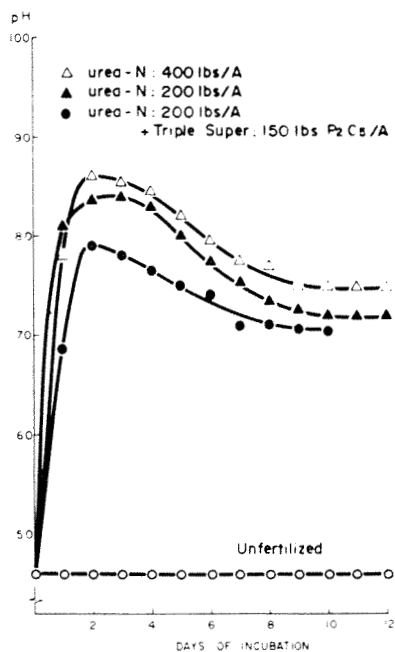


FIG. 4. The effect of surface-applied granular urea on the pH of an incubated jack pine raw humus. Values are means of duplicate samples, each measured at 6 to 9 surface locations.

indicate that pH reduction is limited (Fig. 4); either other factors are involved or the pH reduction is in a critical range for volatilization. It is difficult to assess the significance of phosphate added in our field plot since Sul-Po-Mag was also added and since their effects are difficult to separate from those of the weather conditions which prevailed at the time of fertilization.

TABLE 2

The effect of artificial precipitation on the reduction of volatile ammonia losses from a urea-treated jack pine raw humus in aerated incubation vessels

Artificial precipitation ¹ (mm)	Daily reduction of losses (%) ²					
	2	3	4	5	6	7
6	23	34	35	34	33	34
12	82	86	83	79	72	65
24	88	90	88	81	76	75

¹ Distilled water was dripped over the whole surface of humus 5 hours after granular urea application (200 lbs N/A).

² No measurable $\text{NH}_3\text{-N}$ loss occurred the first day, even in the control.

Preliminary tests clearly indicate that volatilization losses might be considerably reduced if precipitation results in penetration of urea into the humus layer before intense hydrolysis occurs (Table 2) and may explain field observation (Table 1).

This project is continuing a search for field techniques to minimize nitrogen loss from fertilizer applications, particularly in relation to simultaneous addition of phosphate and other fertilizers and to weather conditions. This information is needed before starting large scale forest fertilization programs. In the absence of such information, conclusions drawn from growth responses five years after fertilization are likely to be misleading, especially since negligible response may simply be related to important losses of nitrogen within a few days or weeks of urea application.

The technical assistance of Mr. J. Cantalejo is gratefully acknowledged.

References

- GASSER, J.K.R., 1964. Some factors affecting losses of ammonia from urea and ammonium sulfate applied to soils. *J. Soil Sci.*, **15**: 258-272.
- HAUCK, R.D., 1968. Soil and fertilizer nitrogen — a review of recent work and commentary. *Trans. 9th Int. Cong. Soil Sci.* (Adelaide), **2**, 475-486.
- OKUDA, E., E. TAKAHASHI, and M. YOSHIDA, 1960. On the volatilization of ammonia transformed from urea applied under upland and water-logged conditions. *Soil and Plant Food* (Tokyo), **6**, 144.
- OVERREIN, L.N., 1968. Lysimeter studies on tracer nitrogen in forest soil: I. Nitrogen losses by leaching and volatilization after addition of urea-N¹⁵. *Soil Sci.*, **106**, 280-290.
- SIMPSON, J.R., 1968. Losses of urea nitrogen from the surface of pasture soils. *Trans. 9th Int. Cong. Soil Sci.* (Adelaide), **2**, 459-466.
- VOLK, G.M., 1959. Volatile loss of ammonia following surface application of urea to turf or bare soils. *Agron. J.*, **51**, 746-749.

ETHYLENE PRODUCTION WITH ACCOMPANYING RESPIRATION RATES
FROM THE TIME OF BLOSSOMING TO FRUIT MATURITY IN THREE
VACCINIUM SPECIES¹

F. R. FORSYTH and I. V. HALL

Research Station, Canada Department of Agriculture, Kentville, Nova Scotia.

Following pollination many morphological as well as physiological changes take place in the pistil until a mature fruit is produced. Recently we studied the physiology of ripening fruits of the lowbush blueberry (5) and cranberry (3), and found that ethylene production was markedly related to certain stages of development (6). This paper is a continuation of the work, and reports on the ethylene production from the time that the flowers open until the fruit is fully mature. The accompanying respiration rates were obtained for the three species of fruit commencing at the time when the fruit would be expected to commence a steady increase in size and weight.

The three species used in this study were: the lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium* Ait., the highbush blueberry, *Vaccinium corymbosum* L., and the cranberry, *Vaccinium macrocarpon* Ait. The developing flowers and fruits of the lowbush blueberry and the highbush blueberry cultivar « Johnston », were collected from plantings at the Kentville Research Station. Those of the cranberry, cultivar « Howes », were collected from a commercial cranberry bog at Aylesford, Nova Scotia.

Three samples of developing ovarian tissue were used for ethylene determinations and one was used to determine the respiration rate. The method of collecting the ethylene and its analysis by isothermal GLC were as described in our recent paper (4). Rates of respiration were determined at 21°C by measuring the CO₂ evolution with a Beckman Infrared Analyzer, Model No. 215.

In the early stages of development the curve for ethylene production from the cranberry fruit was quite similar to that for respiration but as the fruit matured this relationship changed (Figure 1). The early green stage of the cranberry, lowbush and highbush blueberry fruits was characterized by very high respiration rates and extremely low rates of ethylene production. However, in each case as the respiration rate fell the production of ethylene began to increase (Figure 1, 2 and 3).

1. Contribution No. 1326 from the Research Station, Canada Department of Agriculture, Kentville, Nova Scotia.

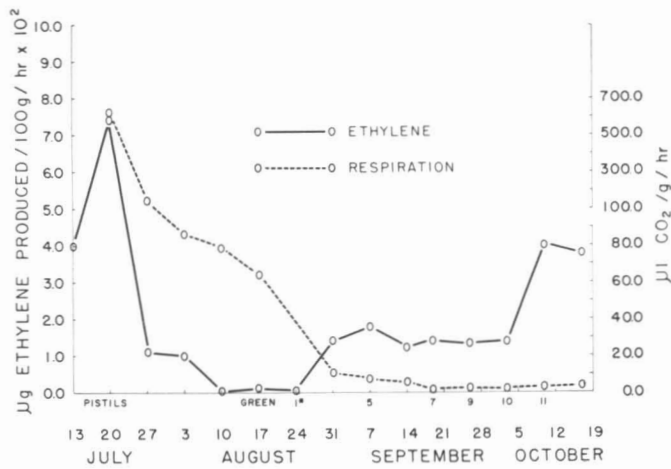


FIGURE 1. The amount of ethylene produced and accompanying respiration rates of developing flowers and fruit *Vaccinium macrocarpon* Ait. Color rating for sale of cranberries from chart produced by Williams and Meyer Company of Chicago, Illinois, U.S.A. Rating of 1 indicates first trace of red coloration.

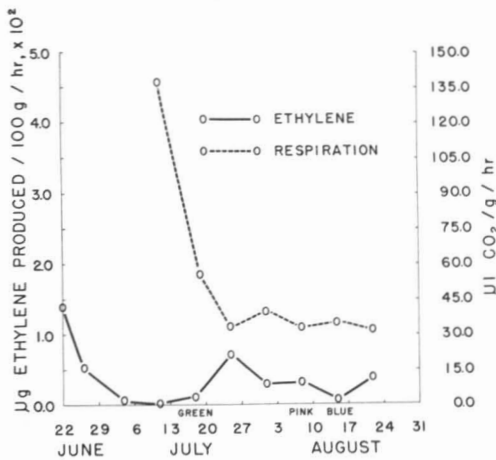


FIGURE 2. The amount of ethylene produced and accompanying respiration rates of flowers and fruit of *Vaccinium angustifolium* Ait. Pollination of the lowbush blueberry was complete by June 10.

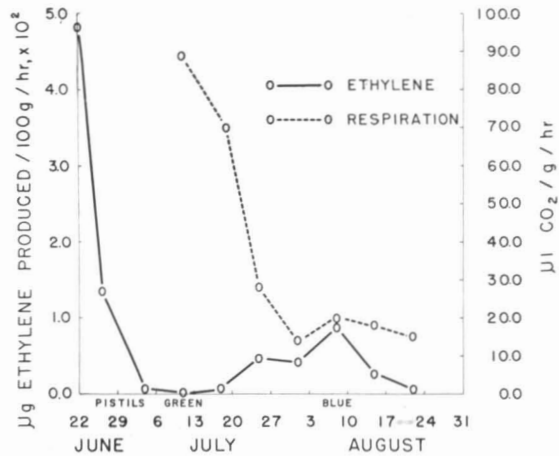


FIGURE 3. The amount of ethylene produced and accompanying respiration rates of flowers and fruits of *Vaccinium corymbosum* L.

During the life of the developing fruit of all three species the greatest level in ethylene production occurred immediately after pollination. This agrees with the known stimulating effect of pollination on ethylene production (6). However, following the low production of ethylene in the early green stage of the fruit of all three species, there is a rise in production of this gas long before the fruit is ripe. This would be in agreement with the present concept of ethylene as being a ripening hormone (1) but would also mean that the initial effects of ethylene on ripening in these three species is at a rather early stage of fruit maturation.

By the time that the green berries were fully formed the rate of respiration had fallen greatly in all three species. At this stage the amount of ethylene produced was minimal or just commencing to increase and this continued until the fruit was ripe.

As the cranberry matured a marked increase in ethylene production was noted (Fig. 1). This agrees with earlier work which indicated that the cranberry fruit has a climacteric (2 and 3). Both the lowbush and highbush blueberry (Fig. 2 and 3) showed some increase but the increase was not as great as in the cranberry and appeared before the fully ripe stage of those fruits.

This work was undertaken to determine the time sequence of color change, of ethylene production and of rate of respiration in relation to fruit maturity. The results agree with the conclusion in the recent study by Doughty *et al.* (2) that when the respiration rate reaches a minimum in the cranberry fruit and the ethylene production has reached a steady state, in the colored (rating of at least 10 from cranberry color chart) fruit, that the cranberry is ready to harvest. For either the lowbush or highbush blueberry the levels of ethylene production or of respiration are of lesser or little value as a criterion of fruit maturity. The appearance of the blue color is still the best criterion of fruit maturity.

References

1. BURG, S. P. and E. A. BURG, 1965. Ethylene action and the ripening of fruits. *Science*, **148** : 1190-1196.
2. DOUGHTY, C. C., M. E. PATTERSON and A. Y. SHAWA, 1967. Storage longevity of the «McFarlin» cranberry as influenced by certain growth retardants and stage of maturity. *Proc. Am. Soc. hort. Sci.*, **91** : 192-204.
3. FORSYTH, F. R. and I. V. HALL, 1967. Oxygen absorption and ethylene production by developing cranberry fruit. *Can. J. Pl. Sci.*, **47** : 153-156.
4. FORSYTH, F. R. and I. V. HALL, 1968. Note on ethylene production by flowers of *Vaccinium angustifolium* Ait. following treatments with 2-chloroethane phosphonic acid and other growth regulators. *Naturaliste can.*, **95** : 1165-1167.
5. HALL, I. V. and F. R. FORSYTH, 1967. Respiration rates of developing fruits of the lowbush blueberry. *Can. J. Pl. Sci.*, **47** : 157-159.
6. HALL, I. V. and F. R. FORSYTH, 1967. Production of ethylene by flowers following pollination and treatments with water and auxin. *Can. J. Bot.*, **45** : 1163-1166.

NOTE TECHNIQUE

A GUIDE FOR THE APPLICATION OF DARK FIELD MICROSCOPY FOR ROUTINE DIAGNOSIS IN INSECT PATHOLOGY

W. A. SMIRNOFF

*Forest Research Laboratory,
Canada Dept. of Fishery and Forestry,
Québec.*

Introduction

Insect pathologists, even those specialized in the fields of bacteria, fungi, microsporidia or other types of diseases, should be able to identify the most commonly known microorganisms from various species. The survey of insect diseases, formerly poorly developed, is today carried out in many laboratories by qualified pathologists specializing in this field, which permits them to obtain precise data for research in insect pathology, population dynamics, and insect physiology.

Several types of routine microscopic examinations are used to deal with the following aspects :

1. Determining whether microorganisms exist in a living or dead insect and identifying them as to family and species level;
2. Determining the etiology of injuries and abnormalities or death of an insect;
3. Determining the effect of the microorganism on the insect during detailed studies;
4. Carrying out microscopic examinations of the organs or tissues attacked; for instance, the gut, midgut epithelium, fat tissues, Malpighian tube, etc.

The first microscopic examination of a microorganism permits the scientist to determine a research program, and if necessary, choose the methods for identification of the microorganisms. Steinhaus (1962) and Steinhaus and Marsh (1962) developed standardized procedures for routine diagnosis of insect diseases. However the way of choosing a particular method is still not known.

Usually, the first microscopic examination is made with conventional lighting, while different stains aid in observing bacteria, polyhedral viruses,

and spores of microsporidia and fungi. The dark field is seldom used in the insect pathology laboratory, although it permits examination of particles that are invisible in the bright field, difficult to stain or have poor refractive properties. The dark field principle is based on the Faraday – Tyndall phenomenon which permits illumination of dust particles in the air of a dark room by sunrays penetrating through a small opening. Two conditions are essential for good lighting with the dark field :

1. Preventing any bright light from entering the objective;
2. Lighting the specimen by lateral light that has to be as strong as possible.

Examination with the dark field may help scientists during examination of living cells, when minor differences exist in the refraction of the cell sections. It is well known that the cytoplasm and nuclei of dead cells are highly refractive, while the cytoplasm of living cells gives an impression of emptiness, the nuclei of living cells are poorly refractive, and the granules are highly luminous. Examination by dark field permits observation of changes in the dispersion of colloidal plasma, and coagulation of the plasma caused by external factors such as temperature, toxic substances, etc. There are also special methods for examining stained smears with the dark field, which give very good results. For example, detection of spores and parasporal bodies of *B. thuringiensis* is possible when using the phenomenon of dark field color refraction (Smirnoff, 1961; Smirnoff, 1966).

All these facts do not mean that examination with the dark field is less convenient, less simple, less precise and slower. Its rare use is often due to the lack of the necessary attachments or the fact that the dark field equipment delivered with microscopes is not used for routine examinations. To-day, however, modern dark field attachments are easily available. For many years I have used the dark field on various microscopes and am convinced that it can be used successfully for special studies or for routine examinations in insect pathology. In general, examination in the dark field is as fast and accurate as in the bright field and is sometimes indispensable for studies of virus diseases.

This section demonstrates the results obtained with the aid of the dark field, and the illustrations showing various microorganisms may help to roughly identify the more frequently encountered forms. Also, a few examples of modifications in the morphology of infected tissues are presented and some photographs show crystals and biocrystals that could be mistaken for polyhedra or spores of microorganisms often encountered under microscopic examination.

The author used the following attachments for his pictures : Leitz objective Pv Apo Oel 90x a 1.15 type n, positive phase-contrast low absorption with added intermediate objective adapter with iris diaphragm and dark field condenser D 1.20 A.

Methods

The specimens which are to be examined in the dark field must be placed either in water, cedar oil, paraffin oil, immersion oil, physiological solution or serum. External contamination and air bubbles should be avoided. To prevent the formation of air bubbles, the cover glass is gently pressed with bibulous paper, at the same time eliminating excess water. Thin preparations are required as the contrast between the dark field and the specimen decreases with the thickness of the preparation and also if the preparation contains large quantities of highly refractive material. The immersion oil should be perfectly clean, free of air bubbles and fluid. The microscopic slides and cover glasses must be cleaned in alcohol before use and passed over a flame. The microscopic slide should be between 1.0 and 1.1 mm thick, while the thickness of the cover glass should not exceed 0.2 mm; otherwise the specimen will remain outside the focus of the condenser. Only the flat mirror of the microscope should be used. The light is centered by removing an eyepiece, then trying to obtain the most regular and bright ring of light possible, and taking care that the center of the ring remains perfectly dark. Numerous objectives of various magnifications can be used with the dark field, such as achromatic objectives and compensatory eyepieces up to 25X. Immersion oil is always required between the condenser and the microscopic slides, whereas immersion oil is used between the objective and cover glass when required by the objective. When objectives without the iris diaphragm are used, they must be equipped with a special funnel (conical diaphragm) which increases the contrast between the dark field and the illuminated particles. During examination in the dark field, movements of the objects or particles are seen. It is necessary to differentiate between the movement of capillarity caused by the progressive drying of the preparation, the Brownian movement, and the normal movement of the mobile organisms.

I have found this method very helpful in my work. If this paper brings scientists to use the dark field for routine examination and helps them during their examinations, this note will have achieved its goal.

References

- SMIRNOFF, W.A. 1961. Color refraction in dark field to detect parasporal bodies of crystalliferous bacteria. *J. Insect Pathol.* **3**, 216-217.
- SMIRNOFF, W.A. 1966. *Bacillus thuringiensis*, ein « lebendes » Insektizid, und seine Diagnose durch Farbrefraktion im Lichtmikroskop. *Leitz - Mitt. u. Techn. Bd. III* N° 6 S. 169-170, März.
- STEINHAUS, E.A. 1962. Diagnosis: A control pillar of insect pathology. *Entomophaga*. Mem. hors série N° 2, 7-21.
- STEINHAUS, E.A. and G.A. MARSH, 1962. Report of diagnoses of diseased insects 1951-1961. *Hilgardia*, **33**, 349-490.

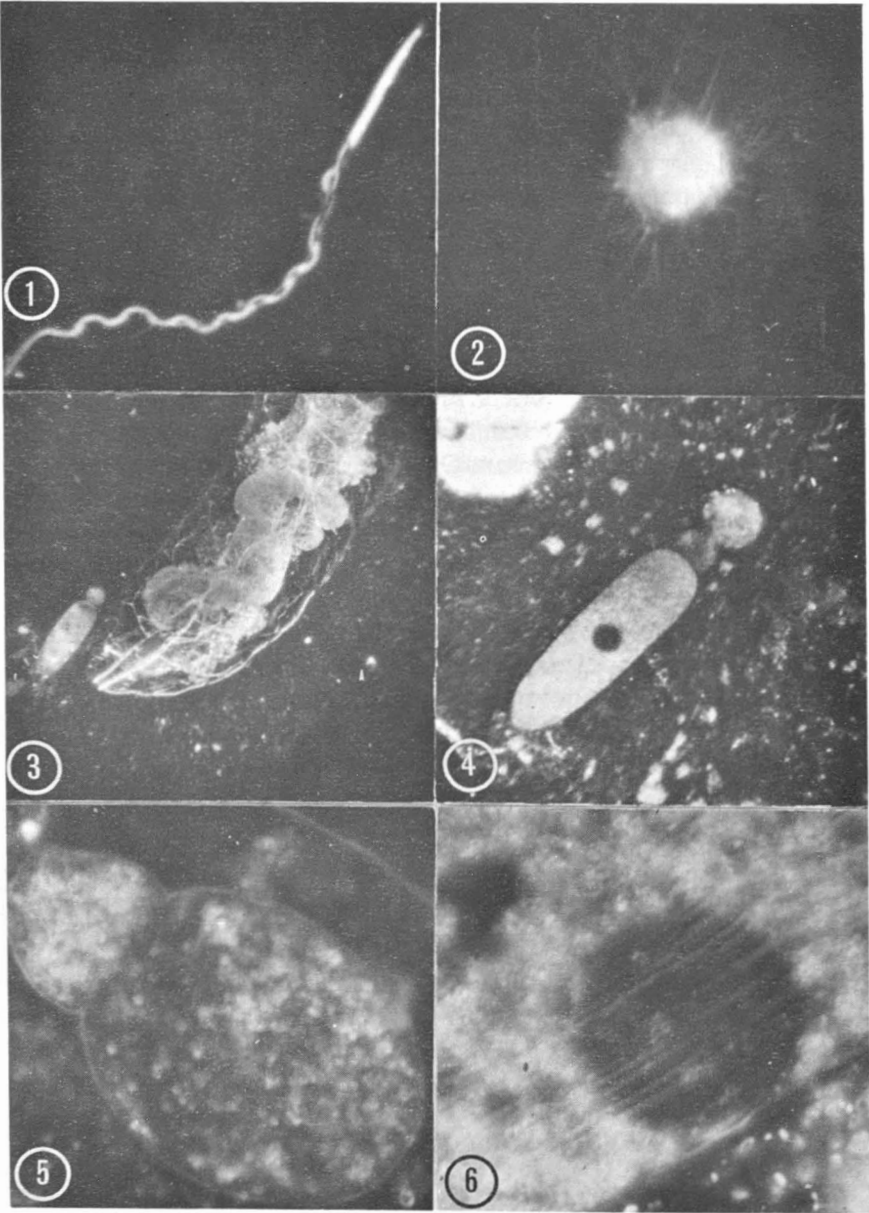


PLATE I — Examples of application of the dark field for examination of macro and micro subjects. Fig. 1. Spermatozoa of *Neodiprion swaini* (Tenthredinidae), 400X. Fig. 2. Macroplasmatoocyte, 1000X. Fig. 3. Sporont of *Gregarina* beside the larva of a parasite in *Archips cerasivoranus* (Tortricidae), 100X. Fig. 4. General aspect of a sporont of *Gregarina* and formation of a new macroplasmatoocyte, 400X. Fig. 5. Formation of a macroplasmatoocyte, 700X. Fig. 6. Section of the wall of a sporont of *Gregarina*, 1000X.

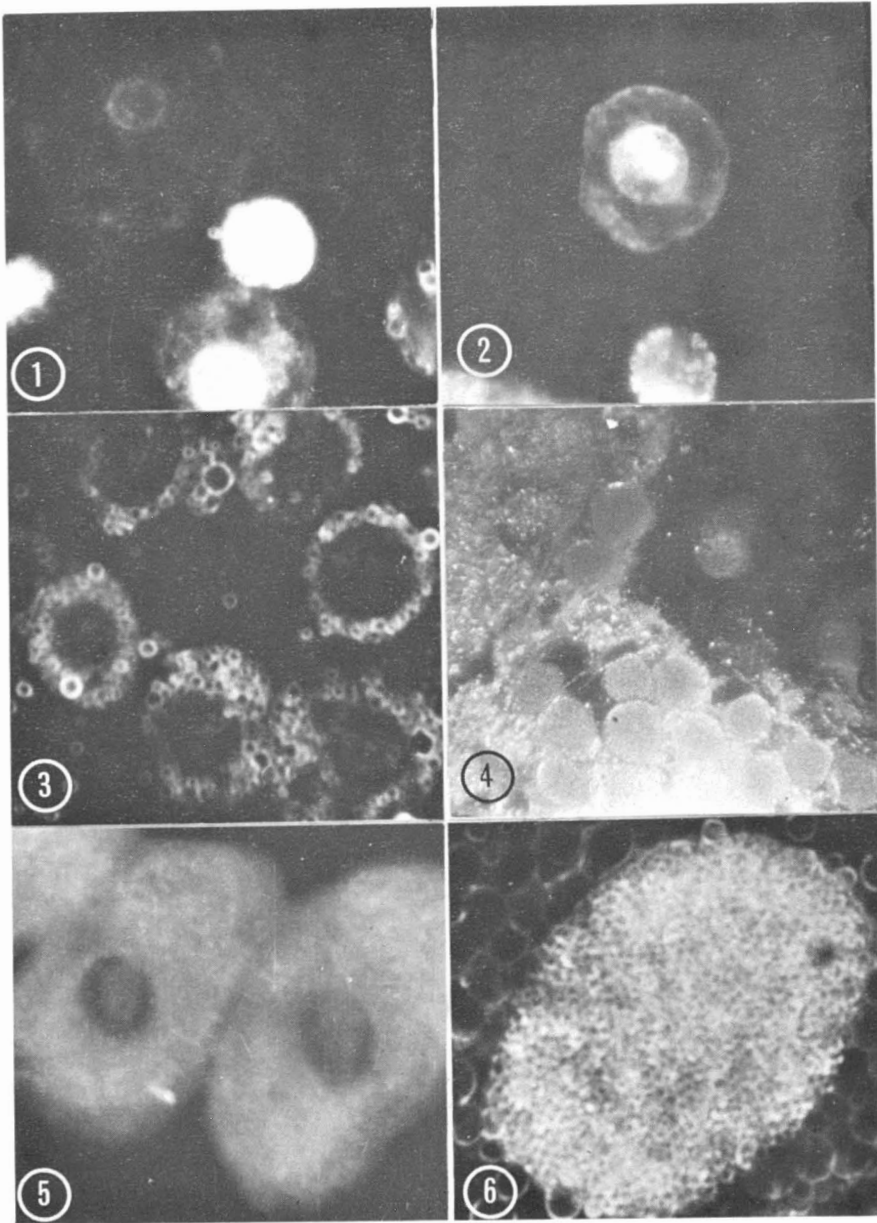


PLATE II — Virus. Fig. 1. Blood cells showing the beginning of an infection by a nuclear-polyhedrosis virus, 1000X. Fig. 2. Nuclei of blood cells filled with newly-formed polyhedra, 1000X. Fig. 3. Fatty tissues of *Galleria mellonella* showing infection by denonucleose, 1000X. Fig. 4. Hypertrophy of the fatty tissues infected by denonucleose — the nuclei are filled with the virus, 1000X. Fig. 5. Fatty cells showing the beginning of infection by a nuclear-polyhedrosis virus, 400X. Fig. 6. Nuclei of the fatty tissues filled with polyhedra, 400X.

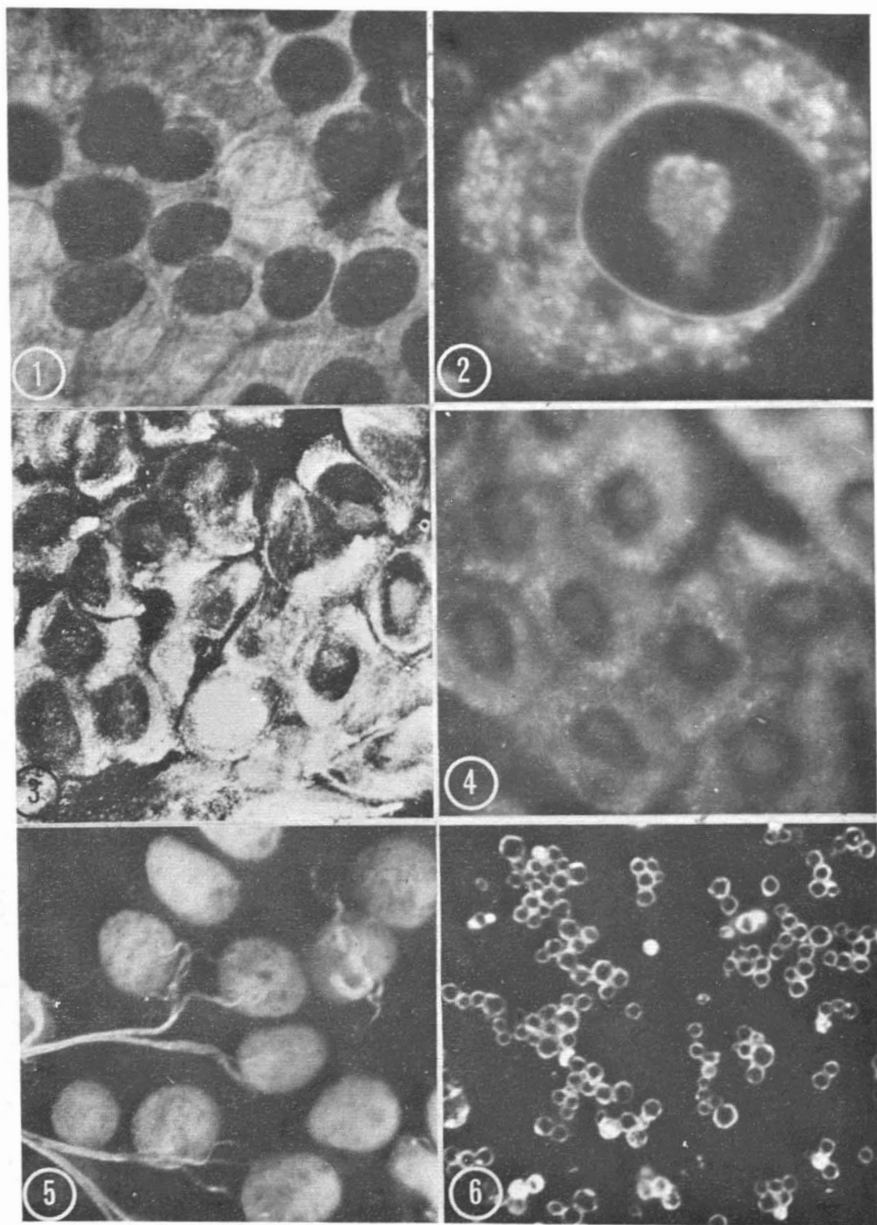


PLATE III — Virus. Fig. 1. Healthy tissues of the midgut epithelium, 400X. Fig. 2. Chromatin coagulation in the nuclei of the tissues of the midgut epithelium — beginning of the development of the viral infection, 1000X. Fig. 3 and 4. Formation of polyhedra in the nuclei of the cells of the midgut epithelium, 400X. Fig. 5. Nuclei of the midgut epithelium filled with polyhedra photograph taken immediately before hypertrophy of the cells, 400X. Fig. 6. Free-polyhedra in an aqueous suspension, 1000X.

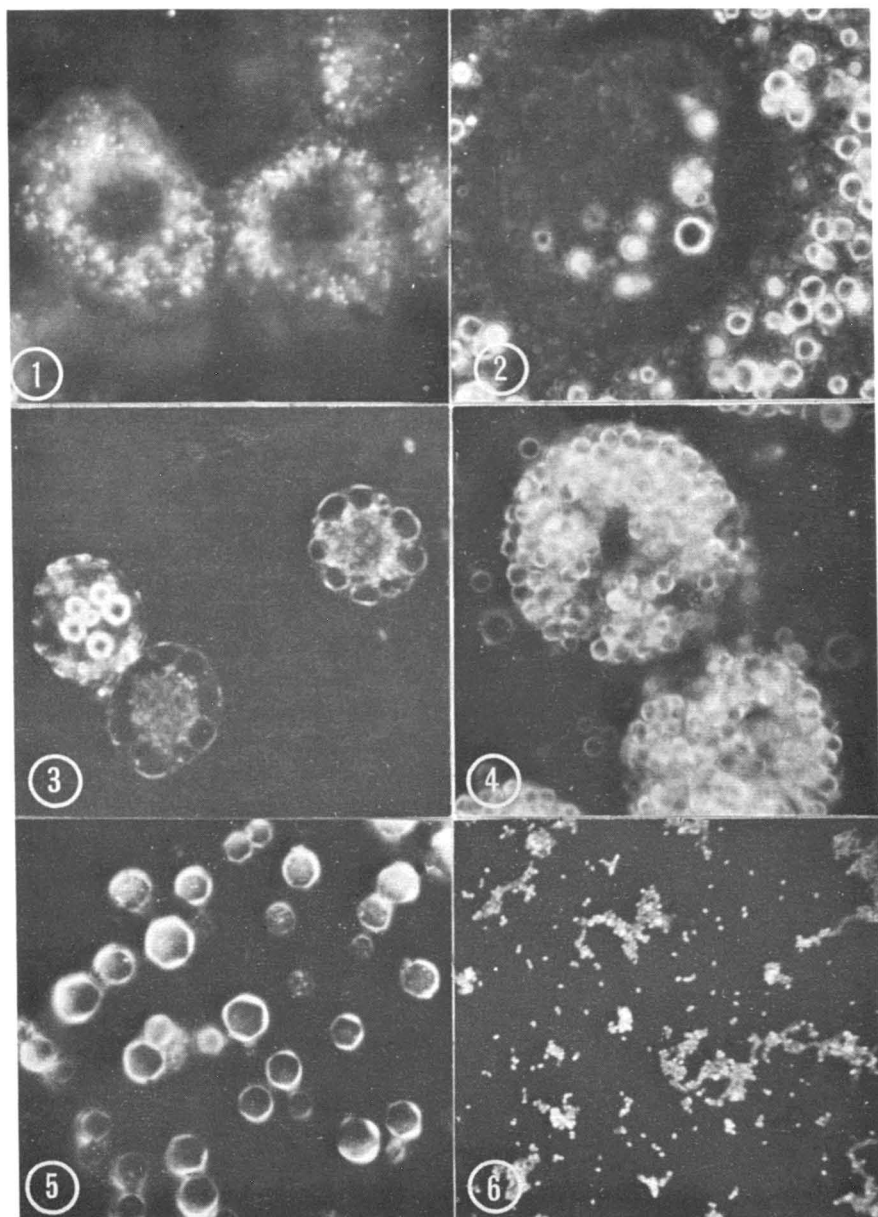


PLATE IV — Virus. Fig. 1. Beginning of the development of a cytoplasmic polyhedral virus in the blood cells, 1000X. Fig. 2, 3, and 4. Newly-formed polyhedra in the cytoplasm of the cells, 1000X. Fig. 5. Polyhedral virus in an aqueous suspension, 3000X. Fig. 6. Capsule virus in an aqueous suspension, 1000X.

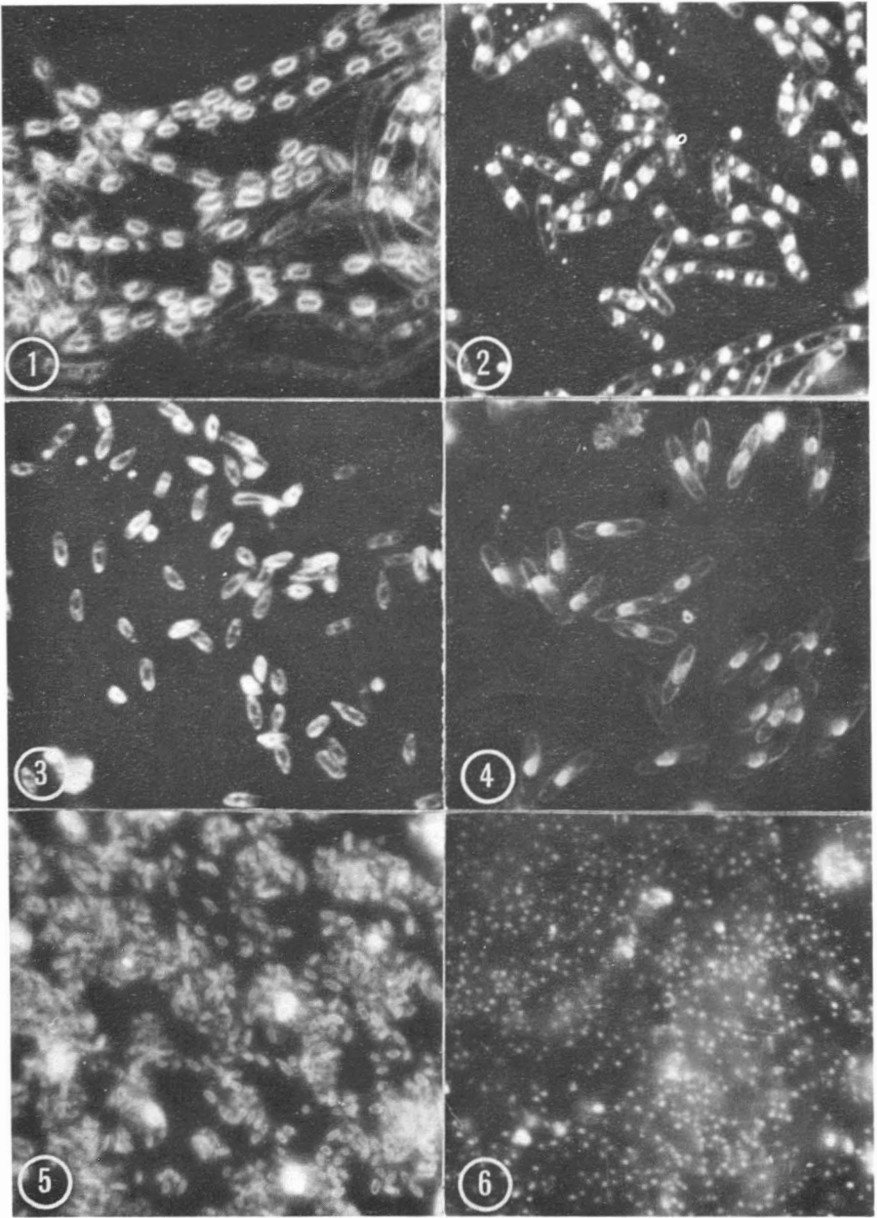


PLATE V — Bacteria. Fig. 1. Sporulated cells of *Bacillus cereus*, 1000X. Fig. 2. Cells of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* with spores and crystals, 1000X. Fig. 3. Emerging spores of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis*, 1000X. Fig. 4. Cells of *Bacillus brevis*, 1000X. Fig. 5. Enterobacteriaceae — *Pseudomonas*, *Aerobacteriaceae*, and *Klebsiella*, 1000X. Fig. 6. Cocci, 1000X.

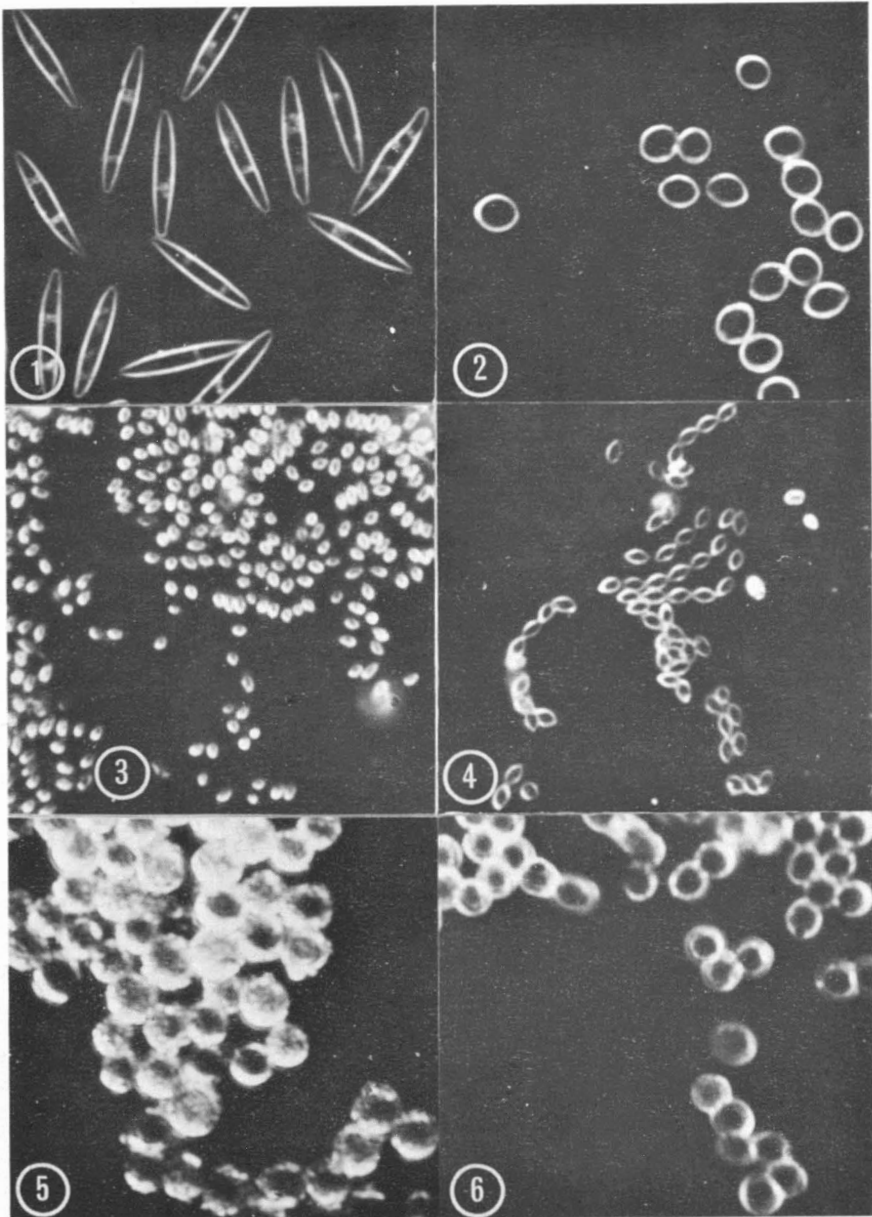


PLATE VI — Fungi. Fig. 1. Spores of *Aschersonia*, 1000X. Fig. 2. Spores of *Cordyceps*, 1000X. Fig. 3. Spores of *Beauveria*, 1000X. Fig. 4. Spores of *Isaria*, 1000X. Fig. 5. Spores of *Aspergillus fumigatus*, 1000X. Fig. 6. Spores of *Penicillium*, 1000X.

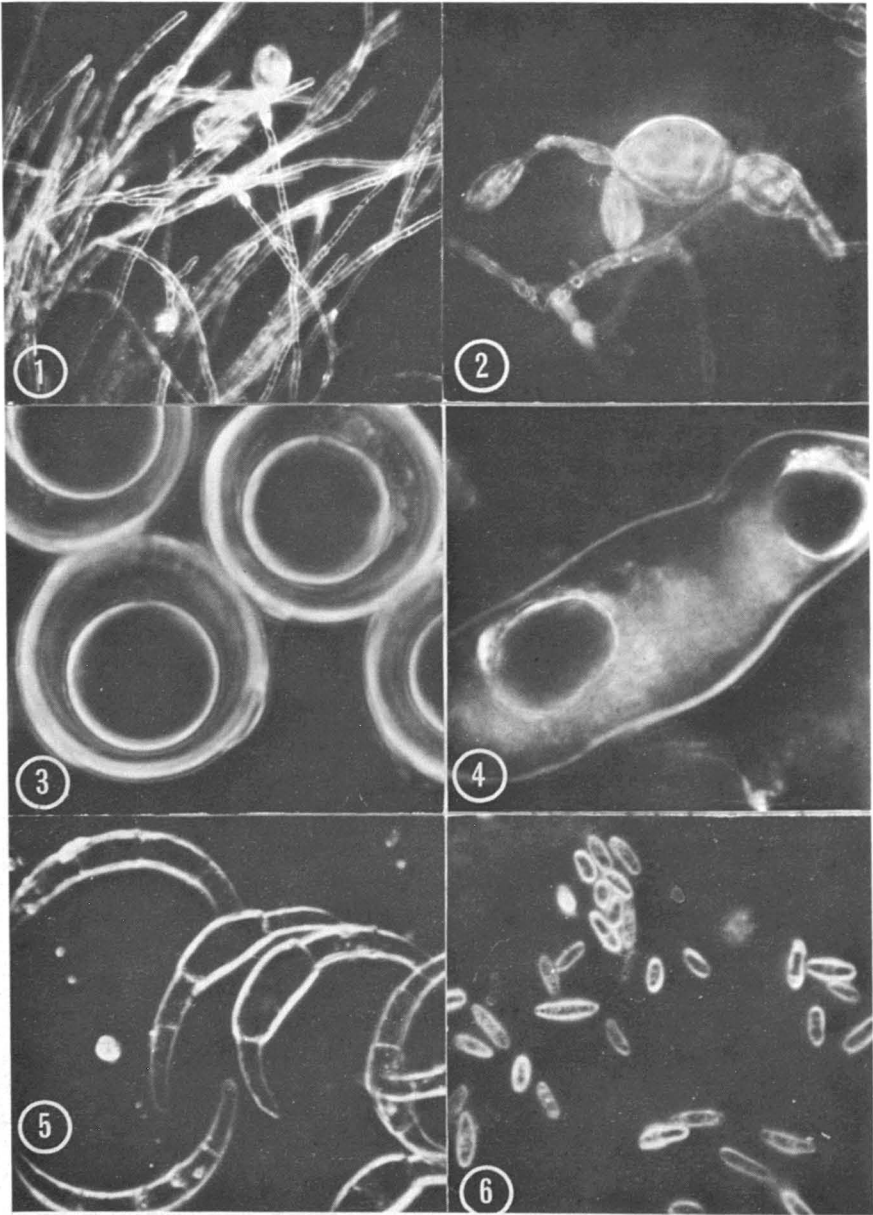


PLATE VII — Fungi. Fig. 1. Mycelia of Ascomycetes (*Furarium* sp.), 400X. Fig. 2. Asci of Ascomycetes, 1000X. Fig. 3. Resting spores of *Entomophthora*, 1000X. Fig. 4. Hyphal bodies of *Entomophthora*, 1000X. Fig. 5. Spores of *Fusarium*, 1000X. Fig. 6. Spores of *Cephalosporium*, 1000X.

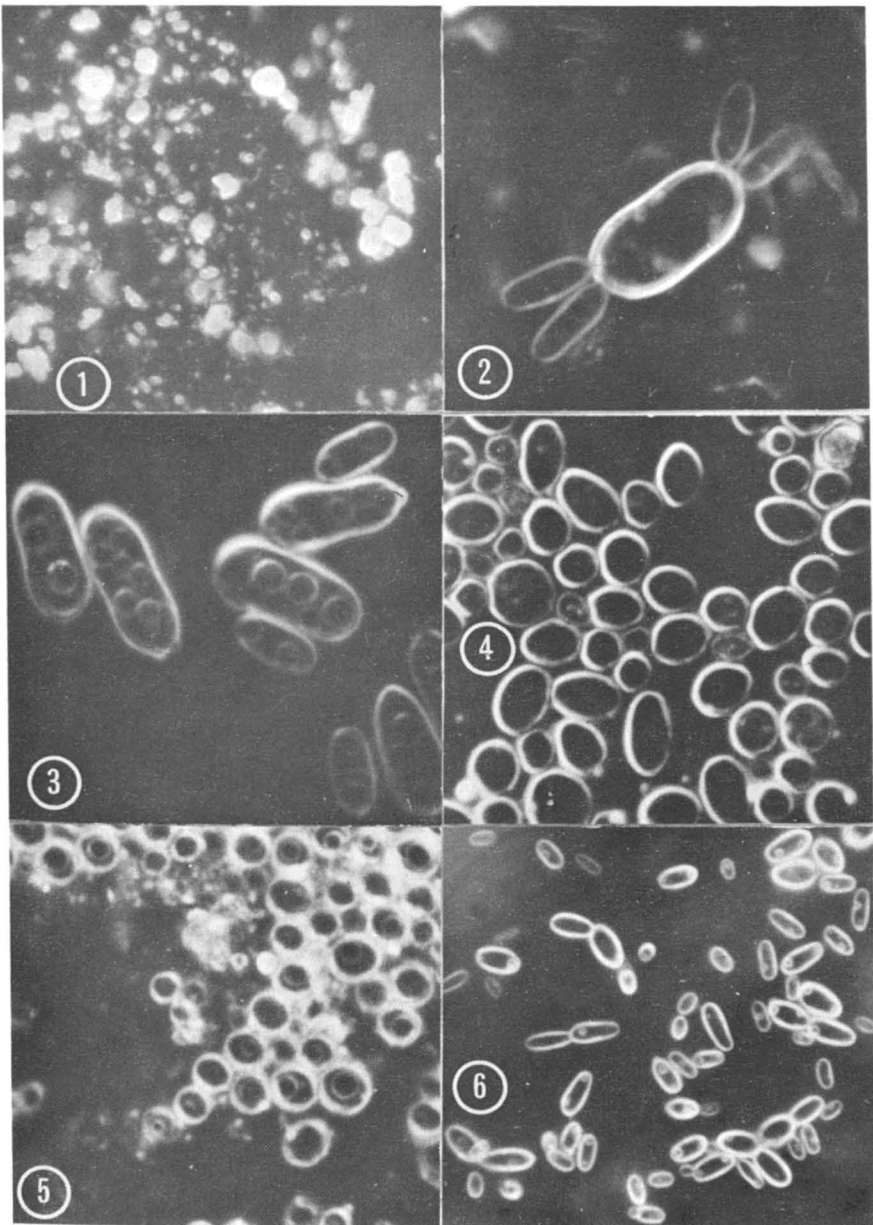


PLATE VIII — Yeast. Fig. 1. Micro colonies, 100X. Fig. 2. Vegetative cells, 1000X. Fig. 3. Vegetative cells with spores, 1000X. Fig. 4. Vegetative cells, 1000X. Fig. 5. Vegetative cells with lipids, 1000X. Fig. 6. Vegetative cells, 1000X.

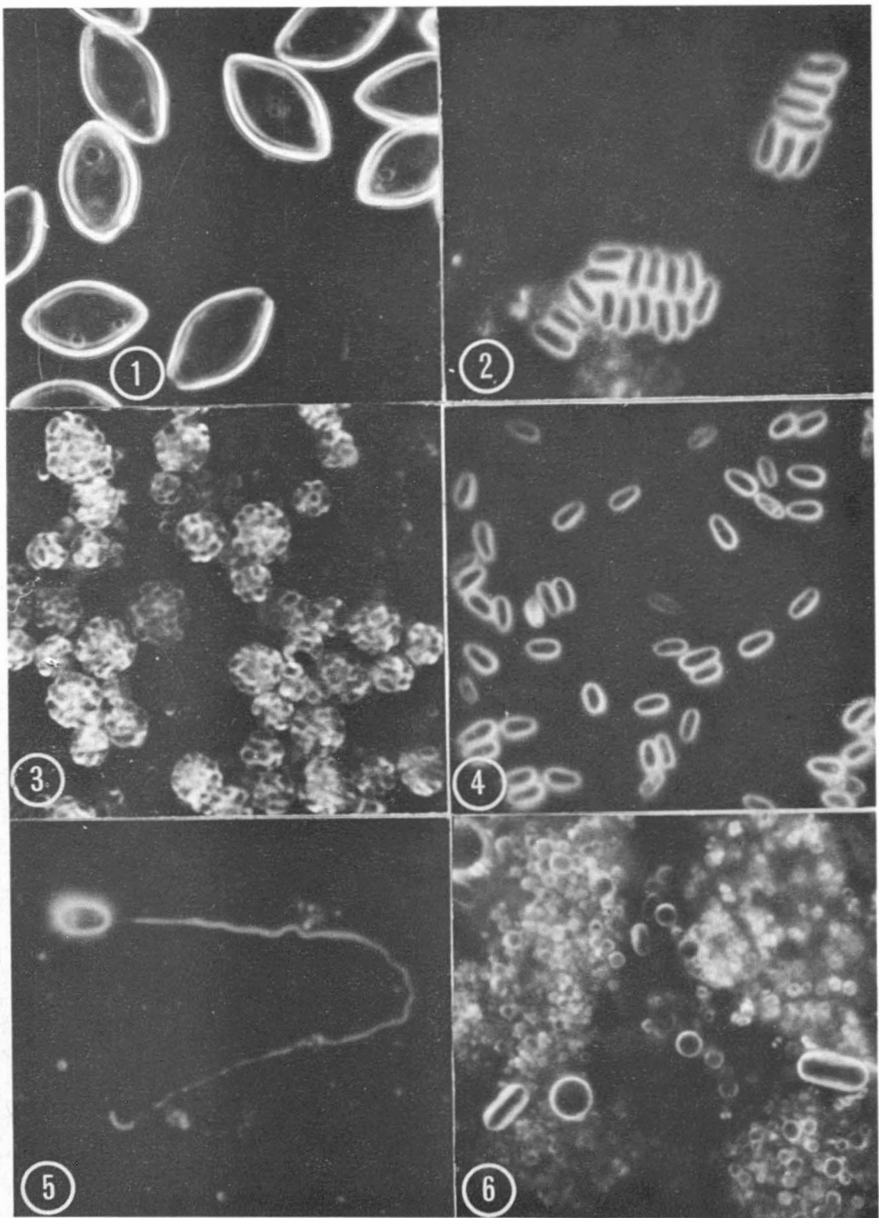


PLATE IX — Protozoa. Fig. 1. Spores of *Mattesia disposa*, 1000X. Fig. 2. Spores of *Nosema* sp., 1000X. Fig. 3. Pansporoblast of *Thelohania*, 1000X. Fig. 4. Spores of *Thelohania*, 1000X. Fig. 5. Spore of *Thelohania* with polar filament, 1000X. Fig. 6. Organic crystals found in the tissues of dead larvae, that are often mistaken for spores of microsporidia. They could be differentiated from the latter by their stronger refraction, 1000X.

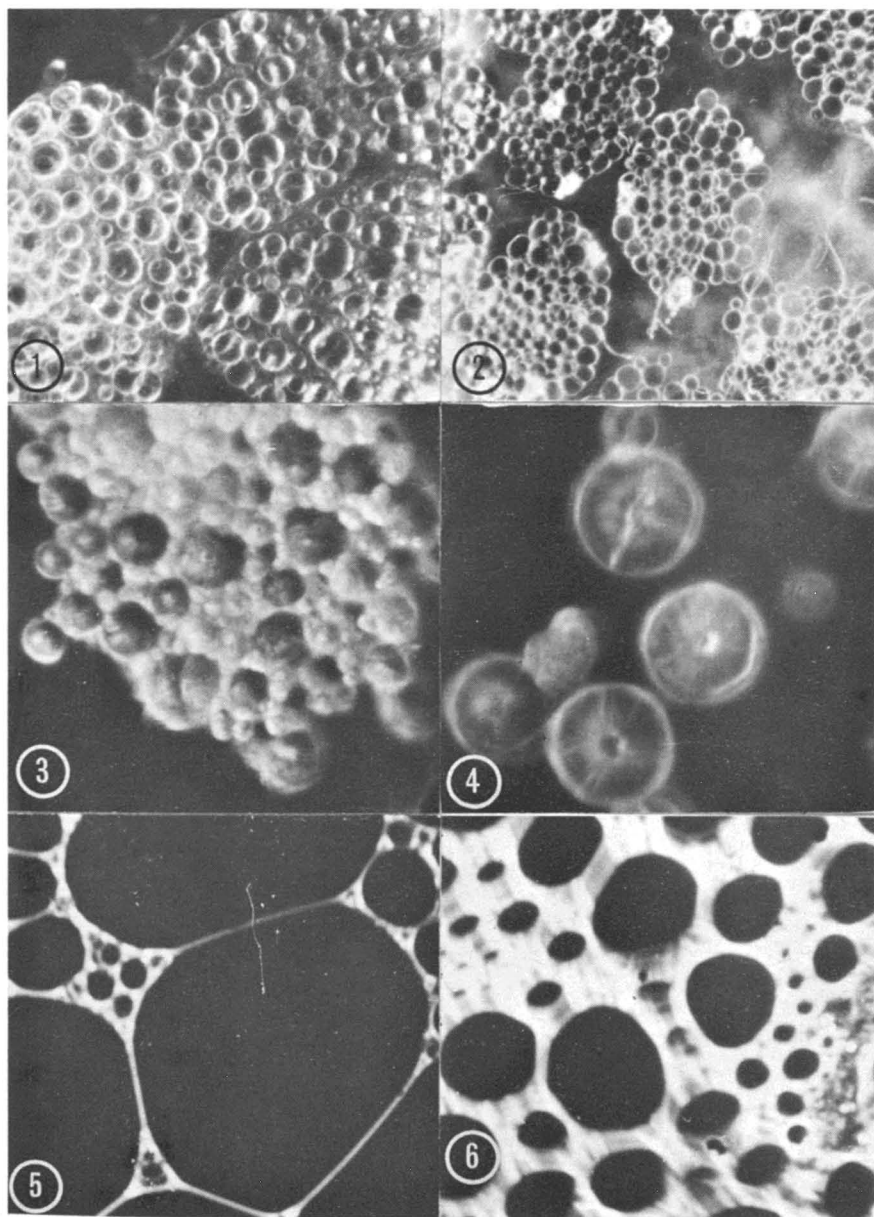


PLATE X—Fat and the formation of uric acid. Fig. 1. Cells of fatty tissues before the formation of uric acid, 200X. Fig. 2. Beginning of formation of crystals of uric acid in eonymph, pupae and adults of Tenthredinidae, 200X. Fig. 3. Cluster of uric acid crystals, 400X. Fig. 4. Crystals of uric acid, 1000X. Fig. 5 and 6. Thin smears of fat on microscopic slides, 200X.

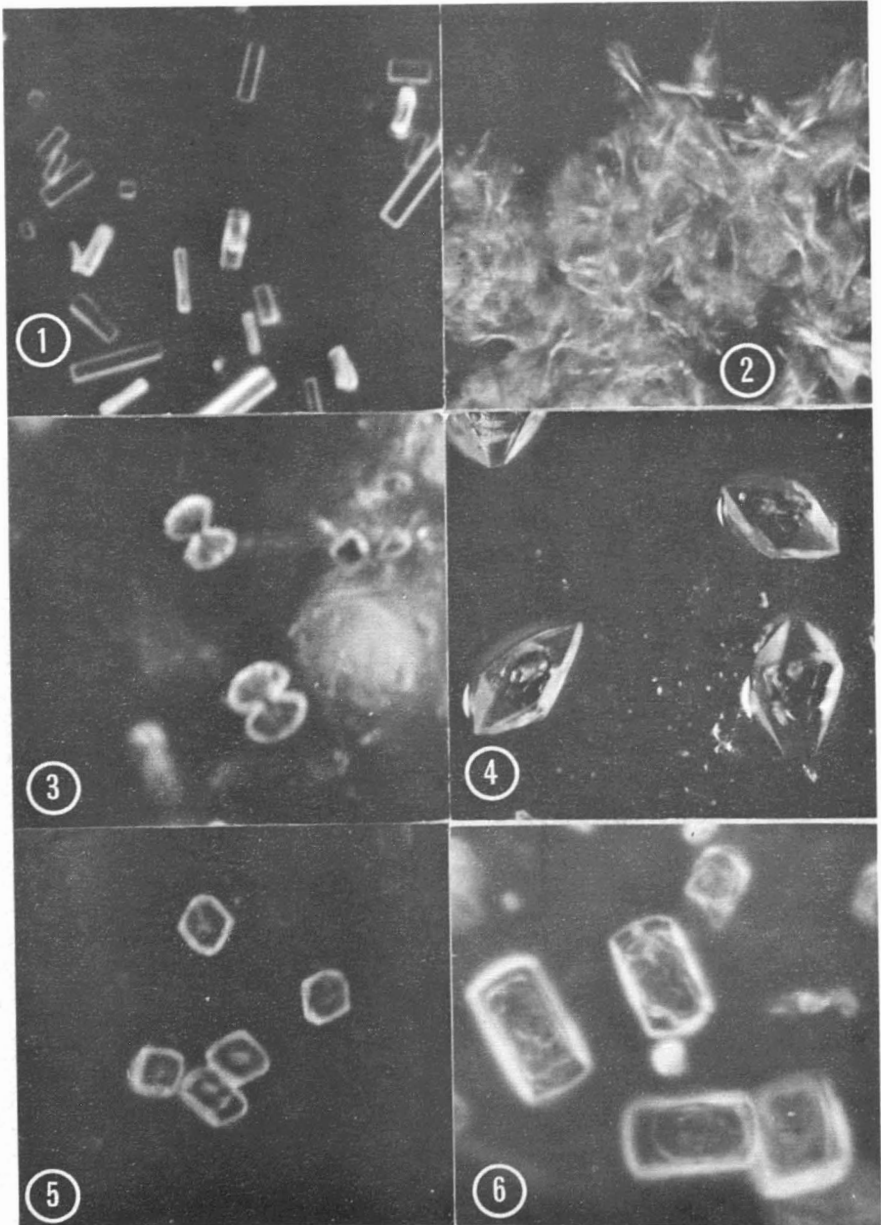


PLATE XI — Crystals often encountered during microscopic examination of insects. Fig. 1, 4, 5, and 6. Unidentified crystals, 1000X. Fig. 2 and 3. Crystals of uric acid, 1000X.

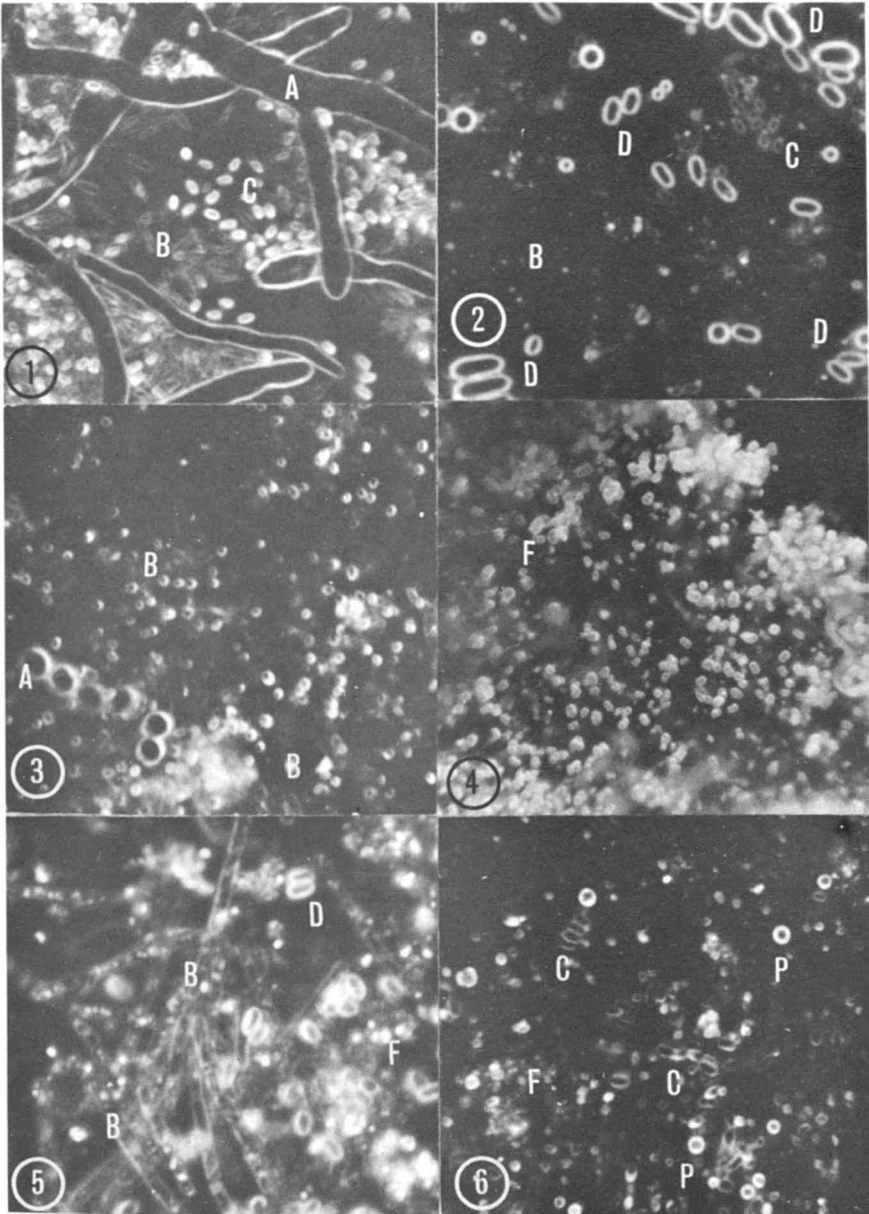
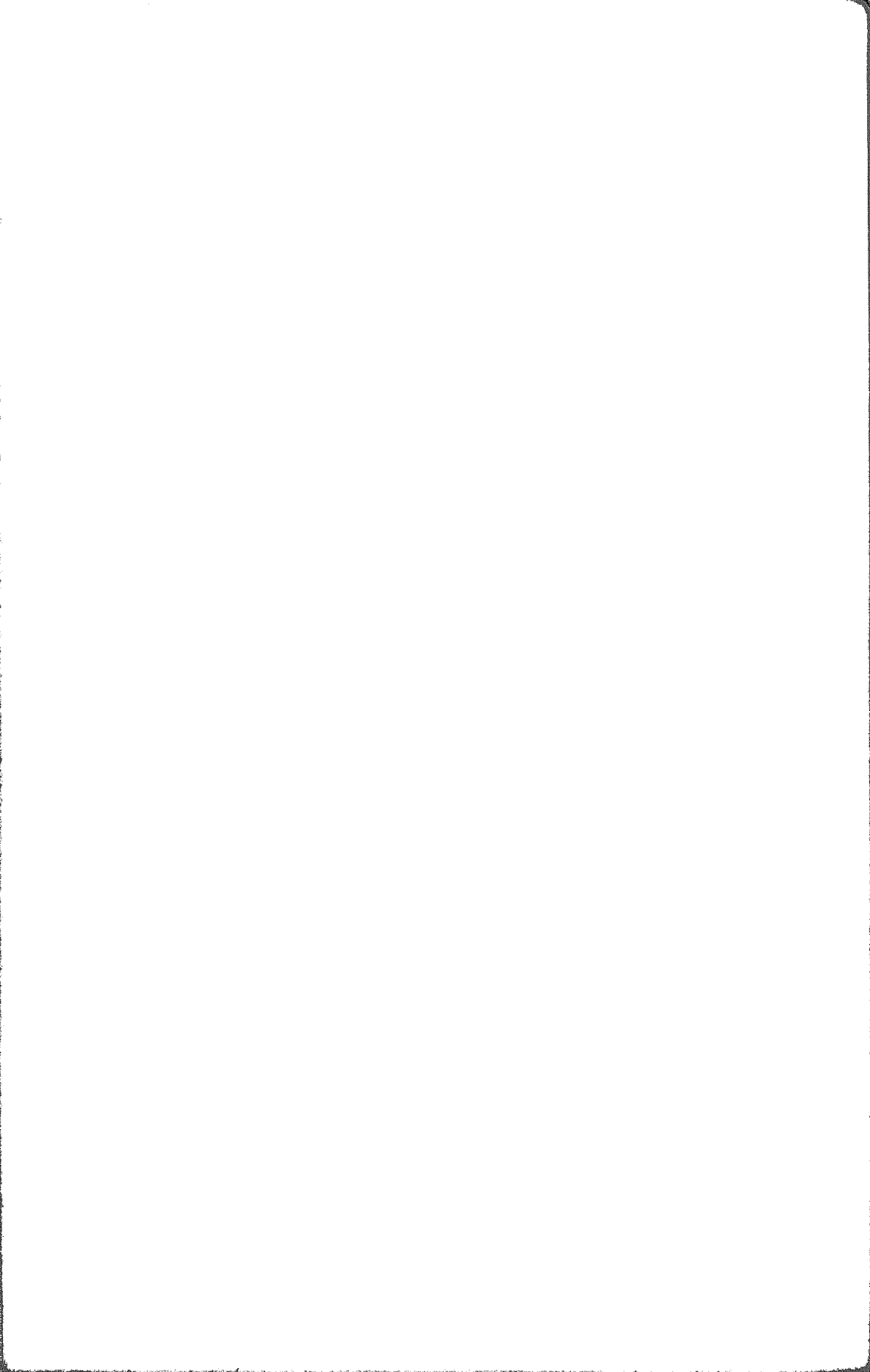


PLATE XII—Examples of the occurrence of more than one microorganism in an insect.
 Fig. 1. A fungus and *Bacillus cereus*, 1000X. A—Mycelia of *Beauveria*; B—Cells of *Bacillus cereus*; C—Spores of *Bacillus cereus*. Fig. 2. Bacteria and microsporidia, 1000X. B—Cocci; C—Spores of *B. cereus*; D—Spores of microsporidia of the genus *Nosema* and *Thelohania*. Fig. 3. A fungus and bacteria, 1000X. A—Spores of *Penicillium*; B—Cells of *B. cereus*; C—Spores of *B. cereus*. Fig. 4. F—Micro colonies of yeast, 1000X. Fig. 5. Bacteria and microsporidia, 1000X. B—Cells of *B. cereus*; D—Spores of microsporidia *Thelohania*. F—Yeast. Fig. 6. Bacteria, a polyhedral virus and yeast, 1000X. C—spores of *B. cereus*; F—yeast; P—polyhedral virus.



REVUE DES LIVRES

MAZLIAK, P., 1968. **Le métabolisme des lipides dans les plantes supérieures.** Masson, Paris. 224 p., 66 fig., 106 schémas, 45 tabl., 16.5 x 21.5 cm. Broché, 80 F.

L'auteur, M. P. Mazliak, docteur ès Sciences et maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris, est un spécialiste des problèmes concernant les lipides chez les plantes supérieures. L'ouvrage se divise en trois parties. Après la revue des différents types moléculaires de lipides : acides gras, glycérides de réserve, phospholipides et glycolipides des membranes vivantes, cires et cutines des parois cellulaires, l'auteur décrit brièvement les principales techniques modernes de micro-analyse utilisées en lipochimie. Dans la partie centrale, il expose et discute les contributions scientifiques les plus importantes concernant les mécanismes biochimiques aboutissant à la biosynthèse et à la dégradation des diverses classes de lipides. Dans la dernière partie du livre, l'auteur fait le bilan des synthèses et dégradations lipidiques dans chaque organe séparément, c'est-à-dire dans les feuilles, tiges, tubercules, rhizomes, racines, fleurs, fruits et graines des plantes supérieures. Ainsi, il discute les recherches concernant le contrôle physiologique du métabolisme lipidique des feuilles, l'influence des lipides sur la croissance de l'appareil végétatif, sur la dormance des bourgeons et sur l'endurcissement au froid, l'accumulation des réserves oléagineuses dans les fruits et les graines ainsi que leur utilisation au moment de la germination. En conclusion, l'auteur souligne que la biochimie structurale et les connaissances sur les voies de synthèse ou de dégradation des lipides sont très avancées. Cependant beaucoup de problèmes demeurent et intéressent avant tout les phytophysiologistes. Le problème le plus fondamental est le rôle spécifique des divers lipides dans l'organisation et le fonctionnement cellulaire.

Bien que le sujet traité soit très vaste, l'ouvrage est relativement peu volumineux (224 pages). Il est écrit en un style clair. Les résultats les plus importants de plusieurs travaux sont présentés dans des tableaux (45) ou illustrés par de nombreuses figures (66) et schémas (106).

Cette monographie s'adresse aux étudiants du troisième cycle, aux biologistes, biochimistes et phytophysiologistes. Elle leur apporte non seulement une bibliographie abondante et à jour, mais bien plus, elle leur propose de nombreux thèmes d'études et de recherches. Nous demeurons convaincus que ce livre doit faire partie de leur bibliothèque personnelle et qu'il est appelé à leur rendre de grands services.

H. P. THERRIEN

OSBURN, W.H. and WRIGHT, H.E. jr., 1968. **Arctic and Alpine Environment.** Indiana University Press, Bloomington & London. 308 p., 33 tab., 87 fig. Relié, 15.75 s. Distribué au Canada par Fitzhenry & Whiteside Ltd., 150 Lesmill Road, Don Mills, Ont.

Il s'agit des comptes rendus du 7e congrès de l'Association internationale pour la recherche quaternaire tenu à Boulder-Denver au Colorado du 14 août au 19 septembre 1965, sous les auspices de l'Académie des sciences et du Conseil national de recherche des États-Unis.

Le volume réunit 21 contributions regroupées sous trois titres majeurs: 1) climatologie et glaciologie, 2) écologie, 3) géologie. La première partie contient deux articles: un sur la relation entre insolation et la nébulosité, l'autre sur les inversions nocturnes de

température dans les montagnes de l'ouest américain. Les textes traitant des problèmes écologiques regroupent les travaux sur les écosystèmes alpins à l'échelle mondiale et régionale en général et sur leur comparaison ainsi que sur la distribution de la flore, de la faune et sur le pH de la neige. Le titre *géologie* réunit, enfin, des articles traitant de l'érosion due aux cristaux de glace, des processus de gel et de dégel en relation avec le développement du permagel, de l'érosion glaciaire, de l'extension des glaciers pléistocènes dans certaines régions de l'Europe et de l'effet de l'homme sur le développement des plaines sub-arctiques de l'Asie, des sols de l'Alaska arctique et de l'utilisation du *remote sensing* pour l'étude du milieu arctique.

Les textes, généralement illustrés et appuyés par d'abondantes références bibliographiques, font de ce volume un excellent outil de travail pour tout chercheur intéressé au milieu arctique et alpin et tout écologiste, en général.

Miroslav M. GRANDTNER

WATT, Kenneth E. F., 1968. **Ecology and Resource Management. A Quantitative Approach.** *Series in Population Biology.* McGraw-Hill Book Company, New-York, Toronto. xii + 450 p., 16 x 23.5 cm. Approximativement, \$12.00.

Est-il un seul texte d'écologie publié au cours des dernières années qu'on puisse qualifier de stimulant? Dans la plupart des cas, on se trouve en présence d'une compilation dont l'ampleur et la densité sont censés mesurer le succès de l'auteur. "Ecology and Resource Management" est un texte d'écologie bien différent, tout à fait emballant.

Le problème est clairement énoncé: Watt essaie de combiner et d'unifier autour de quelques principes écologiques et de certaines méthodes d'analyse les efforts et les idées d'entomologistes, de forestiers, de biologistes de la faune, d'agronomes, bref, de tous ceux dont la préoccupation est la conservation et l'utilisation rationnelle des ressources renouvelables. Le but avoué du texte est de servir d'ouvrage de référence dans un cours pré-gradué en aménagement des ressources. Cet objectif est peut-être un peu ambitieux et je doute qu'il y ait beaucoup de pré-gradués, où que ce soit, capables d'en tirer pleinement profit.

L'auteur groupe 13 chapitres sous quatre chefs principaux, en donnant d'abord, une définition du problème, suivie de trois sections intitulées *la théorie de l'aménagement*, *les principes* et, finalement, *les méthodes d'aménagement des ressources*.

Évidemment, pour qui s'intéresse à la productivité soutenue des ressources, toute oscillation dans leur abondance, qu'elle soit prévisible ou non, présente un intérêt énorme. Pour cette raison, Watt consacre plusieurs pages à ces phénomènes: oscillations cycliques dans l'abondance des animaux à fourrure, explosion dans les nombres de certains insectes nuisibles, problèmes d'épidémiologie, etc. Watt consacre aussi beaucoup de place aux théories et aux modèles de prédation (et parasitisme) mis au point par Holling en particulier. Enfin, comme le sous-titre nous l'annonçait, la présentation de modèles et de résultats obtenus par simulation à l'aide d'ordinateurs occupe une place importante. Aussi certains chapitres sont-ils difficiles et demandent-ils passablement de préparation en mathématiques et en techniques de traitement des données.

Le livre de Watt est extrêmement utile en tant que synthèse de problèmes rarement discutés, si ce n'est de façon très superficielle, dans les textes de ce calibre: patron de développement des épidémies, phénomènes de l'extermination d'une espèce animale, con-

trôle des insectes nuisibles (ou, on pourrait dire, stratégie de l'insecte nuisible en présence de l'entomologiste), ou supériorité des Ongulés indigènes sur le bétail domestique dans les grandes plaines d'Afrique, etc.

Le ton du texte est parfois spéculatif mais reste toujours stimulant. Le style est direct et sans ambiguïté. Sans être à l'affût des erreurs, j'en ai décelé deux dans le seul tableau 9.2. Quiconque a vu la densité de symboles et d'équations caractérisant ce volume comprendra pourquoi je suggère qu'un peu de prudence à cet égard puisse être appropriée.

Enfin, qu'on puisse faire voisiner avec autant d'aise les phénomènes reliés à la biologie et à la dynamique des populations de baleines et ceux reliés au développement épidémique de la peste bubonique, voilà qui est rassurant et révélateur tout à la fois. L'écologiste découvre de plus en plus l'unité de son champ de recherches et de sa perspective sur le monde vivant.

Jean BÉDARD

CANIVENC, R., 1968. **Cycles génitaux saisonniers de mammifères sauvages**. Collection : "Entretiens de Chizé", série physiologie no 1. Masson, Paris, 168 p. 10 tableaux, 70 figures, 16,5 x 24. Broché, 46F.

Cette nouvelle publication annuelle « Entretiens de Chizé », publiée sous la direction du professeur R. Canivenc, est consacrée à la biologie des animaux sauvages. Le Centre d'études biologiques des animaux sauvages a été créé à Chizé (Deux-Sèvres, France) au cours de ces dernières années, pour favoriser l'étude des animaux dans leur milieu naturel. Aujourd'hui, le centre de Chizé avec ses moyens déjà considérables, ses 5,000 hectares de forêts dont 2,500 parfaitement clôturés, sa faune facile à observer, est unique en Europe et connaîtra un grand et rapide développement puisqu'il répond au désir formulé par un grand nombre de biologistes. Le Centre national de la recherche scientifique s'intéresse activement à son développement ; aussi, en 1967, a-t-on décidé de tenir des colloques sur les travaux qui s'y poursuivent, afin de favoriser des confrontations annuelles entre les chercheurs intéressés à la faune et de permettre ainsi des échanges interdisciplinaires dans les champs d'activité consacrés à la physiologie de la reproduction et à l'écologie.

Cette publication est donc destinée à présenter des travaux d'actualité, selon des thèmes définis à l'avance par un comité directeur. La direction souligne que les discussions qui découlent de la présentation des travaux seront publiées *in extenso* après chaque rapport. On estime que le lecteur peut y trouver des idées pour l'orientation de ses recherches ou faire le point des critiques indispensables à tout progrès scientifique dans le domaine.

Deux séries sont prévues, l'une consacrée à la physiologie, l'autre à l'écologie-éthologie. Le premier numéro des « Entretiens de Chizé » traite des cycles génitaux saisonniers des mammifères sauvages. On y trouve des documents sur le cycle d'animaux de divers groupes : primates, petits rongeurs, artiodactyles, fissipèdes, cheiroptères, insectivores et édentés.

L'avant-propos du professeur P.-P. Grassé et les conclusions du professeur R. Courrier soulignent l'importance des travaux à réaliser sur des espèces peu connues et incitent les chercheurs à étendre leurs connaissances dans ces domaines.

La diversité des exposés, l'abondance et l'intérêt des discussions susciteront chez les biologistes des considérations utiles pour l'orientation de leur recherche chez les animaux sauvages.

G.-Wilfrid CORRIVAUT

EYRE, S. R., 1968. **Vegetation and Soils. A World Picture.** 2ième éd., 328 p., 32 tab., 30 fig. Aldine Publish. Co., Chicago. 15.0 x 23.5 cm. Relié, \$8.95.

Entre 1962, l'année de la publication de la première édition de ce livre et 1967 où fut terminée la deuxième, l'auteur a considérablement amélioré son texte complétant plusieurs chapitres, en modifiant d'autres et en augmentant de plusieurs titres sa bibliographie. Le volume reste destiné aux étudiants des premières années de l'université, cependant, selon l'opinion de l'auteur lui-même, il peut maintenant être considéré comme volume de référence. Le livre est divisé en 4 parties et 21 chapitres. Il est augmenté de 3 appendices : un cartographique, un des données climatiques et un glossaire de termes techniques. De plus on y trouve une bibliographie comptant 86 titres et un index des matières.

La première partie sert d'introduction. Elle traite du développement de la végétation et du sol en conditions naturelles et sous l'effet de l'influence humaine. Puis, vient la deuxième partie, la plus développée, sur la végétation et les sols extratropicaux, des forêts, de la toundra, des formations herbeuses et semi-désertiques. La troisième partie est consacrée aux Iles Britanniques, la quatrième aux régions tropicales. Cette dernière partie contient des chapitres sur la forêt tropicale humide, les forêts tropicales saisonnières, les forêts microphylles, les semi-déserts et les déserts, les savanes et la végétation des montagnes tropicales. Quelques chapitres comportent, en plus de la description de la végétation et des sols, des considérations sur l'occupation humaine et ses possibilités. Ces considérations ajoutent une nouvelle dimension au volume qui peut être recommandé non seulement aux étudiants intéressés en écologie et en pédologie mais aussi aux géographes et à tous ceux que préoccupent les problèmes de développement des ressources à l'échelle mondiale.

Miroslav M. GRANDTNER

JOLY, P., 1968. **Endocrinologie des Insectes.** Coll. "*Les grands problèmes de la Biologie*". Masson et Cie, Paris, 344 p., 140 fig. (16.5 x 24.5). Volume cartonné toile demi-souple. Prix 96F.

Tous les scientifiques du monde sont actuellement suffoqués sous l'accumulation énorme d'information que diffusent, à chaque jour, de nombreuses publications. Physiologiquement, ils doivent renoncer à posséder non seulement le savoir de leur temps, mais aussi l'ensemble d'une grande discipline telle que la Biologie.

Les éditeurs Masson et Cie ont recherché les moyens de fournir à l'homme de Science un abrégé français de connaissances tenues pour importantes ; sans leur faire subir une simplification excessive dont la vérité a toujours à souffrir. Ils ont réussi à combler cette lacune en confiant à la compétente direction du Professeur P.-P. Grassé, la publication de la récente collection, « *Les grands problèmes de la Biologie* ».

La septième monographie de cette collection est rédigée par un spécialiste de grande classe dans le domaine de l'endocrinologie des insectes, le professeur Pierre Joly de l'Université de Strasbourg.

Si l'endocrinologie des Vertébrés a fait l'objet de nombreux ouvrages de tous niveaux, il n'en est pas de même de celle des Insectes. Ce livre qui n'a pas encore d'analogue en français vise à mettre à la disposition du lecteur, l'essentiel de nos connaissances actuelles dans ce domaine. Il faut rappeler que de telles synthèses sur ce sujet avaient été présentées dans d'autres langues soit par V.J.A. Novak¹ de Tchécoslovaquie et par M. Gersch de Leipzig, Allemagne².

Au cours de l'exposé des deux premiers chapitres, le professeur Joly rappelle brièvement les notions essentielles sur l'anatomie des organes endocriniens de l'insecte, sur leur structure histologique et leur ultrastructure et ceci, dans la mesure où leur connaissance est nécessaire à la compréhension des mécanismes physiologiques.

L'essentiel du livre est consacré à l'étude du contrôle des grandes fonctions physiologiques de l'insecte par les mécanismes endocriniens. Ces grandes fonctions sont : la mue, la métamorphose et la reproduction. Il est naturellement impossible de donner une analyse détaillée de ces trois chapitres importants qui réunissent une documentation considérable en tenant compte des récentes découvertes.

Le chapitre consacré aux phénomènes de la mue expose les connaissances acquises sur le mode d'action des hormones de la mue après un bref rappel de ses principales phases ainsi qu'un schéma général de son déterminisme hormonal.

L'influence des sécrétions hormonales des *corpora allata* pendant la métamorphose de l'insecte est discutée dans le quatrième chapitre ; une étude critique des récentes découvertes sur l'hormone juvénile et la compétence de l'effecteur complète le chapitre.

Plusieurs chercheurs apprécieront la bonne synthèse des principaux travaux traitant de la régulation de l'activité génitale de l'insecte par la fonction gonadotrope des organes endocriniens de l'insecte.

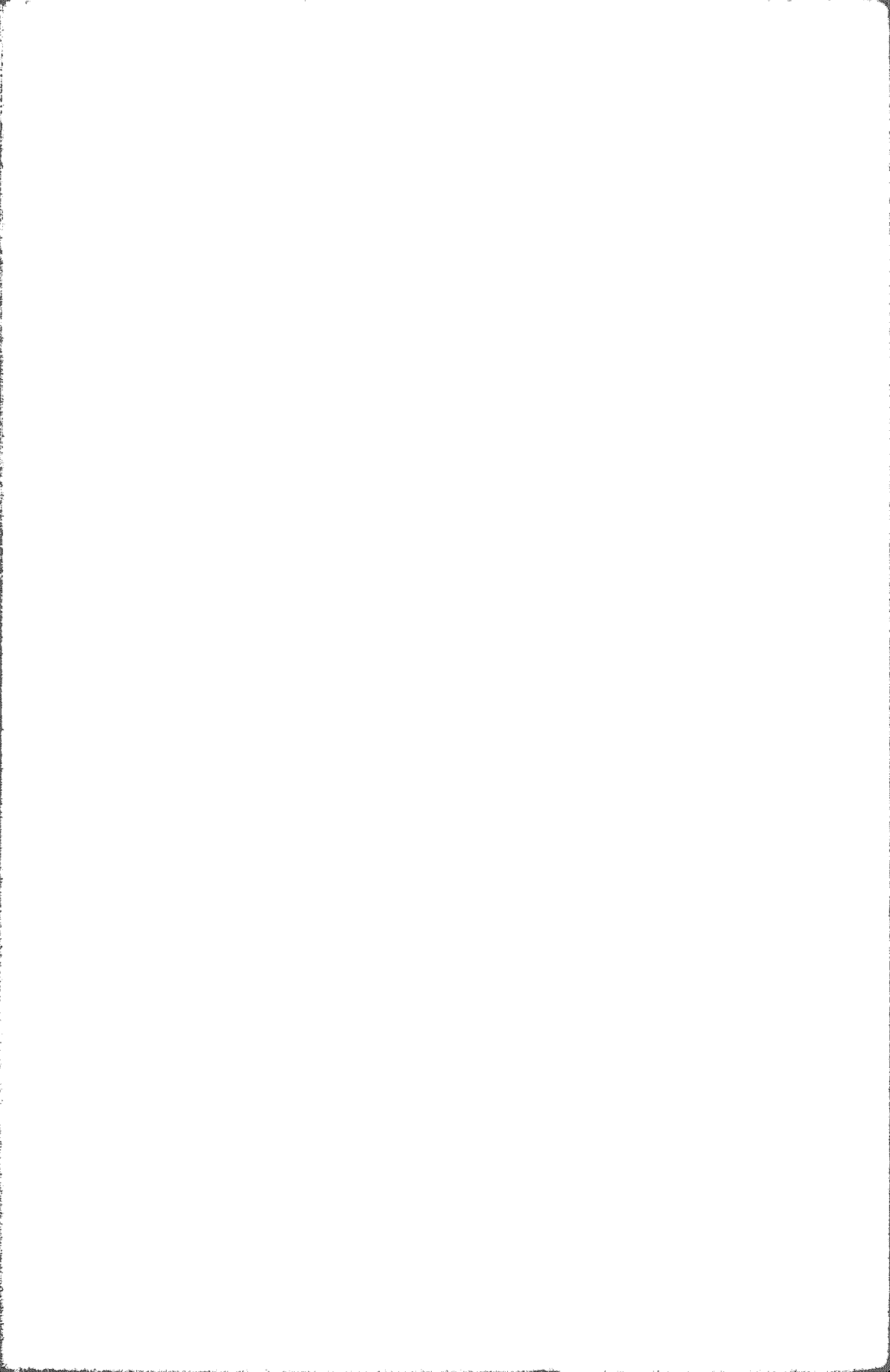
Enfin toutes les autres fonctions telles que le maintien de la constance au milieu intérieur, l'activité de la musculature des organes internes, l'adaptation chromatique, la différenciation sexuelle sont brièvement étudiées.

Cette mise au point du professeur Joly, par l'importance des sujets abordés, le nombre et la valeur des travaux mentionnés dans les 22 pages de la bibliographie en fait une oeuvre capitale pour l'endocrinologue, le physiologiste et l'entomologiste parce qu'elle leur donnera une idée assez fidèle de l'état actuel des connaissances sur l'endocrinologie des insectes.

1. Novak, V.J.A. – Insect Hormones, Methuen & Co. Londres, 1966.

2. Gersch, M. Vergleichende Endokrinologie der wirbellosen Tiere Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig, 1969.

G.-Wilfrid CORRIVAULT



REVUES PUBLIÉES PAR L'UNIVERSITÉ LAVAL

RECHERCHES SOCIOGRAPHIQUES

Revue publiée par le département de sociologie et d'anthropologie de l'université Laval avec le concours du Centre de Recherches sociales. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$2.00 (3 numéros par an).

LAVAL THÉOLOGIQUE ET PHILOSOPHIQUE

Publiée par les facultés de théologie et de philosophie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$4.00, à l'étranger \$4.50, le numéro: \$2.00 (2 numéros par an).

SERVICE SOCIAL

Publiée par l'école de service social de l'université Laval. Elle traite de travail social, de bien-être, de médecine, de psychiatrie et de psychologie, de législation, d'administration publique et de sociologie. Abonnement annuel: au Canada \$3.00, à l'étranger \$3.50, le numéro: \$1.25 (3 numéros par an).

CAHIERS DE GÉOGRAPHIE DE QUÉBEC

Publiée par l'Institut de géographie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$8.00, le numéro: \$3.00 (3 numéros par an).

RELATIONS INDUSTRIELLES / INDUSTRIAL RELATIONS

Publiée en français et en anglais par le département des relations industrielles de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro: \$1.50 (revue trimestrielle).

L'ORIENTATION PROFESSIONNELLE / VOCATIONAL GUIDANCE

Publication officielle de la Corporation des Conseillers d'orientation professionnelle du Québec. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$1.25 (5 numéros par an).

Pour abonnements, s'adresser au
Service des revues,
LES PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL,
C.P. 2447, Québec 2.

Sommaire

L'habitat du <i>Carex laxiculmis</i> Schwein. et du <i>Woodsia obtusa</i> (Spreng.) Torr. à Frelighsburg (Missisquoi), Québec	LIONEL CINQ-MARS	157
Les hybrides intergénériques <i>Aster</i> × <i>Solidago</i>	JEAN-PAUL BERNARD	167
Étude du pigment rouge isolé des fruits d' <i>Actaea rubra</i> Wild	G. FAVREAU, Y. RAYMOND, J. MASQUELIER	191
Technique histochimique pour l'étude de la polyphénoloxydase dans le xylème de l'orme d'Amérique	CAMILIEN GAGNON	203
Caractères cultureux et cytologiques de quelques espèces rangées par Bourdot et Galzin et d'autres auteurs dans le genre <i>Phaeolus</i> (Polyporacées)	ALIX DAVID	211
L'effet d'une éclaircie sur la croissance quinquennale d'un peuplement de sapin baumier âgé de 15 ans	PAUL-E. VÉZINA et RENÉ-A. DOUCET	225
Sur trois <i>Himalopsyche</i> d'URSS (Trichoptères, Rhyacophilides)	F. SCHMID	243
Sur la position taxonomique du genre <i>Jafnea</i> Korf	P. BERTHET et R.P. KORF	247
COMMUNICATIONS BRÈVES		
Preliminary observations on nitrogen losses through ammonia volatilization following urea fertilization of soil in a jack pine forest	B. BERNIER, D. CARRIER, and W.A. SMIRNOFF	251
Ethylene production with accompanying respiration rates from the time of blossoming to fruit maturity in three <i>Vaccinium</i> species	F.R. FORSYTH and I.V. HALL	257
NOTE TECHNIQUE		
A guide for the application of dark field microscopy for routine diagnosis in insect pathology	W.A. SMIRNOFF	261
REVUE DES LIVRES		277



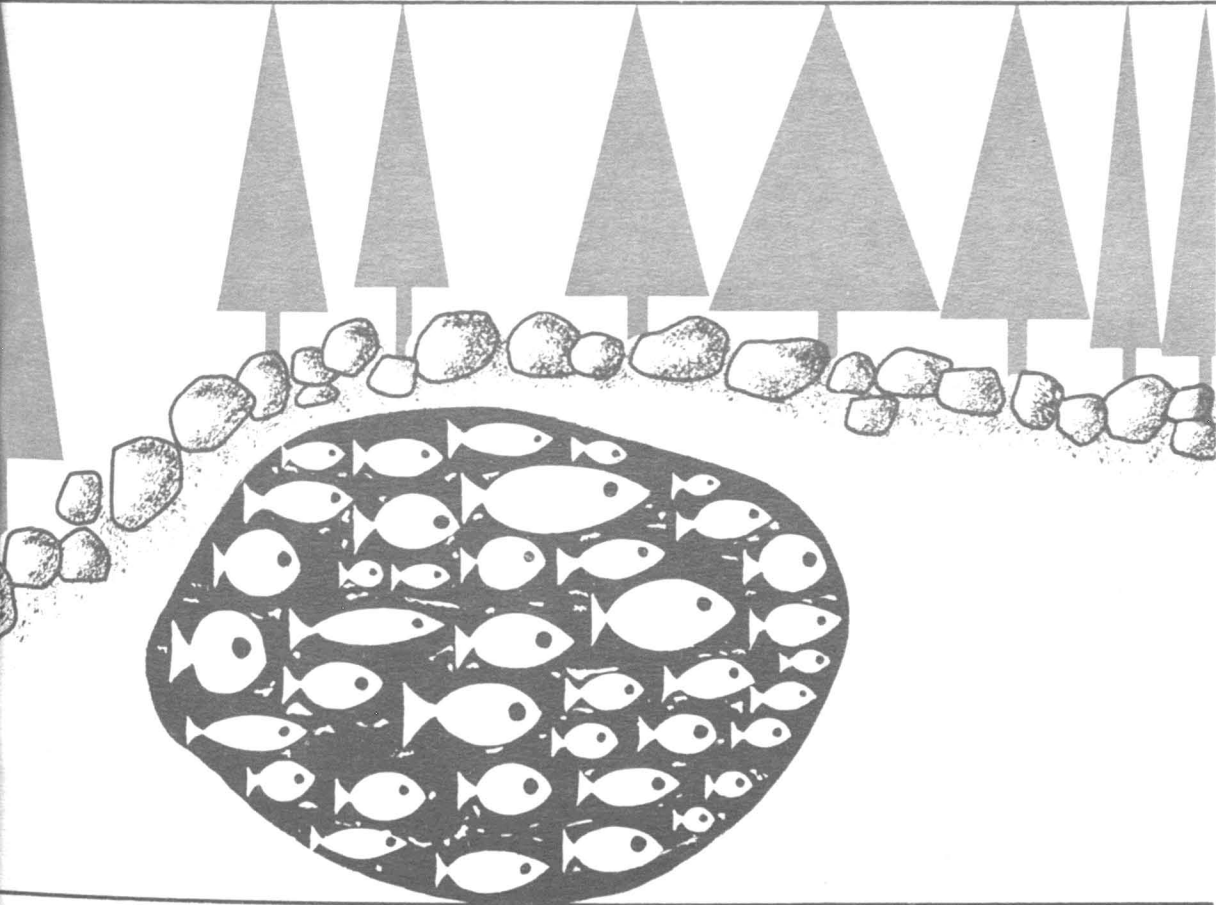
Volume 96,

N° 3,

mai - juin 1969

PROPRIÉTÉ DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU MINISTÈRE DES TERRES ET
FORÊTS DU QUÉBEC.

e naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR

G.-WILFRID CORRIVAUT

DIRECTEUR-ADJOINT

MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

GUY LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*

RENÉ BÉIQUE, *Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Université Laval*

PAUL BERTHET, *Faculté des sciences
de Lyon*

LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*

MICHEL DELSOL, *Faculté catholique
de Lyon*

LLOYD M. DICKIE, *Institut océano-
graphique de Bedford*

ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*

PAUL GERVAIS, *Université Laval*

ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire
naturelle de Paris*

WILLIAM S. HOAR, *Université de la
Colombie-Britannique*

ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*

VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*

GASTON MOISAN, *Université Laval*

A. C. NEISH, *Conseil national des recher-
ches du Canada, Halifax*

W. E. RICKER, *Office des recherches sur
les pêcheries du Canada*

D. M. ROSS, *Université d'Alberta*

HENRI TINTANT, *Faculté des sciences
de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec (2^e), Québec

Abonnement annuel

au Canada : \$ 6.00 — à l'étranger : \$ 7.00 — le numéro : \$ 1.50

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétaire de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec (10^e), Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Ministère des Affaires culturelles du Québec.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 96

Mai-Juin 1969

N° 3

BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DE *PANDALUS MONTAGUI* LEACH (DECAPODA NATANTIA). I. DISTRIBUTION ET MIGRATIONS, À GRANDE-RIVIÈRE (GASPÉ), QUÉBEC^{1,2}

RICHARD COUTURE

Station de biologie marine, Grande-Rivière (Gaspé), Québec

et

PIERRE TRUDEL

Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec

Résumé

A Grande-Rivière, nous observons la présence de *Pandalus montagui* dans des eaux dont les températures varient de -0.6°C à 14°C . Toutefois l'abondance relative diminue fortement lorsque la température de l'eau au fond dépasse 6°C .

P. montagui préfère les fonds sableux aux fonds vaseux. On remarque une diminution de 90% dans les captures lorsque le substrat change de sableux à vaseux.

Nous observons une ségrégation dans la population. A 15 brasses, la population est composée d'immatures. Les adultes se trouvent à 45 brasses. Avec l'augmentation de la température dans la zone supérieure, on remarque une migration vers les zones inférieures plus froides. L'impulsion reproductrice semble compléter l'action de la température dans le processus de déclenchement de migrations. Ces migrations ne se font que dans un sens.

A Grande-Rivière, la stratification thermique et la texture du substrat déterminent des biotopes caractérisés particulièrement par la dominance d'une espèce de crevettes. Nous avons observé que trois espèces, soit *P. montagui*, *P. borealis* et *Eualus macilentus*, sont dominantes chacune dans un milieu caractéristique au point de vue de la température de l'eau et de la texture du fond.

Abstract

The *Pandalus montagui* is observed at Grande-Rivière where the temperature of the waters ranges from -0.6°C to 14°C . However, the

1. Travail rendu possible grâce au concours de la Station de biologie marine de Grande-Rivière (Direction générale des pêcheries du Québec).

2. Travaux sur les pêcheries du Québec, n° 27, Direction des pêcheries, Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec.

relative abundance of the species is greatly reduced when the temperature of the bottom waters exceeds 6.0° C.

P. montagui shows a preference for sandy over muddy bottoms. A decrease of 90% in the catches is noted when the bottom changes from sandy to muddy.

A segregation of the population is noted. The immatures aggregate at 15 fathoms while the adults go to 45 fathoms. As the temperature of the surface waters rises a migration toward deeper waters occurs. The sexual urge appears to complement the action of temperature in triggering off migrations. These are in one direction only.

At Grande-Rivière, thermal stratification and the texture of the bottom determine biotopes particularly characterized by the dominance of a species of shrimps. We observed that only three species, i. e. *P. montagui*, *P. borealis* and *Eualus macilentus* are dominant, each in a characteristic milieu from the point of view of water temperature and texture of the bottom.

Introduction

Tout en poursuivant notre inventaire des crevettes des eaux du Québec (Couture et Trudel, 1968), nous avons étudié en particulier la biologie de *Pandalus montagui* Leach dans le but d'en connaître la distribution et les migrations. Bien que cette espèce soit abondante, elle demeure encore peu connue de ce côté-ci de l'Atlantique.

Pandalus montagui est une espèce boréosubarctique (Stephensen, 1935). Elle appartient à l'épifaune archibenthique propre à l'Atlantique Nord (Ekman, 1953). Dans le Pacifique Nord (de l'Alaska au sud de la Colombie-Britannique), une sous-espèce, *Pandalus montagui tridens* Rathbun lui correspond.

Présente sur les côtes de l'Europe, *P. montagui* se retrouve de la mer Blanche et de la mer de Barentz (Kutnetsov, 1964) jusqu'au sud de l'Angleterre; elle abonde surtout autour des îles Britanniques, dans la Manche et la mer du Nord. On la rencontre également dans le Shagerrak, le Kattegat et dans la partie ouest de la mer Baltique. On en trouve aussi autour de l'Islande et des autres îles de l'Atlantique Nord.

Sur la côte ouest de l'Atlantique, *P. montagui* se retrouve du Cap Cod à la côte ouest du Groenland. Au cours de nos recherches, nous l'avons trouvée en quantité appréciable dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. Squires (1965) signale son abondance autour de Terre-Neuve. Elle est présente sur les côtes du Labrador et dans la baie d'Ungava. Toutefois on ne la rencontre pas à l'ouest du canal de Foxe. Selon Grainger (communication personnelle, 1965) son absence au-delà de cet endroit serait due aux températures trop basses des eaux polaires.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

Les trois premiers auteurs qui traitent de la biologie de *P. montagui* sont Murie (1903), Wollebaek (1908) et Kemp (1910). Les travaux de Murie furent faits dans l'estuaire de la Tamise, ceux de Wollebaek en Norvège et ceux de Kemp en Irlande.

Mistakidis (1957) publie un travail très complet sur la biologie de *P. montagui* de l'estuaire de la Tamise, complétant ainsi celui de Murie (1903). Allen (1963) décrit la biologie et le comportement de cette crevette sur les côtes du Northumberland en Écosse. Squires (1965) rassemble des observations sur *P. montagui*, sur la côte ouest de l'Atlantique, autour de Terre-Neuve.

Allen (1959) note que les différences de température et de salinité dans les diverses parties de l'aire de distribution de *Pandalus borealis* semblent entraîner des variations dans le comportement et la biologie de cette espèce. L'observation d'Allen peut également s'appliquer à *P. montagui*. Selon Mistakidis (1957), les populations de *P. montagui* habitant l'estuaire de la Tamise peuvent supporter des températures variant entre 0.5°C et 20.0°C. Toutefois, les plus grandes concentrations de cette crevette se rencontrent aux températures de 4°C à 13°C. Sur les côtes du Northumberland (Écosse), Allen (1963) observe une préférence de *P. montagui* pour des eaux dont la température varie entre 4°C et 12°C. Malheureusement, il y a un manque de données concernant la température et la distribution de *P. montagui* plus au nord sur les côtes européennes. Dans les eaux de la Nouvelle-Angleterre, Wigley (1960) trouve les plus grandes concentrations de cette espèce aux températures de 6°C à 10°C. Beaucoup plus au nord, dans la baie d'Ungava, Squires (1957) observe la présence de *P. montagui* dans des eaux ayant des températures de -1.4°C.

La nature du fond joue un rôle important dans la distribution de *P. montagui*. Wigley (1960) note que cette espèce préfère les fonds de sable et de gravier aux fonds de boue riches en matières organiques. Allen (1963) trouve une plus grande abondance sur les fonds durs que sur les fonds de boue.

Le comportement migratoire de *P. montagui* a été étudié par plusieurs chercheurs. Kemp (1910) note que sur les côtes de l'Irlande, *P. montagui* se déplace vers les eaux profondes (20 à 30 brasses¹) à l'automne pour revenir à son point de départ au printemps. Les résultats de Murie (1903) et de Mistakidis (1957) pour l'estuaire de la Tamise rejoignent ceux de Kemp (1910). Selon Mistakidis (1957), ces migrations sont causées par des changements de température et de salinité, mais il observe également certains déplacements liés à la recherche de la nourriture pendant l'été. Allen (1963) observe une migration des jeunes individus de la zone de 20 brasses vers les

1. Une brasses égale 1.828 mètre.

eaux plus profondes au cours de l'automne. Il ne remarque pas de mouvement de retour.

Caractéristiques des lieux étudiés

Une partie de nos recherches consistait à analyser l'influence de la température et de la nature du fond sur la distribution de *P. montagui*; l'amplitude de variation de ces facteurs était déjà connue à Grande-Rivière et nous paraissait suffisante pour influencer sur la distribution de cette espèce. De là, notre choix de la région de Grande-Rivière (Gaspé).

Si on excepte une zone très abrupte comprise entre 75 et 85 brasses, la pente du fond à Grande-Rivière est modérée. La distance entre la première station située à 15 brasses et la dernière à 90 brasses est de six milles marins. Ceci donne une dénivellation moyenne de 1.5 pied par 100 pieds. La nature du fond est variable selon l'endroit. Du rivage à l'isobathe de 10 brasses, le faciès est rocheux. De 10 à 35 brasses, le fond est constitué de gravier. À 45 brasses, il se compose de gravier et de sable très fin. Les fonds de vase se rencontrent à plus de 50 brasses.

Les variations hydrographiques saisonnières au large de Grande-Rivière, en particulier la stratification thermique, sont bien connues. Des études ont été menées à cet effet pendant plus de 10 ans à la station 112. Cette station hydrographique se trouve à 48°21' de latitude nord et à 64°21' de longitude ouest, soit environ à cinq milles marins du quai de Grande-Rivière et à une profondeur de 52 brasses. Une compilation des résultats décennaux (Robert F. Boudreault, communication personnelle) montre que la température moyenne des eaux de surface est de 6°C en mai et de 15.6°C en août. À 15 brasses de profondeur, la température moyenne en mai est de 2.5°C; elle atteint en septembre un maximum de 8°C. À la profondeur de 25 brasses, la plus haute température moyenne enregistrée se retrouve en septembre; elle est alors de 4.2°C. Au-delà de 50 brasses, les variations saisonnières sont de l'ordre de 1°C.

Pour notre travail, les conditions hydrographiques au fond sont encore plus importantes que celles que nous venons de décrire concernant la stratification thermique. La figure 1 montre les températures enregistrées au fond, à chaque station, à chacune des croisières effectuées dans les parages de Grande-Rivière en 1965. L'écart maximum de température est observé à 15 brasses. En effet, de 1.5°C le 20 mai 1965, la température atteint un maximum de 13.8°C le 18 août pour redescendre à 9.1°C le 21 septembre. À 30 brasses, on enregistre le minimum de -0.5°C en mai et le maximum de 2.7°C en septembre, pour un écart maximum de 3.2°C. À partir de 45 brasses, les variations de température sont de l'ordre de 1°C. Pour des raisons techniques incontrôlables, nous n'avons pu obtenir de données de températures lors de notre croisière d'octobre. Nous utilisons donc les mesures faites à la date la plus rapprochée, soit le 21 septembre 1965.

TABLEAU I

Caractéristiques des stations et numéros de collection en 1965

Stations		Croisières					
Position		Profondeur (brasses)	20-21 mai	18 juin	19-20 juil.	19-20 août	12 oct.
Lat. nord	Long. ouest						
48°23'00"	64°27'30"	15	CR-101	CR-112	CR-122	CR-131	CR-139
48°22'45"	64°27'00"	30	CR-102	CR-113	CR-118	CR-132	CR-138
48°21'00"	64°24'30"	45	CR-103	CR-114	CR-119	CR-133	CR-137
48°20'00"	64°22'40"	60	CR-104	CR-115	CR-120	CR-130	CR-136
48°19'30"	64°21'50"	75	CR-105	CR-116	1	1	1
48°19'00"	64°21'10"	90	CR-106	CR-117	CR-121	CR-129	2

1. La station de 75 brasses se trouvait placée sur une pente abrupte, ce qui rendait l'échantillonnage difficile. Plusieurs essais en mai et en juin ne donnèrent aucun résultat ; voilà pourquoi on n'y fit plus de relevés à compter de juillet.
2. La station de 90 brasses ne fut pas visitée en octobre à cause du mauvais temps.

Matériel et méthodes

Les crevettes furent récoltées à l'aide d'un chalut à bâton. Nous avons choisi cet agrès de pêche pour sa robustesse et sa facilité d'emploi. Le modèle utilisé mesure dix pieds de largeur et deux pieds de hauteur. Le chalut est confectionné à l'aide d'un filet de nylon à mailles de 19 mm ($\frac{3}{4}$ pouce) et sa poche terminale est doublée intérieurement d'un deuxième filet de nylon à mailles de 6 mm ($\frac{1}{4}$ pouce). Cette précaution permet la capture des petits individus. Pour prévenir les accrochages, nous avons muni le bourrelet de rouleaux de caoutchouc, ce qui rendait du même coup notre chalut plus sélectif pour la capture des crevettes.

Pour éliminer dans les données toute variation rattachée à des facteurs impondérables du microhabitat, nous avons établi des stations fixes. Ces stations au nombre de six, sont placées à toutes les 15 brasses de profondeur, le long d'un transect partant du quai de Grande-Rivière et s'éloignant vers le large en suivant une course au compas de 164 degrés (Service hydrographique canadien, carte 4433; U.S. Navy Hydrographic Office, carte 1067). Au tableau I, nous donnons la position et la profondeur de chaque station, ainsi que les dates des croisières et les numéros de collection.

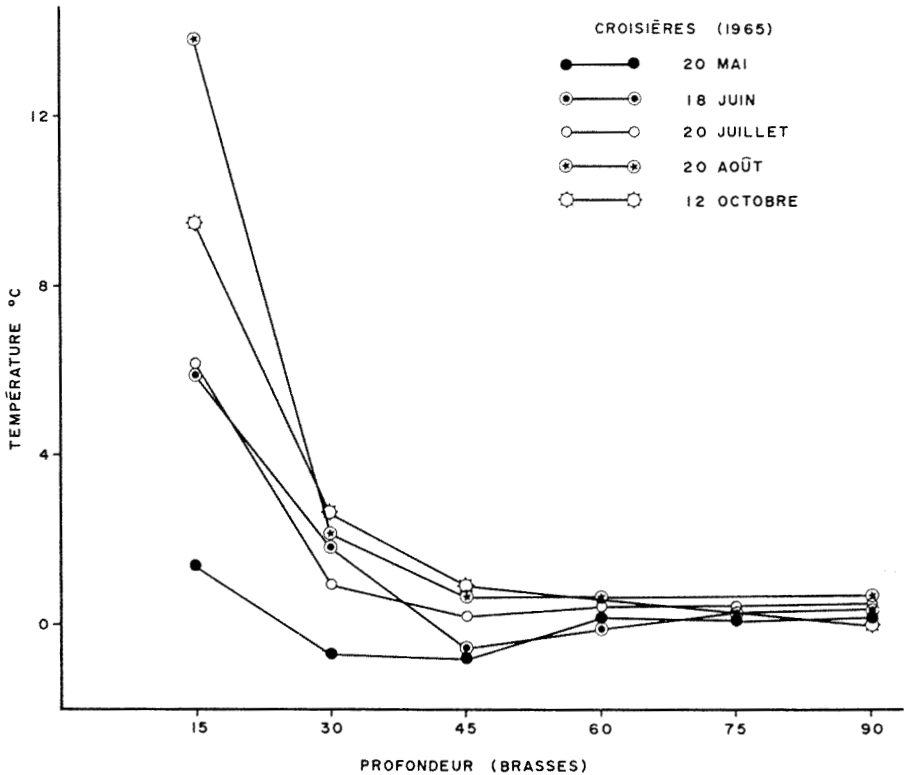


FIGURE 1. Grande-Rivière, variations saisonnières de la température de l'eau au fond selon la profondeur.

Résultats

DISTRIBUTION ET FACTEURS PHYSIQUES

A. Température

Au cours de nos travaux, nous avons constaté la présence de *P. montagui* dans des eaux dont les températures varient de -0.6°C à 14°C . Toutefois, l'abondance relative, c'est-à-dire le nombre de crevettes capturées par unité de temps, diminue lorsque la température dépasse 6°C . Nous connaissons très peu les limites physiologiques de tolérance de *P. montagui* aux températures extrêmes. En aquarium, il est impossible de conserver nos spécimens lorsque la température excède 16°C .

La zone de 15 brasses à Grande-Rivière est très influencée par les variations de température. Nous voyons à la figure 1, que ces variations sont de l'ordre de 0°C à 14°C . Parallèlement, les variations dans l'abondance de *P. montagui* sont grandes. Au tableau II, nous remarquons une diminution très nette du nombre de crevettes capturées par trait de chalut de 10 minutes, lorsque la température de l'eau au fond augmente de 1.5°C à 6°C . Entre les températures de 6°C à 14°C , c'est-à-dire du mois de juillet au mois d'octobre, la diminution est moins rapide. L'abondance relative durant cette période est d'ailleurs très faible.

TABLEAU II

Nombre de crevettes capturées par trait de chalut de 10 minutes en fonction de la température du fond, dans la zone de 15 brasses à Grande-Rivière en 1965

Stations	Nombre de crevettes capturées par trait de chalut de 10 mn	Température au fond ($^{\circ}\text{C}$)
CR-101 (21- 5-65)	316	1.5
CR-112 (18- 6 65)	54	6.0
CR-122 (20- 7-65)	11	6.2
CR-131 (21- 8-65)	4	13.8
CR-135 (12-10-65)	6	9.0

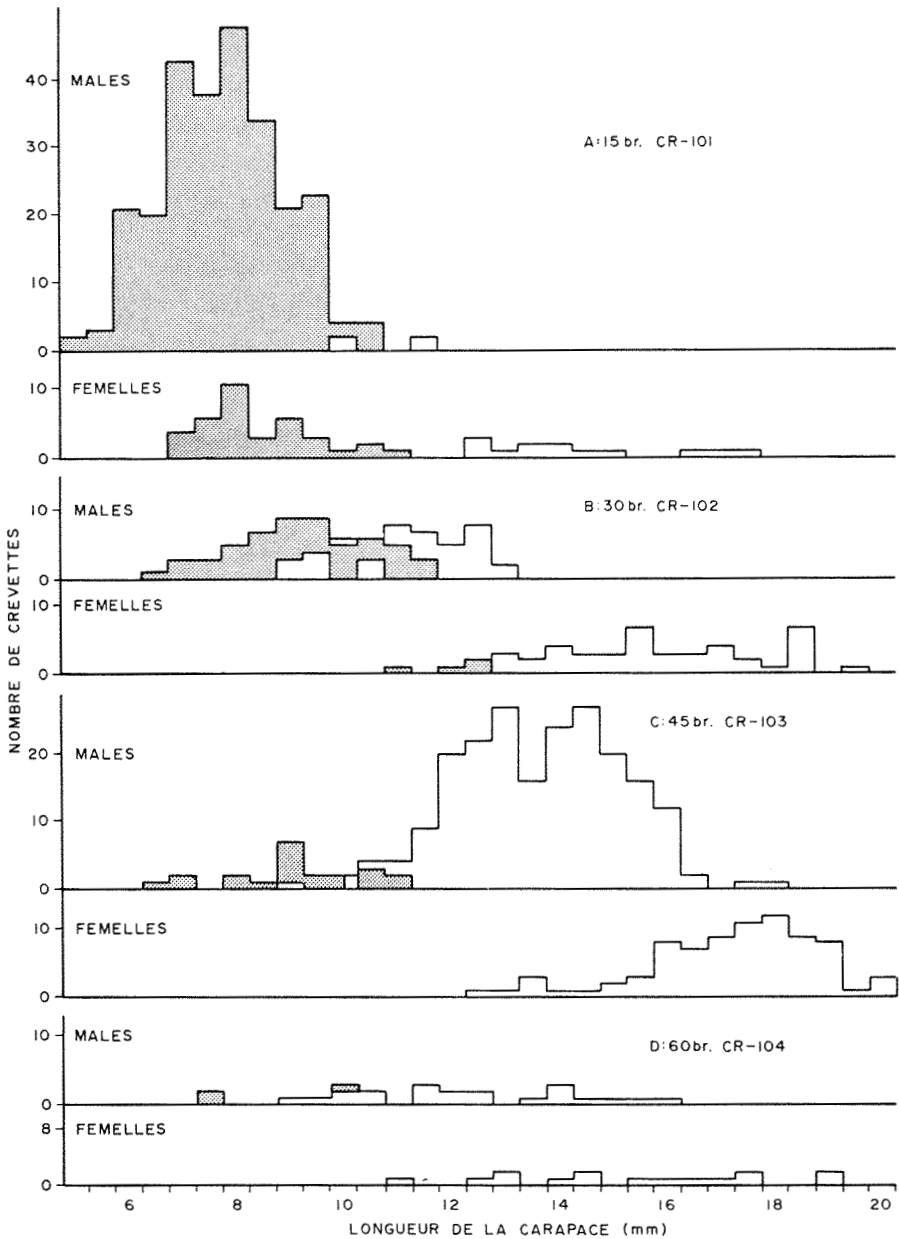


FIGURE 2. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 20-21 mai 1965. Relation entre la longueur de la carapace et la profondeur: A, 15 brasses; B, 30 brasses; C, 45 brasses; D, 60 brasses. Les histogrammes au pointillé réfèrent aux immatures; les autres, aux adultes.

B. Nature du fond

À Grande-Rivière, à partir de 45 brasses les fonds de vase remplacent progressivement les fonds de sable et de gravier. À 60 brasses, le substratum est composé d'argile et d'un très faible pourcentage de sable. On remarque au tableau III une différence constante entre le nombre de *P. montagui* capturés sur les fonds durs (45 brasses) et le nombre de spécimens recueillis sur les fonds mous (60 brasses). Lorsque la nature du fond change de sable à vase, il y a une diminution moyenne de 90% dans les captures. Les différences entre les quantités capturées sont très significatives. À 75 brasses, le nombre de *P. montagui* capturés avec le même effort de pêche est de 95% inférieur au nombre de spécimens capturés à 60 brasses.

TABLEAU III

Nombre de crevettes capturées sur les fonds durs (45 brasses) et sur les fonds de boue (60 brasses) à Grande-Rivière en 1965.

Croisières	45 brasses	60 brasses	Diminution
18 mai	287	43	85%
19-20 juin	726	126	83%
19-20 juillet	1093	60	95%
12 août	595	39	93%
20-21 octobre	698	76	89%
	3404	344	90%

MIGRATIONS

En étudiant la figure 2, correspondant aux échantillons récoltés les 20-21 mai 1965, nous observons une ségrégation dans la population. À 15 brasses (figure 2 A), la population se compose presque entièrement de mâles et de femelles immatures. La majorité des individus adultes, mâles et femelles, se retrouve à 45 brasses (figure 2 C). La jonction des deux noyaux se fait à 30 brasses (figure 2 B), car nous avons à cet endroit des immatures et des adultes des deux sexes en proportion à peu près égale.

Le 18 juin 1965, à 15 brasses (figure 3 A), nous notons une réduction importante du nombre total de *P. montagui* et la présence d'une plus grande proportion de jeunes mâles adultes. À 30 brasses (figure 3 B), il y a une

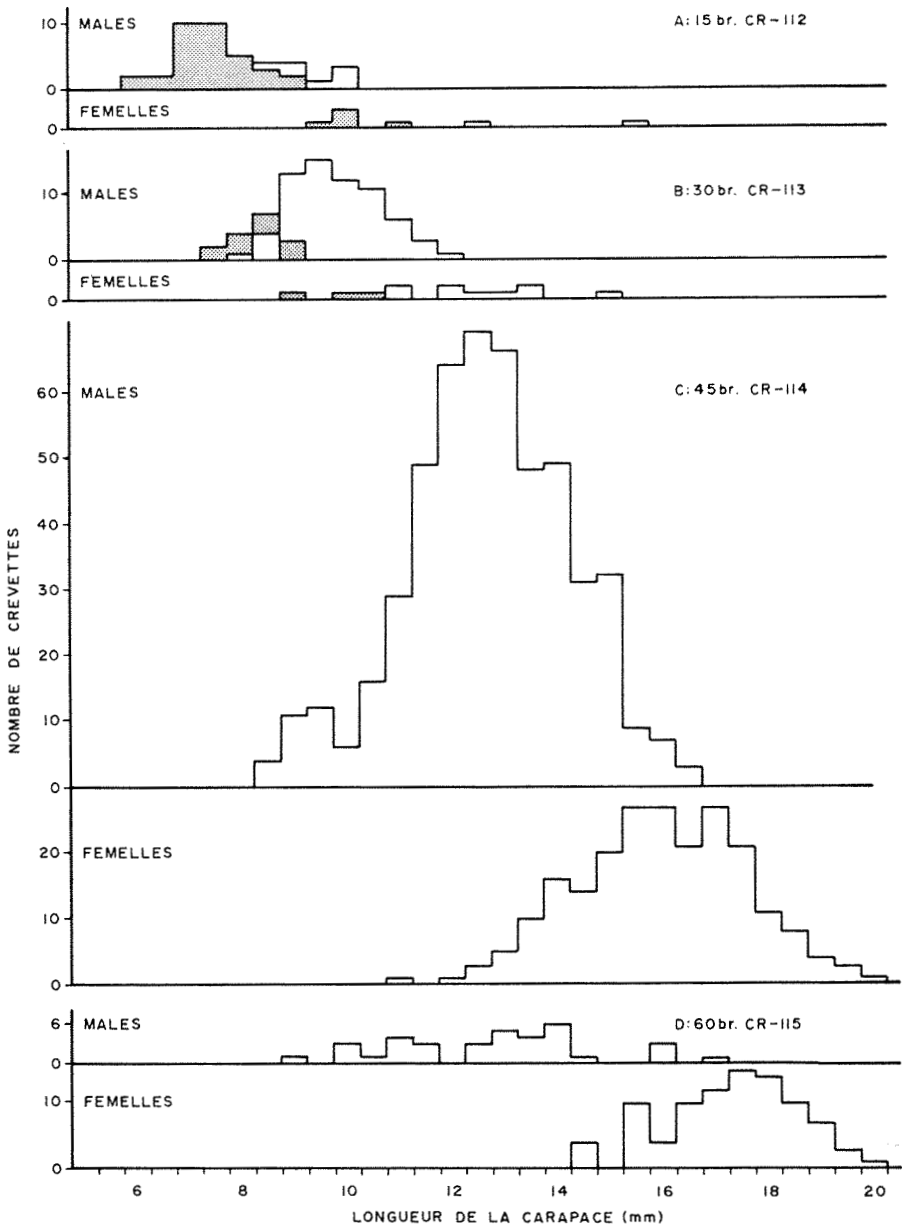


FIGURE 3. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 18 juin 1965. Relation entre la longueur de la carapace et la profondeur: A, 15 brasses; B, 30 brasses; C, 45 brasses; D, 60 brasses. Les histogrammes au pointillé réfèrent aux immatures; les autres, aux adultes.

augmentation de la population. Cette augmentation s'est faite surtout par l'arrivée de jeunes mâles adultes provenant de la zone de 15 brasses. Dans la zone de 45 brasses (figure 3 C), nous ne notons aucun changement appréciable. À 60 brasses (figure 3 D), le nombre de crevettes capturées a augmenté légèrement.

Le 20 juillet 1965, la zone de 15 brasses (figure 4 A) est presque complètement abandonnée par *P. montagui* et la population se concentre surtout à 30 (figure 4 B) et à 45 brasses (figure 4 C).

Les 20 et 21 août 1965, la structure de la population à 30 brasses (figure 5 B) s'est modifiée de façon appréciable. Il y a en effet une diminution du nombre de jeunes mâles adultes. Ces derniers, qui étaient en majorité dans la zone de 30 brasses en juillet, sont maintenant moins nombreux que les mâles immatures. À 45 brasses (figure 5 C), le nombre d'individus appartenant aux classes de longueur de 9.5 à 12.5 mm augmente. Les jeunes mâles adultes qui ont quitté la zone de 30 brasses appartiennent à ces classes de longueur.

Le 12 octobre 1965, il n'y a pas beaucoup de changement dans la population de 30 brasses (figure 6 B), si ce n'est que les mâles immatures présents en août dans cette zone sont depuis lors devenus adultes. À 45 brasses (figure 6 C), nous observons deux changements importants dans la structure de la population. On remarque que les mâles de la seconde et troisième année ont commencé à se transformer en femelles et que les mâles de la première année, qui étaient concentrés dans la zone de 15 brasses au mois de mai, sont rendus dans la zone de 45 brasses au mois d'octobre. Ceci est l'indice certain d'une migration.

Discussion et conclusion

À Grande-Rivière, il y a dans la zone de 15 brasses une corrélation assez étroite entre l'augmentation de la température et l'abandon de cette zone par *P. montagui* (tableau II). En 1965, nous avons fait quelques observations sur *P. montagui* à Rivière-au-Renard (Gaspé). Les températures enregistrées en cet endroit, à 25 brasses, étaient de 2.5°C à la fin du mois de juin et de 4.2°C à la mi-août. Le nombre de *P. montagui* capturés à ces deux occasions ne variait pas de façon significative. La comparaison des résultats obtenus à Rivière-au-Renard et à Grande-Rivière nous permet de croire qu'à ce dernier endroit, l'abandon de la zone par *P. montagui* peut être dû à l'augmentation de la température à plus de 6°C.

La différence entre le nombre de *P. montagui* capturés sur les fonds durs (45 brasses) et sur les fonds mous (60 brasses) (tableau III) est-elle due à un changement de la nature du fond? Ne pourrait-elle pas être causée par

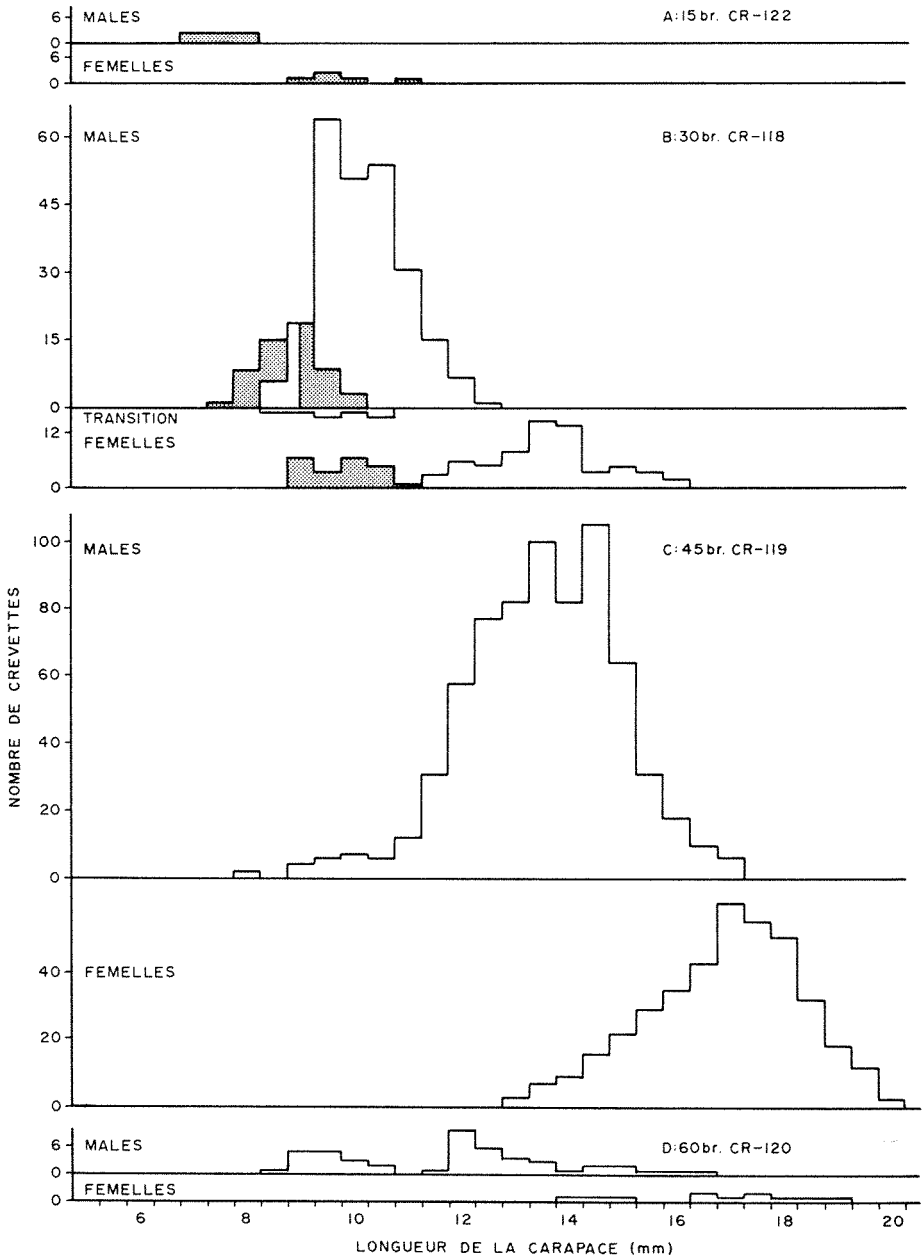


FIGURE 4. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière. 19-20 juillet 1965. Relation entre la longueur de la carapace et la profondeur: A, 15 brasses; B, 30 brasses; C, 45 brasses; D, 60 brasses. Les histogrammes au pointillé réfèrent aux immatures; les autres, aux adultes.

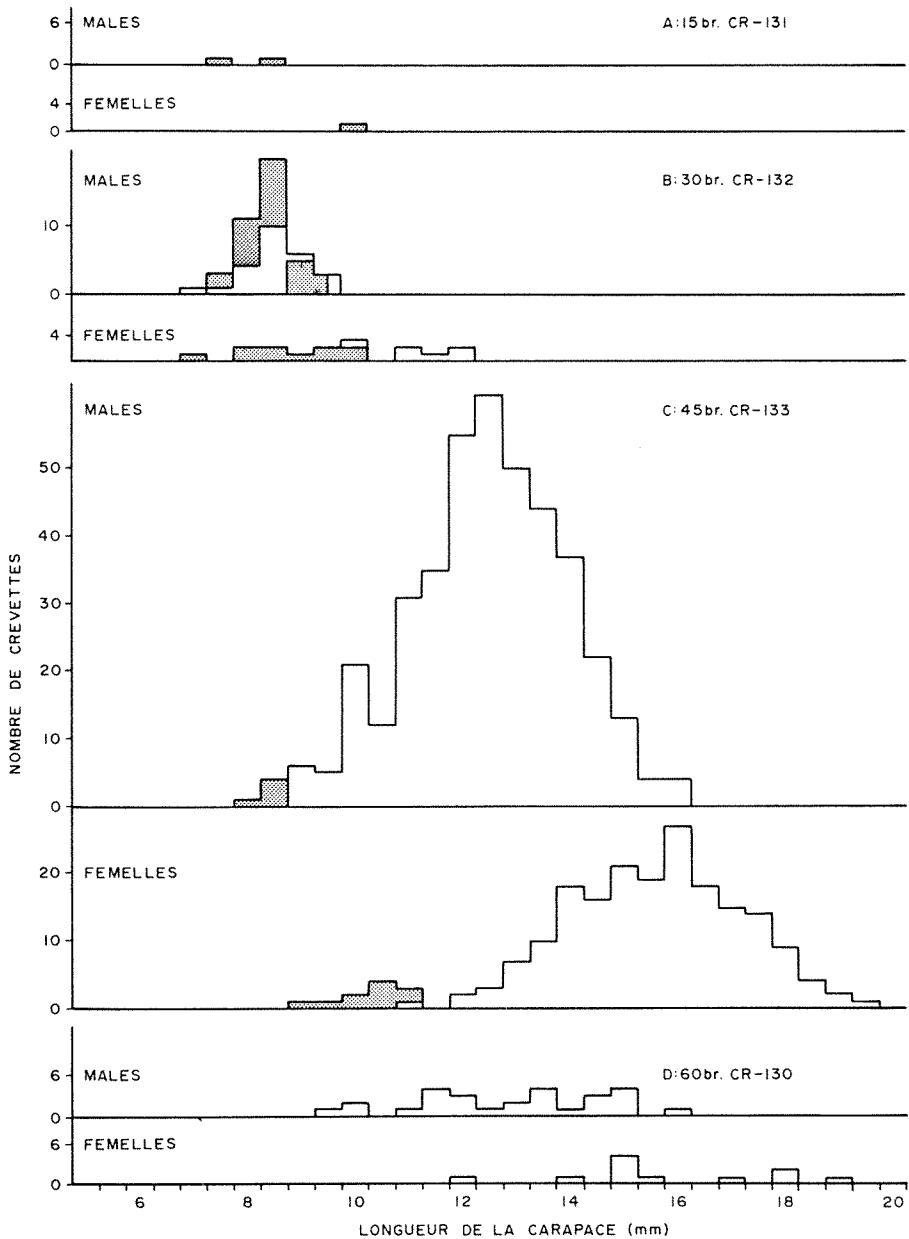


FIGURE 5. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 19-20 août 1965. Relation entre la longueur de la carapace et la profondeur: A, 15 brasses; B, 30 brasses; C, 45 brasses; D, 60 brasses. Les histogrammes au pointillé réfèrent aux immatures; les autres, aux adultes.

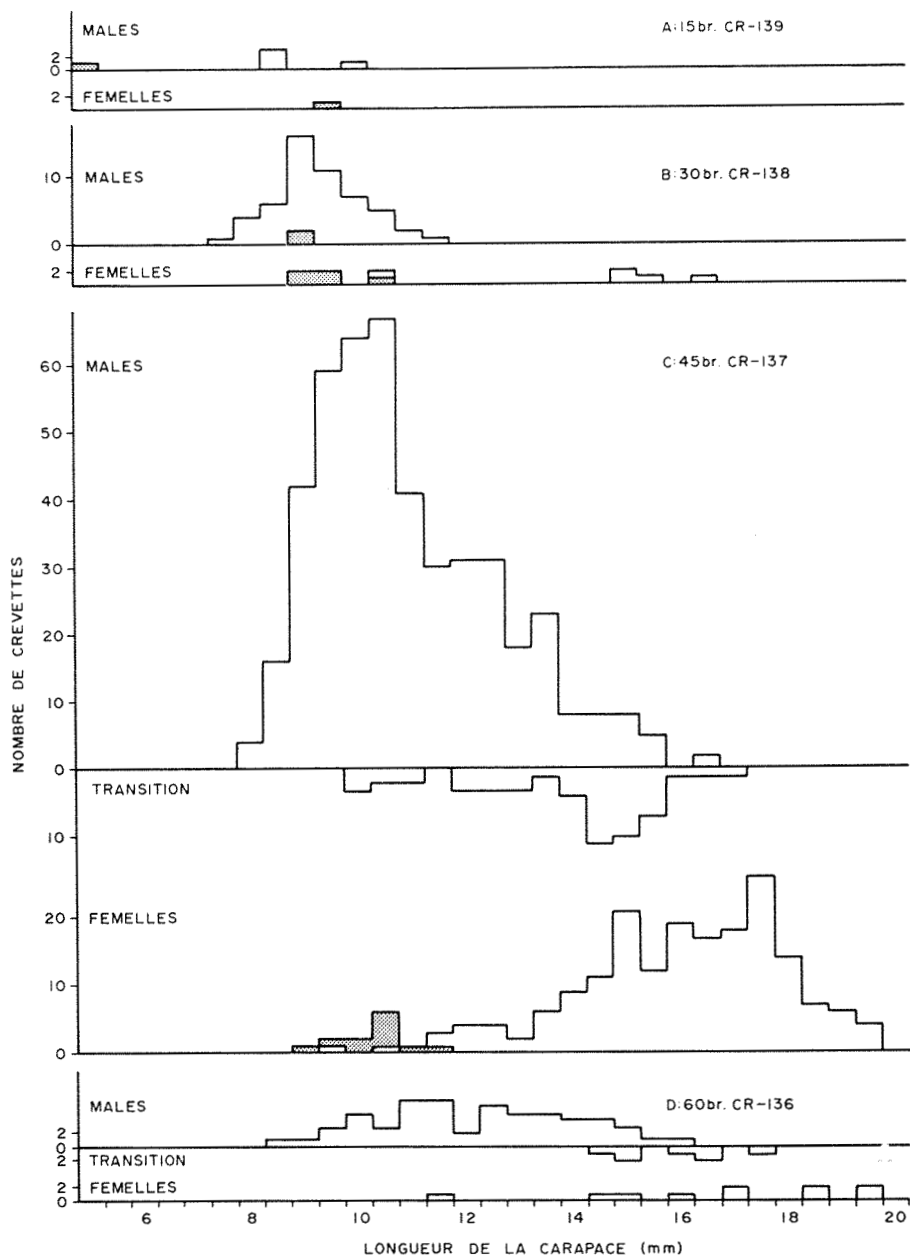


FIGURE 6. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 12 octobre 1965. Relation entre la longueur de la carapace et la profondeur: A, 15 brasses; B, 30 brasses; C, 45 brasses; D, 60 brasses. Les histogrammes au pointillé réfèrent aux immatures; les autres, aux adultes.

l'augmentation de la profondeur ou par des variations de température? Le facteur « profondeur » est hors de cause. À Rivière-au-Renard, nous rencontrons *P. montagui* en grand nombre jusqu'à plus de 100 brasses de profondeur. Les fonds durs se prolongent jusqu'à près de 120 brasses à cet endroit. Le facteur « température » peut également être écarté, car les températures enregistrées à 45 et à 60 brasses sont identiques à celles de Grande-Rivière, aux mêmes profondeurs (figure 1).

Dans le golfe Saint-Laurent, la stratification thermique produit un étagement de nappes d'eau de températures différentes (Hachey, 1961; Lauzier, 1960). Chacune de ces nappes d'eau peut baigner des types de fonds différents. La combinaison des facteurs écologiques, température et nature du fond, détermine des biotopes caractérisés particulièrement par la dominance d'une espèce de crevette. Nous avons observé que trois espèces, soit *P. montagui*, *P. borealis* et *Eualus macilentus*, sont dominantes chacune dans un milieu caractéristique au point de vue de la température de l'eau et de la nature du fond.

La zone à *Pandalus montagui* est caractérisée par des températures pouvant varier de 0°C à 6°C, ainsi que par des fonds de gravier et de sable. Dans les limites supérieures, la température peut être plus élevée, comme c'est le cas à Grande-Rivière. *Eualus macilentus* occupe une zone dont la température est quelquefois inférieure à 0°C et ne dépasse pas 3 ou 4°C, et dont les fonds caractéristiques sont de vase. La zone à *Pandalus borealis* est également caractérisée par des fonds vaseux. Les températures peuvent toutefois atteindre 8°C. Les jeunes *P. borealis* préfèrent des températures plus froides.

La pente du fond détermine l'existence de ces zones ainsi que leurs limites bathymétriques. Lorsque la pente est accentuée, il y a moins de sédimentation et, conséquemment, peu de fonds vaseux. Lorsque la pente est douce la sédimentation est plus prononcée et les fonds boueux, plus abondants. À Grande-Rivière, la zone à *P. montagui* s'étend du rivage jusqu'à plus de 50 brasses. On rencontre *E. macilentus* de 50 à 90 brasses. La zone à *P. borealis* est absente faute d'une nappe d'eau de température convenable. Certaines saisons, lorsqu'il y a pénétration d'eau plus chaude provenant des couches profondes du golfe, on rencontre *P. borealis* à Grande-Rivière. Toutefois, à plus de 50 brasses, *E. macilentus* demeure toujours l'espèce dominante. À Rivière-au-Renard, la zone à *E. macilentus* est absente faute de fonds vaseux et d'une température convenable. À cet endroit, on retrouve *P. montagui* jusqu'à plus de 100 brasses. La zone à *P. borealis* va de 100 à 200 brasses. Sur les pentes du banc des Américains, nous recontrons les trois zones, chacune ayant les caractéristiques déjà énoncées.

Les migrations observées à Grande-Rivière diffèrent beaucoup des migrations décrites par Murie (1903) et Mistakidis (1957). Ces chercheurs étu-

dièrent des populations d'estuaires soumises à de basses salinités et à des températures très variables. En général, un organisme supporte plus aisément une basse salinité lorsque la température est élevée (Broekhuysen, 1936; Panikkar, 1940; Gunter, 1945, 1950). Ceci explique les mouvements constatés chez *P. montagui* de l'estuaire de la Tamise vers des eaux peu profondes en été et plus profondes en hiver. Broekema (1942) décrit des migrations semblables chez *Crangon vulgaris* et conclut que ce comportement est relié à la recherche de fonds d'estuaires riches en nourriture pendant l'été.

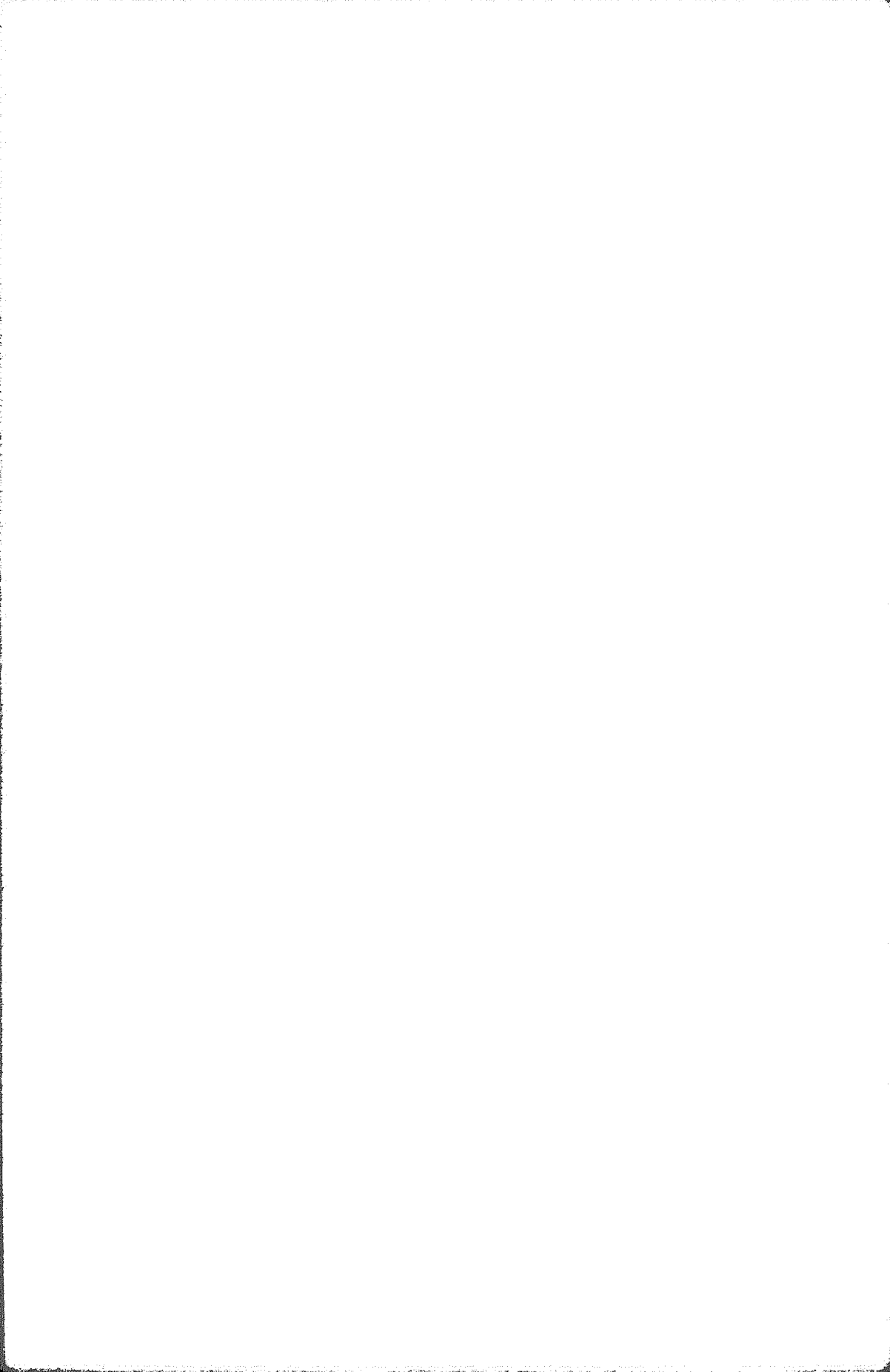
À Grande-Rivière, lorsque la température dépasse 5 à 6°C, il y a une migration importante de la population qui se trouve à 15 brasses, vers les eaux profondes plus froides. La température serait donc le principal facteur extrinsèque provoquant les migrations. Toutefois, les individus en migration ne semblent pas s'arrêter lorsqu'ils atteignent des températures favorables. En effet, à 30 brasses, la température est inférieure à 6°C et *P. montagui* se rend jusqu'à 45 brasses. Un autre facteur influencerait donc les migrations. On remarque qu'il y a une relation entre ces déplacements et la période de reproduction. En effet, la ponte commence en juillet, au moment où les migrations sont les plus évidentes. Nous remarquons également que les mâles venant d'arriver à maturité migrent plus tôt que les mâles immatures (figure 3 A; figure 4 B; figure 5 B). Donc, l'impulsion reproductrice compléterait l'action de la température dans le processus de déclenchement des migrations.

Dans son étude de *P. montagui*, Allen (1963) considère la présence de deux populations caractérisées par une proportion des sexes et une structure d'âge différentes. La première, composée en majorité de jeunes mâles, se situe dans la région de 20 à 30 brasses; la seconde, composée d'individus plus vieux, se trouve à 50 brasses. Allen a observé qu'une partie des individus de la zone supérieure (20-30 brasses) se déplaçaient vers la zone profonde. De prime abord, *P. montagui* se comporte de la même façon au début de l'été à Grande-Rivière : les jeunes se concentrent à 15 brasses et les individus plus âgés à 45 brasses. Toutefois, si nous suivons de près les déplacements des jeunes de la première année, nous notons qu'ils jouent un rôle important dans le recrutement de la population de 45 brasses. Nous devons donc considérer que tous les individus distribués du rivage à plus de 60 brasses font partie d'une seule population.

Références

- ALLEN, J.A., 1959. On the biology of *Pandalus borealis* Kroyer, with reference to a population off the Northumberland coast. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **38**: 189-200.
- ALLEN, J.A., 1963. Observations on the biology of *Pandalus montagui* (Crustacea: Decapoda). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **43**: 665-682.

- BROEKEMA, M.M.M., 1942. Seasonal movements and the osmotic behavior of the shrimp *Crangon crangon* L. *Archs néerl. Zool.*, **6**(1): 1-100.
- BROEKHUYSEN, G.J., 1936. On development, growth and distribution of *Carcinides maenas* (L.). *Archs néerl. Zool.*, **2** (2-3): 257-399.
- COUTURE, R. et P. TRUDEL, 1968. Les crevettes des eaux côtières du Québec: taxonomie et distribution. *Naturaliste can.*, **95**: 857-885.
- EKMAN, S., 1953. Zoogeography of the sea. London: Sidgwick & Jackson.
- GUNTER, G., 1945. Studies of marine fishes of Texas. *Publs Inst. mar. Sci. Univ. Tex.*, **1**: 1-199.
- GUNTER, G., 1950. Seasonal population changes and distribution as related to salinity, of certain invertebrates of the Texas coast, including the commercial shrimp. *Publs Inst. mar. Sci. Univ. Texas*, **1**(2): 7-51.
- HACHEY, H.B., 1961. Oceanography and Canadian Atlantic waters. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, **134**: 1-120.
- KUTNETSOV, V.V., 1964. Biologie des populations de crustacés les plus communs des mers de Barentz et Blanche (en russe). Académie des sciences de Moscou, U.R.S.S., 275 pages.
- KEMP, S., 1910. The Decapoda Natantia of the coast of Ireland. *Fisheries, Ireland, Sci. Invest.*, 1908(1).
- LAUZIER, L.M., 1960. L'océanographie est-elle vraiment utile aux pêcheries. *Actual. mar.*, Québec, **4** (1): 9-12.
- MISTAKIDIS, M.N., 1957. The biology of *Pandalus montagui* Leach. *Fishery Invest.*, Lond., Ser. 2, **21**(4): 1-52.
- MURIE, J., 1903. Report of the sea fisheries and fishing industries of the Thames Estuary. London.
- PANIKKAR, N.K., 1940. Influence of temperature on osmotic behaviour of some crustacea and its bearing on problems of animal distribution. *Nature*, **146**: 366-367.
- SQUIRES, H.J., 1957. Decapod Crustacea of the Calanus expedition in Ungava Bay 1947-1950. *Canad. J. Zool.*, **35**: 463-494.
- SQUIRES, H.J., 1965. Decapod Crustaceans of Newfoundland, Labrador and the Canadian Eastern Arctic. *Fish. Res. Bd. Can.*, Manuscript Report Series (Biological), n° **810**: 1-211.
- STEPHENSON, K., 1935. The Godthaab Expedition 1928. Crustacea Decapoda. *Medd. Grønland*, **80**(1): 1-94.
- WIGLEY, R.L., 1960. Note on the distribution of Pandalidae (Crustacea Decapoda) in New England waters. *Ecology*, **41**: 564-570.
- WOLLEBAEK, A., 1908. Remarks on decapod crustaceans of the North Atlantic and Norwegian fjords. *Bergens Mus. Arb.*, **12**.



BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DE *PANDALUS MONTAGUI* LEACH (DECA-
PODA NATANTIA). II. ÂGE, CROISSANCE ET REPRODUCTION ^{1,2}

RICHARD COUTURE

Station de biologie marine, Grande-Rivière (Gaspé), Québec

et

PIERRE TRUDEL

Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec

Résumé

Pandalus montagui est un hermaphrodite protandre. A Grande-Rivière, la phase mâle semble être de trois ans au maximum. La majorité des mâles se transforment en femelles après leur seconde année. La présence de mâles mesurant de 15 à 17 mm (L.C.) permet de croire que certains mâles conservent cette forme jusqu'à trois ans. Les femelles protandres hermaphrodites vivent encore au moins deux années.

La croissance des mâles au cours de la première année est de 7 mm (augmentation de la longueur de la carapace). Au cours de la seconde année leur croissance est de 4 mm. Les femelles primaires ont une croissance de 9 mm, soit 2 mm de plus que les mâles. Les femelles protandres ont un taux de croissance annuel de moins de 2 mm.

Les mâles se reproduisent au cours de leur première année. La maturation des gonades se fait en juin. Ils se transforment en femelles en octobre de la seconde année. La ponte commence en juillet et l'éclosion se termine en juin. La période d'incubation est plus longue que sur les côtes européennes. Cette variation est explicable par les températures plus basses de nos régions.

Abstract

Pandalus montagui is a protandric hermaphrodite. At Grande-Rivière, the male phase would appear to last three years at the most. After their second year, the majority of the males transform into females. The presence of males measuring 15 to 17 mm. (C.L.) leads one to believe that certain males keep this form for up to three years. The females which are protandric hermaphrodites live at least two years longer.

Males grow 7 mm (increase in the length of the carapace) during the first year while during the second the growth is 4 mm. Primary females growth is 9 mm that is 2 mm longer than the males of the species. Protandric females, however, have an annual growth rate of less than 2 mm.

1. Travail rendu possible grâce au concours de la Station de biologie marine de Grande-Rivière (Direction générale des pêches du Québec).

2. Travaux sur les pêcheries du Québec, n° 27, Direction des pêcheries, Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec.

Males reproduce during their first year. Their gonads mature in June and they transform into females in September of the second year. Spawning starts in July and hatching ends in June. The incubation period is longer here than on European shores. This variation is explained by the lower temperatures in our regions.

Introduction

L'étude sur la biologie de *Pandalus montagui* Leach, entreprise à la suite d'un inventaire des Décapodes nageurs des eaux du Québec, a porté sur la distribution et les migrations de cette espèce dans la région de Grande-Rivière (Couture et Trudel, 1969) et sur la croissance, l'âge et la reproduction, objet du présent travail.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

À la suite des travaux de Berkeley (1930), l'attention de plusieurs chercheurs s'est portée sur le genre *Pandalus*. Berkeley démontre en effet que quatre espèces de ce genre (*P. danae*, *P. borealis*, *P. hypsinotus* et *P. platyceros*) de même que *Pandalopsis dispar* sont des hermaphrodites protandres. Jägersten (1935, 1936), sans être au courant des découvertes de Berkeley, démontre également le protandrisme chez *P. borealis* et *P. montagui*.

Jägersten (1936) considère que *P. montagui* peut vivre quatre années et plus. Il observe également que la croissance est rapide durant la première année et une partie de la seconde, mais très faible durant la troisième. Les différences entre la troisième et la quatrième année sont minimales. Leloup (1936) qui n'admet pas le protandrisme chez *P. montagui*, affirme que la longévité des mâles est de trois années; quant aux femelles, elles atteindraient l'âge de quatre ans. Selon Mistakidis (1957), *P. montagui* a une longévité de trois à quatre ans; la période mâle dure deux ans et la phase femelle un à deux ans après la transformation. Ses conclusions concernant la croissance sont analogues à celles de Jägersten (1936). De plus, il note un arrêt de croissance au cours de l'hiver. D'après Squires (1965), la phase mâle se prolonge durant quatre ans et la phase femelle pendant deux ans.

Murie (1903) est le premier à étudier la reproduction chez *P. montagui*. Il observe une seule ponte par année, qui débute en novembre. Quant à l'éclosion, elle se termine en mai. Ses observations portent sur des échantillons provenant du sud-ouest de l'Angleterre. Wollebaek (1908) constate la présence de femelles ovigères dans les fjords de Norvège, de novembre à juin. Jägersten (1936) rapporte la capture de quelques femelles ovigères sur la côte ouest de la Suède à la mi-juillet. Leloup (1936), qui analyse les échantillons provenant des côtes belge et hollandaise, observe la présence de femelles ovigères surtout

de février à mai. Chez les populations de *P. montagui* de l'estuaire de la Tamise, Mistakidis (1957), observe que la maturation des ovaires commence en août, le maximum de développement se situant en novembre et décembre. Il note que la ponte débute en novembre et que l'éclosion se termine en avril. Allen (1963) observe un déroulement semblable chez les populations des côtes du Northumberland en Écosse.

Matériel et méthodes

Les méthodes que nous avons utilisées pour la récolte du matériel ont déjà été décrites en détail (Couture, 1966, Couture et Trudel, 1969). En 1965, cinq stations choisies au large de Grande-Rivière (à 15, 30, 45, 60 et 75 brasses), furent visitées mensuellement (en mai, juin, juillet, août, septembre et octobre). La récolte des spécimens fut faite à l'aide d'un chalut à bâton de trois mètres, muni d'un filet intérieur de 6 mm ($\frac{1}{4}$ po) de maille. Le triage des échantillons s'effectuait à bord du navire. Les crevettes étaient conservées dans le formol à 4%, puis examinées et mesurées plus tard en laboratoire. Chaque spécimen a été mesuré avec soin à l'aide d'un pied à coulisse muni d'un vernier gradué au dixième de millimètre. La mesure employée au cours de cette étude est la longueur du céphalothorax ou carapace. Cette mesure est prise sur la ligne médio-dorsale, de la base du pédoncule de l'oeil à la marge postérieure de la carapace. La mesure de la longueur de la carapace quoique très précise ne permet pas de visualiser rapidement la longueur totale de la crevette et peut être une source de difficultés lors de la comparaison des résultats de différents auteurs. En donnant l'équation et la courbe de régression permettant de convertir la longueur de la carapace en longueur totale (fig. 1) nos histogrammes seront plus faciles d'interprétation. Le stade de maturité fut également noté pour chaque spécimen. Une description complète des caractères sexuels secondaires en relation avec le stade de maturité des gonades a été faite par Couture (1966). Au cours de notre travail, nous avons mesuré 10,788 spécimens. Lors de la compilation des données, nous avons groupé les mesures en classes de 0.5 mm et présenté les résultats sous la forme d'histogrammes.

Résultats

ÂGE ET CROISSANCE

La détermination de l'âge et de la croissance chez les crustacés présente de grandes difficultés. La croissance se fait lors du remplacement de l'exosquelette par un nouveau, légèrement plus grand. La croissance dépend du nombre de mues par année ainsi que de l'augmentation de taille après chaque mue. L'absence de toute structure rigide permanente rend impossible la détermination de l'âge de chaque individu.

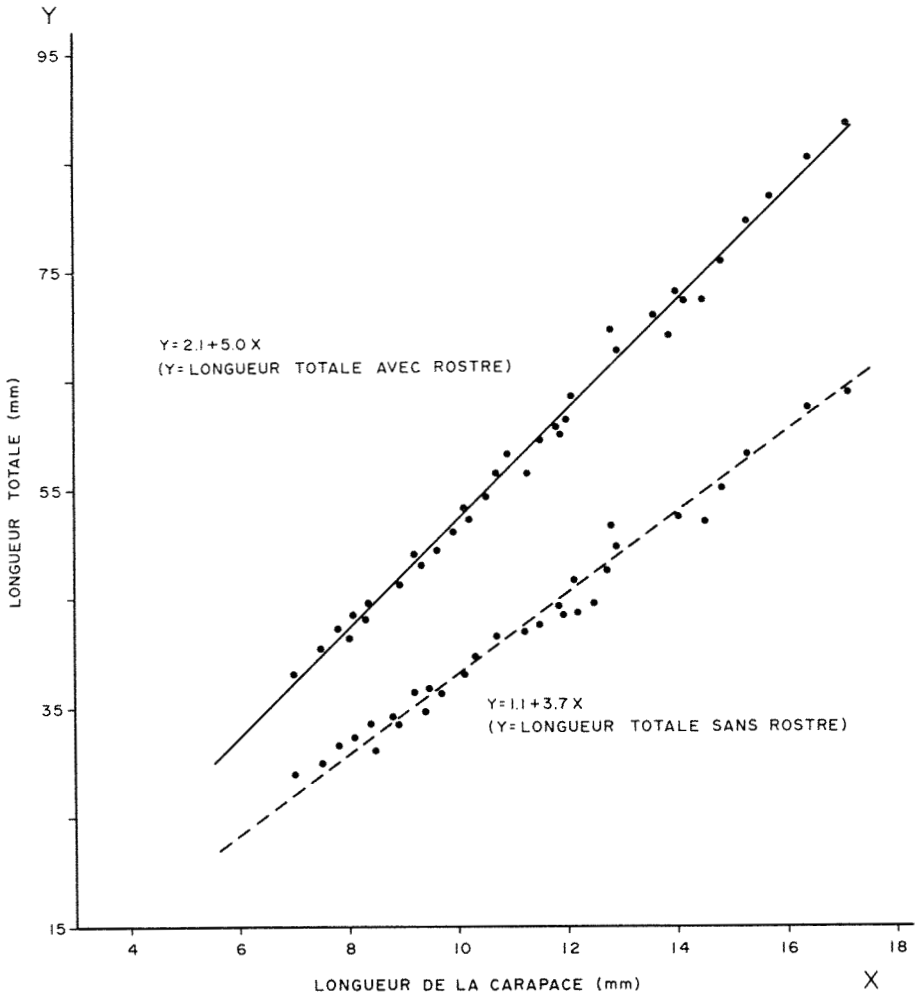


FIGURE 1. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière 1964. Relation entre la longueur de la carapace et la longueur totale, avec rostre et sans rostre.

Les méthodes de marquage mises au point pour les études d'âge et de croissance chez le homard ne donnent pas de résultats satisfaisants pour l'étude des populations de crevettes, même quand il s'agit de populations exploitées commercialement, car la faible taille des individus ainsi que les grandes quantités rendent difficiles la détection des recaptures. Pour l'étude des populations de crevettes non exploitées commercialement, la très faible probabilité de recapturer les sujets marqués rend le marquage inutile. Tel est précisément le cas de *P. montagui* au large de Grande-Rivière.

Voici, concernant l'âge de *P. montagui*, quelques observations tirées de nos travaux. Nos déductions sont faites à partir des fréquences de longueur des

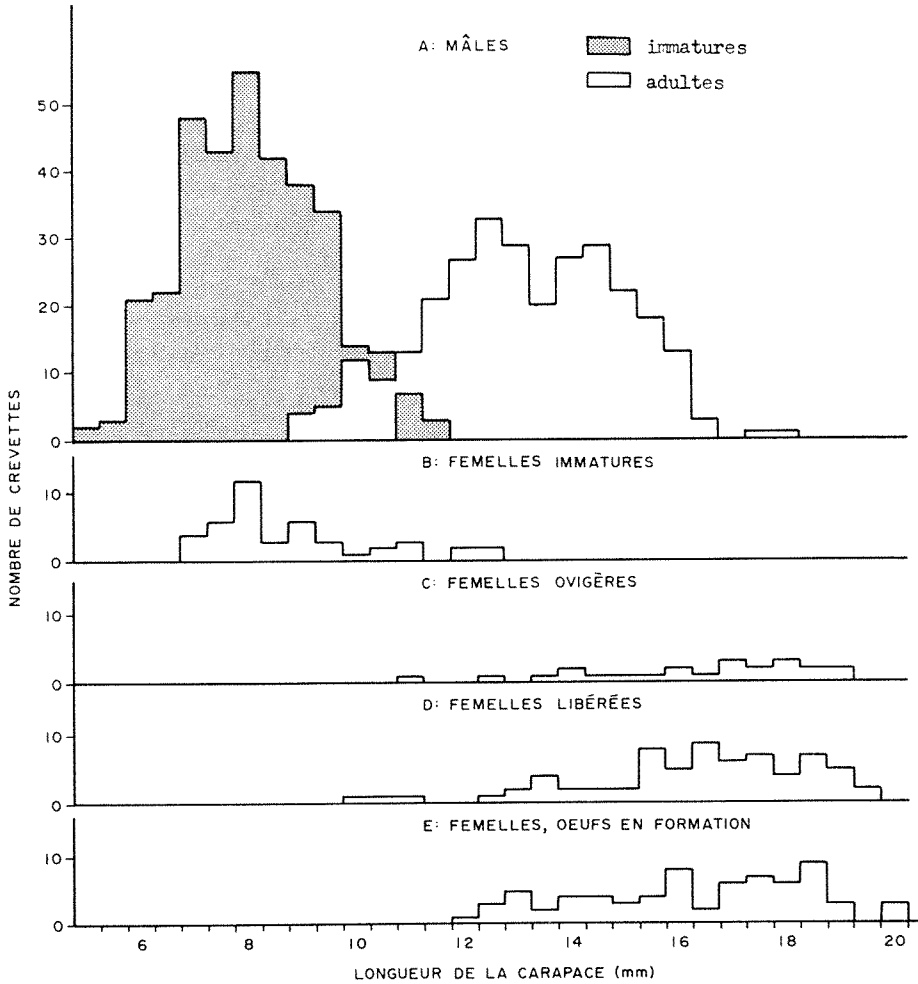


FIGURE 2. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 20-21 mai 1965. Variations de la longueur de la carapace selon les stades de maturité. MÂLES: A, immatures et adultes; B, transition. FEMELLES: C, immatures; D, ovigères; E, oeufs en formation.

échantillons recueillis. La phase mâle semble être de trois ans au maximum. La majorité des mâles se transforment en femelles après leur seconde année. Un faible pourcentage de mâles se transforment en femelles à la fin de leur première année. La présence de mâles mesurant de 15 à 17 mm permet de croire que certains individus mâles le demeurent jusqu'à l'âge de trois ans.

Il est difficile de déterminer avec exactitude la longévité des femelles primaires et secondaires. Les femelles protandres hermaphrodites peuvent vivre au moins deux années. Cette assertion est basée sur l'observation de femelles libérées de leurs larves, porteuses d'oeufs en formation dans leurs ovaires.

Les mâles immatures terminant leur cycle larvaire commencent à faire leur apparition dans la zone côtière (entre 5 et 15 brasses) de Grande-Rivière, à partir de la fin de septembre. Ils mesurent alors entre 4.5 et 6 mm (longueur de la carapace). Au mois de mai suivant ils mesurent entre 9 et 10.5 mm (figure 2 A). Ceci donne une croissance d'environ 5 mm au cours de l'hiver. À la mi-octobre, soit plus d'un an après leur période larvaire, ils sont adultes et atteignent la taille de 12.5 mm. La croissance au cours de leur première année est d'environ 7 mm; la taille maximum des mâles est de 16.5 mm (figure 2 A). Si les individus de cette longueur appartiennent au groupe de deux ans, la croissance pour la seconde année est de 4 mm. Si par contre ils ont trois ans, la croissance moyenne pour la seconde et la troisième année sera de 2 mm par an. Toutefois, on doit s'attendre à ce que la croissance soit plus élevée la deuxième année que la troisième.

La croissance des femelles primaires est plus rapide au cours de la première année que celle des mâles du même âge. En mai, elles mesurent en moyenne 1 mm de plus que les mâles immatures. En octobre, cette différence excède 2 mm. Durant la seconde année, la taille des femelles primaires se confond avec celle des femelles provenant de mâles transformés. En octobre, lors de la transition, les mâles mesurent 15.5 mm en moyenne (figure 6 B). Six mois après, ils sont devenus des femelles protandres hermaphrodites mesurant 16.5 mm en moyenne (figure 2 E). Ces dernières peuvent atteindre une longueur maximum de 20 mm. Si elles vivent deux années, la croissance annuelle est légèrement inférieure à 2 mm.

REPRODUCTION

Les crustacés supérieurs sont généralement gonochoriques. Chez les Décapodes trois genres présentent un phénomène d'hermaphroditisme protandrique; ce sont les genres *Calocaris* (Reptantia Macroura), *Lysmata* et *Pandalus* (Nantantia Caridea). Ce phénomène fut décrit pour la première fois par Berkeley (1930). De nombreux chercheurs ont par la suite retracé l'évolution des caractères externes et des gonades chez les trois genres de crustacés en cause; ces études n'ont conduit à aucune interprétation du déterminisme de l'inversion sexuelle. La transformation des mâles en femelles se déroule ainsi : durant la première partie de leur vie, les individus possèdent des caractères externes mâles; les gonades bien que comportant toujours un certain nombre d'ovocytes sont des testicules fonctionnels; après une phase d'inversion sexuelle la spermatogénèse cesse totalement, les gonades deviennent des ovaires où les ovocytes effectuent la vitellogénèse.

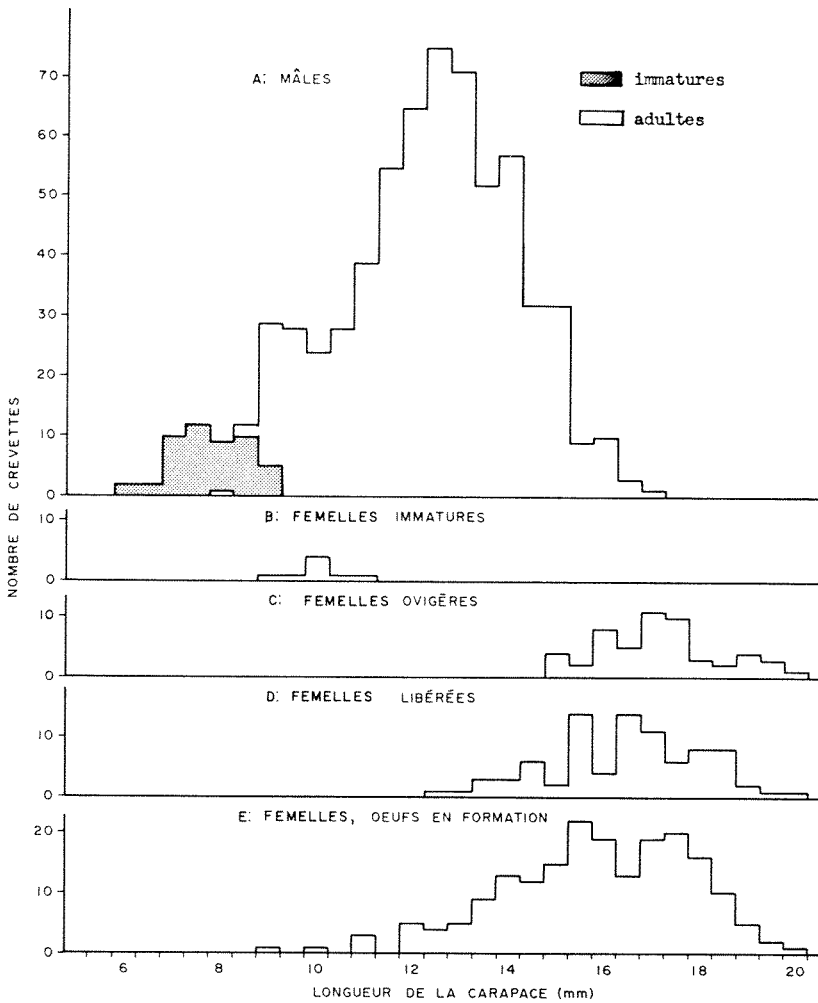


FIGURE 3. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 18 juin 1965. Variations de la longueur de la carapace selon les stades de maturité. MÂLES: A, immatures et adultes. FEMELLES: B, immatures; C, ovigères; D, libérées; E, oeufs en formation.

Les causes du protandrisme chez *P. montagui* n'ont pas été étudiées. Toutefois, *P. borealis* dont la transformation des mâles en femelles est semblable à *P. montagui*, a servi de sujet de recherches à plusieurs auteurs. Carlisle (1959 a, b) attribue la transformation à une glande qu'il nomme « vas deferens ». La disparition de cette glande, appelée plus tard glande androgène, à une période de la vie de l'animal, cause l'inversion sexuelle. Des expériences d'ablations et d'implantations de glande androgène (Berreur-Bonnenfant et Charniaux-Cotton, 1965) montrent que le facteur responsable de la différenciation sexuelle est l'hormone androgène. En présence d'hormones androgènes la zone germinative des gonades de *P. borealis* fournit des cellules sexuelles mâles.

Lorsque le taux d'hormones diminue, l'ovogénèse tend à s'implanter. Elle finit par supplanter la spermatogénèse dès que la glande androgène disparaît.

Mâles

Lors de la croisière du 20 et 21 mai 1965, nous avons capturé une grande quantité de jeunes mâles immatures (figure 2). Si nous consultons le tableau 1, nous notons que ces derniers composent plus de 54 pour cent de la population mâle échantillonnée. Nous remarquons également (figure 2) qu'une quantité appréciable de jeunes mâles adultes mesurent entre 9.5 et 11.5 mm. Les individus de cette taille appartiennent à la classe d'âge d'un an. Cela indiquerait que la maturation des mâles immatures est déjà commencée au début de mai. Le pourcentage élevé d'immatures semble également indiquer un recrutement annuel important.

TABLEAU I

Pourcentage des mâles aux différents stades de maturité (Grande-Rivière, 1965)

Période	Immatures	Adultes	Transition
	%	%	%
20-21 mai	54.59	45.41	—
18 juin	7.44	92.56	—
20 juillet	5.71	93.54	0.75
20-21 août	.70	89.70	0.60
12 octobre	0.10	90.60	9.30

En juin, on remarque (figure 3) une diminution importante du nombre d'individus appartenant à la classe d'âge d'un an. Le départ des jeunes mâles de la zone de 15 brasses vers des eaux plus profondes en est la cause. Toutefois, comme nous l'avons déjà montré (Couture et Trudel, 1969), les premiers à quitter la zone supérieure sont les mâles devenus adultes. Nous croyons que le chiffre de 7.4 pour cent reflète bien la proportion de mâles immatures dans la population de *P. montagui* en juin à Grande-Rivière. La maturation des mâles de la première année débute avant mai et atteint un chiffre mensuel maximum en juin. Au cours des mois de juillet (figure 4) et d'août (figure 5) la proportion d'immatures demeure assez constante. En octobre (figure 6) les mâles de la première année sont tous devenus adultes. Les jeunes individus qui terminent leur cycle larvaire apparaissent dans la zone de 15 brasses. Ils représentent 0.1 pour cent de la population mâle.

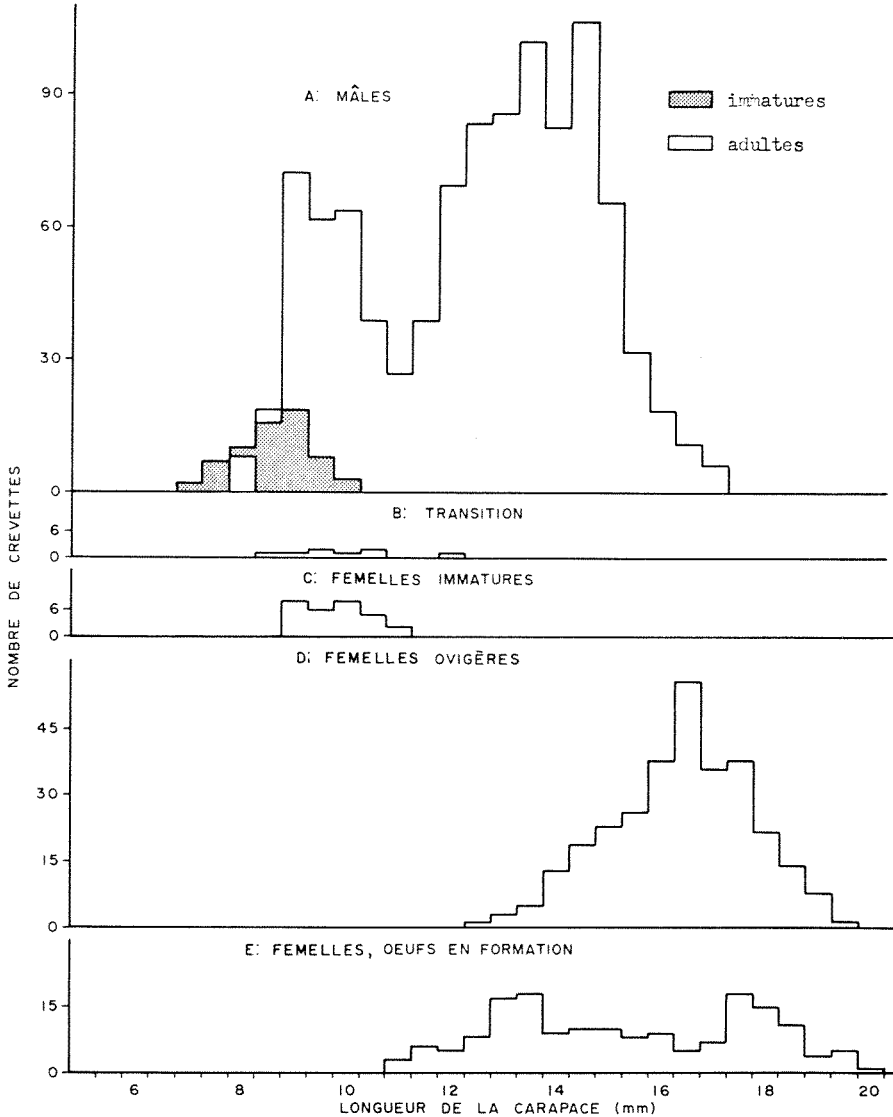


FIGURE 4. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 19-20 juillet 1965. Variations de la longueur de la carapace selon les stades de maturité. MÂLES: A, immatures et adultes. FEMELLES: B, immatures; C, ovigères; D, libérées; E, oeufs en formation.

Individus en transition

En juillet et en août (figures 4 et 5), on remarque l'apparition d'un petit nombre de mâles en transition. Ces derniers représentent 0.75 pour cent de la population mâle en juillet et 0.60 pour cent en août. D'après leur taille, il s'agirait de mâles se transformant en femelles avant d'avoir atteint leur maturité; ces individus, une fois leur transformation terminée, porteront le nom de

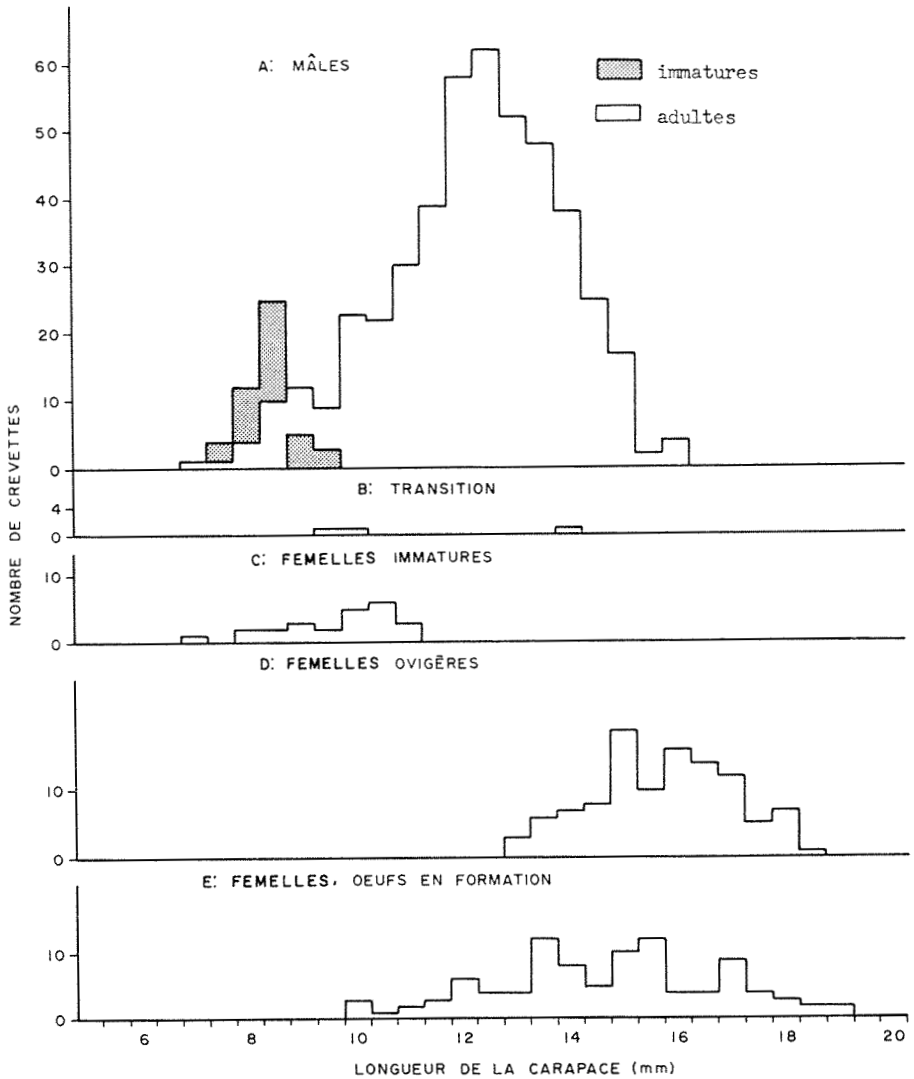


FIGURE 5. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 19-20 août 1965. Variations de la longueur de la carapace selon les stades de maturité. MÂLES: A. immatures et adultes; B. transition. FEMELLES: C. immatures; D. ovigères; E. oeufs en formation.

femelles secondaires. Mistakidis (1957) remarque la rareté de ces dernières. Les faibles quantités de femelles secondaires capturées lors de nos travaux corroborent d'ailleurs ses observations. À Grande-Rivière, la transformation des mâles adultes en femelles est déjà commencée à la mi-octobre (figure 6). Les individus en transition représentent alors 9.3 pour cent de la population mâle. La présence de tels individus mesurant entre 10.5 et 12.5 mm permet de croire qu'un certain nombre de mâles adultes de la première année se transforment en femelles à cette époque.

Femelles

En étudiant les échantillons récoltés en mai (figure 2) et en juin (figure 3), on note que l'éclosion des oeufs tire à sa fin. Les oeufs des femelles ovigères sont en effet à un stade de développement très avancé à ces périodes. Chez quelques-unes, les larves vont incessamment sortir de l'oeuf. On remarque également la présence d'un nombre important de femelles possédant encore des soies ovigères sur les pléopodes. Les femelles libérées représentent 33.8 pour cent de la population femelle en mai et 24.6 pour cent en juin (tableau II). Toutes les femelles qui se sont libérées de leurs larves ont déjà des oeufs en maturation dans les ovaires. En juin, cette catégorie représente 81.7 pour cent des femelles. Parallèlement à cet accroissement, nous notons une forte diminution du nombre de femelles immatures. La proportion de ces dernières est passée de 21.2 pour cent en mai à 2.4 pour cent en juin. Le taux maximum de maturation des femelles serait atteint en mai et en juin.

TABLEAU II

Pourcentage des femelles aux différents stades de maturité (Grande-Rivière, 1965)

Période	Ovigères Oeufs stade avancé	Ovigères Oeufs récents	Oeufs	Vides	Libérées
	%	%	%	%	%
20-21 mai	10.62	—	34.30	21.24	33.84
18 juin	15.88	—	57.07	2.38	24.67
20 juillet	—	54.69	40.51	4.80	—
20-21 août	—	47.60	42.80	9.60	—
12 octobre	—	73.30	18.20	8.50	—

En juillet (figure 4), nous voyons se produire un changement important dans la population femelle. La ponte est commencée. Les femelles ovigères dont les oeufs sont à un stade récent représentent 54.7 pour cent des femelles. La proportion de femelles ayant des oeufs en formation est de 40.5 pour cent. Nous comptons également 4.8 pour cent de femelles immatures. En août (figure 5), les rapports restent sensiblement les mêmes. On remarque toutefois une légère augmentation du nombre de femelles immatures. Cette augmentation est sans doute causée par la transformation des mâles immatures en femelles secondaires.

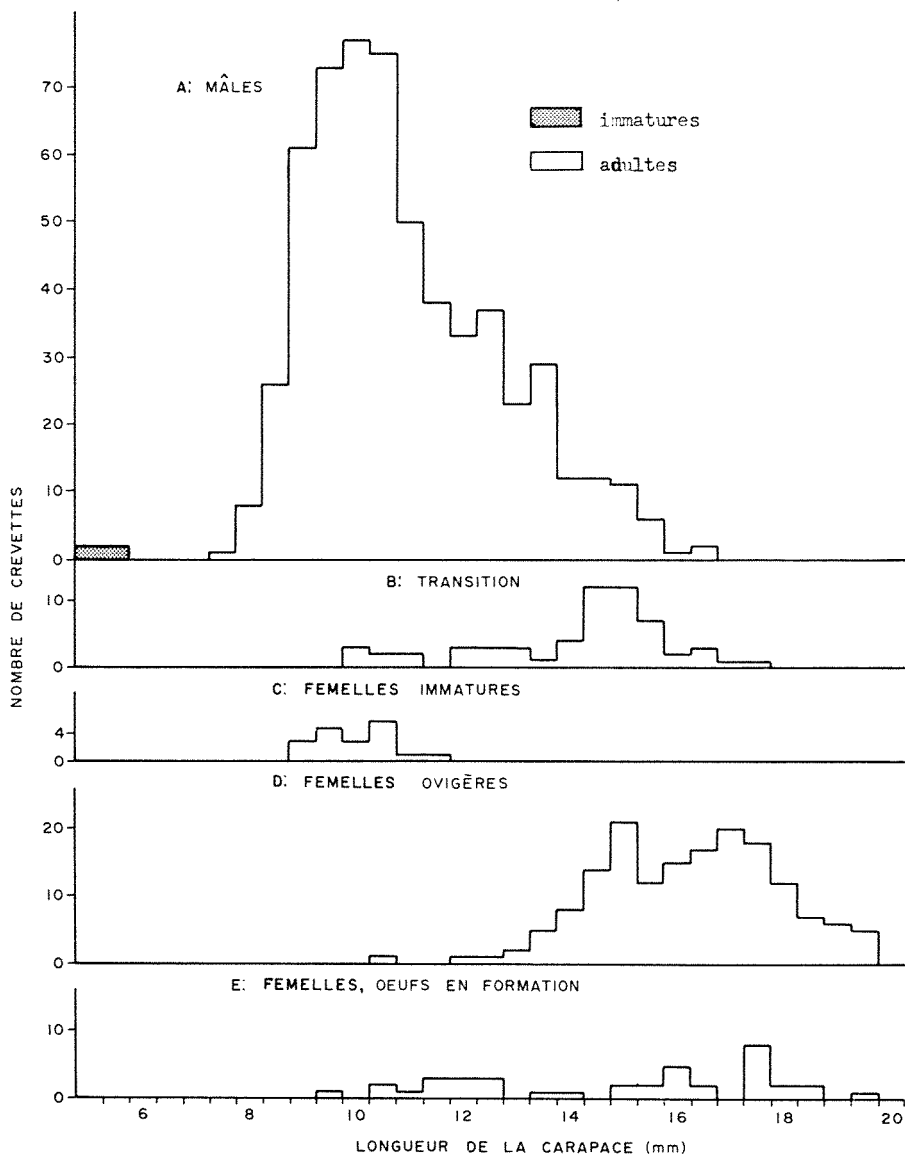


FIGURE 6. *Pandalus montagui*, Grande-Rivière, 12 octobre 1965. Variations de la longueur de la carapace selon les stades de maturité. MÂLES: A, immatures et adultes; B, transition. FEMELLES: C, immatures; D, ovigères; E, oeufs en formation.

Dans la première moitié d'octobre (figure 6), la ponte atteint son maximum. Le pourcentage de femelles ovigères est désormais de 73.3. Les femelles ayant des ovaires à maturité représentent 18.2 pour cent de la population. La proportion de femelles immatures reste sensiblement constante. En supposant que ces dernières sont des femelles secondaires provenant des mâles immatures transformés en juillet et août, il est fort probable qu'elles atteindront leur maturité au cours de l'hiver ou du printemps.

Discussion

Nous avons vu que la détermination de l'âge et de la croissance comporte de nombreuses difficultés chez les crustacés. *P. montagui* n'échappe pas à cette règle.

Pour les déterminations d'âge, nous avons utilisé la méthode de la fréquence des longueurs ou méthode Petersen. Cette méthode est fondée sur le fait que les longueurs des organismes de même âge tendent à se distribuer de façon régulière. L'emploi de cette méthode exige deux conditions essentielles : 1) une saison de reproduction courte et régulière; 2) une distribution uniforme des classes d'âge. La saison de reproduction de *P. montagui* s'étale sur une période relativement longue, mais étant donné la croissance assez rapide des jeunes, les premières classes d'âge sont assez bien différenciées.

En dépit de ses limites, la méthode de détermination de l'âge par la fréquence des longueurs peut néanmoins rendre de grands services. En étudiant un grand nombre d'échantillons prélevés durant une courte période de temps et bien représentatifs de la population, et en ne retenant que les résultats relatifs aux groupes les moins âgés, cette technique est valable. Nous croyons avoir satisfait à ces conditions lors de la détermination de l'âge de *P. montagui*.

Burkenroad (1951) décrit une méthode pour déterminer le taux de croissance en se basant sur le nombre de mues et l'accroissement de taille après chaque mue. Pour ce faire, on compte les individus ayant une nouvelle carapace présents dans l'échantillon, et on observe la fréquence des mues chez des individus captifs. Cette méthode, malgré les difficultés que présente son application, constitue une approche très valable au problème de la détermination de la croissance. La méthode de Burkenroad s'applique très bien aux Pénéidés, mais ne peut s'appliquer avec succès à *P. montagui*. Il est en effet presque impossible de conserver cette espèce en aquarium; elle supporte difficilement les manipulations.

Fox and Wingfield (1937) notent que la taille des espèces marines boréales diminue généralement à mesure que l'on descend vers le sud. Squires (1965) rapporte la capture de spécimens mesurant jusqu'à 28 mm du détroit d'Hudson à la baie Bonavista (Terre-Neuve). À Grande-Rivière et à Rivière-au-Renard, les tailles maximales observées sont de 21.5 mm. Ces différences dans la taille de *P. montagui* semblent être liées à la température, l'augmentation correspondant aux basses températures rencontrées dans les hautes latitudes. Allen (1959) démontre une telle relation chez *Pandalus borealis*. Les fonds où l'on rencontre *P. montagui*, entre le détroit d'Hudson et la baie Bonavista, sont baignés par des eaux très froides (-0.5 à 0.5°C) de provenance arctique. Les plus basses températures enregistrées à Grande-Rivière et à Rivière-au-Renard sont de -0.5°C .

Sur les côtes européennes, il y a également une diminution dans la taille de *P. montagui* suivant la latitude. Wollebaek (1908) rapporte la capture sur les côtes de Norvège de spécimens mesurant 16 cm au total, ce qui correspond à une longueur de carapace d'environ 30 mm. Jägersten (1936) note que les tailles maximales de *P. montagui* sur les côtes de Suède atteignent 22 mm (L.C.). Dans l'estuaire de la Tamise, Mistakidis (1957) n'a capturé aucun spécimen mesurant plus de 19 cm (L.C.).

Les études poursuivies à Grande-Rivière et à Rivière-au-Renard ont montré que la saison de reproduction est plus longue dans nos eaux que sur les côtes européennes. La différence de durée entre les périodes de reproduction des deux régions peut s'expliquer par la différence dans les conditions climatiques du milieu. Rasmussen (1953) a établi que la ponte et l'incubation chez *P. borealis* était fonction de la température. « Plus l'environnement est froid, plus la ponte se fait tôt et plus l'éclosion est tardive ». Les régions européennes où l'on rencontre *P. montagui* sont baignées par des eaux tempérées froides, tandis que nos régions sont baignées par des eaux subarctiques qui sont beaucoup plus froides.

Sommaire et conclusion

D'après les observations faites à Grande-Rivière, la durée de la phase mâle est en général de deux ans chez *P. montagui*. Toutefois un certain nombre de mâles se transforment en femelles à la fin de leur première année et quelques-uns, après leur troisième année. Les femelles protandres hermaphrodites vivent environ deux années.

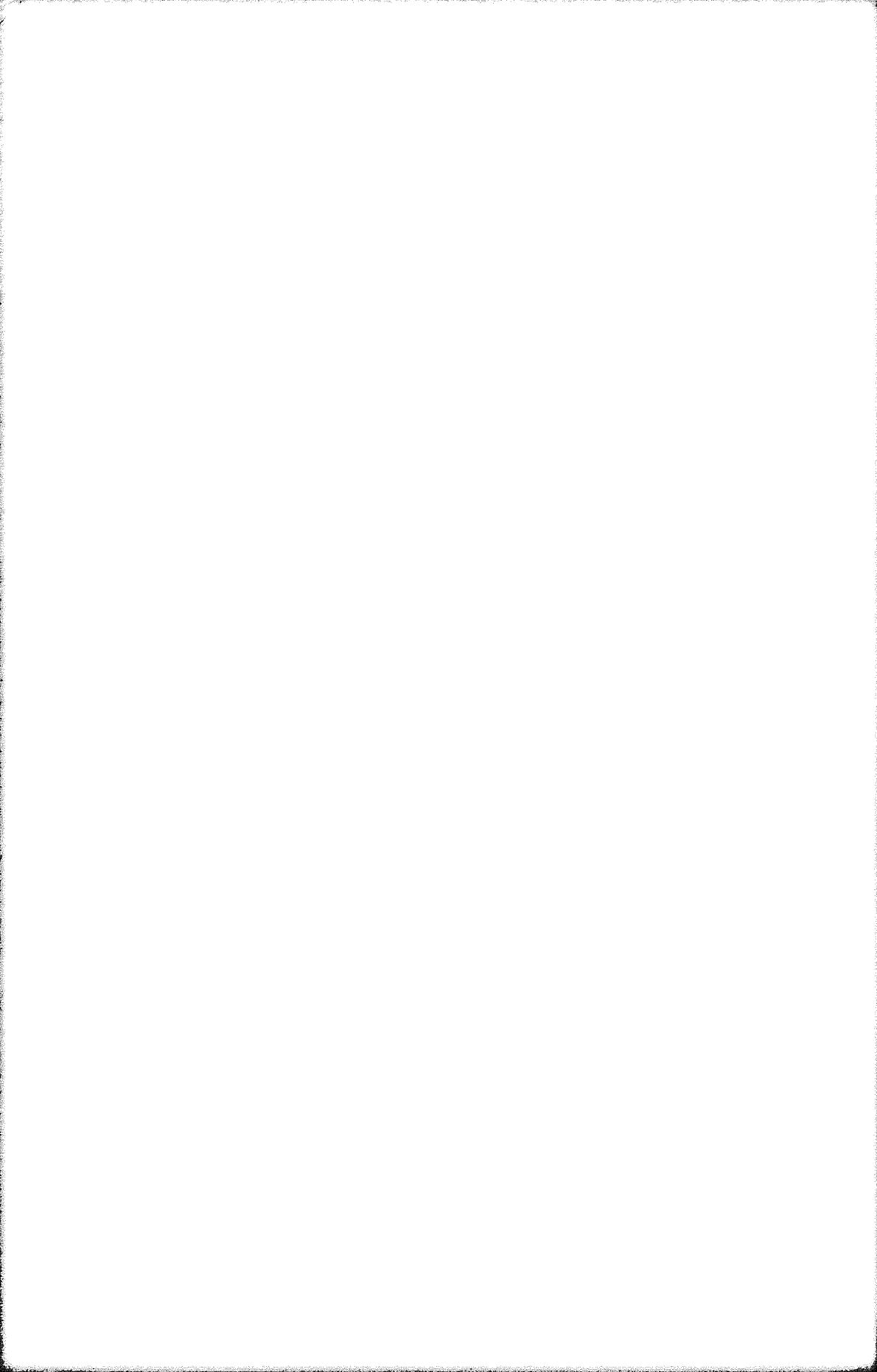
La croissance des mâles au cours de la première année est de 7 mm environ (augmentation de la longueur de la carapace). Après leur première année et jusqu'à leur transformation, leur croissance est de 4 mm. Les femelles primaires ont une croissance plus rapide (environ 2 mm) que les mâles du même âge. Les femelles protandres ont un taux de croissance annuel de moins de 2 mm.

Chez les mâles, la maturation des gonades s'accomplit surtout en juin. De 54.6 à la mi-mai, le pourcentage d'immatures n'est plus que le 7.4 le 18 juin. La transformation des mâles en femelles débute en octobre.

La ponte commence en juillet. Le 20 juillet, 54.6 pour cent des femelles portent des oeufs. Le 12 octobre le taux des femelles ovigères est de 73.3 pour cent. L'éclosion se termine vers la fin de juin.

Références

- ALLEN, J.A., 1959. On the biology of *Pandalus borealis* Kroyer, with reference to a population off the Northumberland coast. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **38**: 189-200.
- ALLEN, J.A., 1963. Observations on the biology of *Pandalus montagui* (Crustacea: Decapoda). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **43**:665-682.
- BERKELEY, A.A., 1930. The post-embryonic development of the common Pandalids of British Columbia. *Contr. Canad. Biol. N.S.*, **6**(1):1-76.
- BERREUR-BONNENFANT, J. et H. CHARNIAUX-COTTON, 1965. Hermaphrodisme protérandrique et fonctionnement de la zone germinative chez la crevette *Pandalus borealis* Kroyer. *Bull. Soc. zool. Fr.*, **90**(2-3):243-259.
- BURKENROAD, M.D., 1951. Measurement of the natural growth rates of Decapod crustaceans. Proc. Gulf and Caribbean Fish Inst. 3rd Ann. Session, 25 pages.
- CARLISLE, D.B., 1959 a. On the sexual biology of *Pandalus borealis* (Crustacea Decapoda). I. Histology of incretory elements. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **38**: 381-394.
- CARLISLE, D.B., 1959 b. On the sexual biology of *Pandalus borealis* (Crustacea Decapoda). II. The termination of the male phase. III. The initiation of the female phase. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **38**:481-507.
- COUTURE, R., 1966. Reproduction de *Pandalus montagui* Leach au large de Grande-Rivière (Gaspé). Rapp. ann. 1965, Stn. Biol. mar. Grande-Rivière: 61-71.
- COUTURE, R. et P. TRUDEL, 1969. Biologie et écologie de *Pandalus montagui* Leach (Decapoda natantia). I. Distribution et migrations, à Grande-Rivière (Gaspé), Québec. *Naturaliste can.*, **96**(2):000-000.
- FOX, J.M. and C.A. WINGFIELD, 1937. The activity and metabolism of poikilothermal animals in different latitudes. II. *Proc. zool. Soc. Lond.*, Ser. A, **107**:275-282.
- JÄGERSTEN, G., 1935. Untersuchungen über den Strukturellen aufbau der Eizelles. *Zool. Bidr. Upps.*, **16**(1).
- JÄGERSTEN, G., 1936. Über die Geschlechtsverhältnisse und das Wachstum Bei *Pandalus*. *Ark. Zool.*, **28A** (20):1-26.
- LELOUP, E., 1936. Les transformations des gonades et des caractères sexuels externes chez *Pandalus montagui* Leach (Decapode). *Bull. Mus. R. Hist. nat. Belg.*, **12** (19): 1-27.
- MISTAKIDIS, M.N., 1957. The biology of *Pandalus montagui* Leach. *Fishery Invest.*, Lond., Ser. 2, **21**(4):1-52.
- MURIE, J., 1903. Report of the sea fisheries and fishing industries of the Thame Estuary. I. London.
- RASMUSSEN, B., 1953. On the geographical variation in growth and sexual development of the deep sea prawn *Pandalus borealis* Kroyer. *Rep. Norw. Fishery mar. Invest.*, **10**(3):1-160.
- SQUIRES, H.J., 1965. Decapod Crustaceans of Newfoundland, Labrador and the Canadian Eastern Artic. Fish. Res. Bd. Can., Manuscript Report Series (Biological), N°. 810, 211 pages.
- WOLLEBAEK, A., 1908. Remarks on decapod crustaceans of the North Atlantic and Norwegian fjords. *Bergens Mus. Arb.*, **12**:1-11.



CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE FOOD HABITS OF CARIBOU
PART I — LICHEN PREFERENCES

PIERRE DESMEULES¹ and JOAN HEYLAND
Quebec Wildlife Service

Résumé

La préférence manifestée par le caribou envers les espèces de lichens les plus communément rencontrées dans un secteur du Parc des Laurentides (Québec) dans lequel la restauration de cet animal est projetée, a été étudié à l'aide de dix caribous captifs, au cours de juin et au début de juillet 1966. Lors de tests préliminaires, cinq lichens, ou mélanges de lichens, ont été retenus pour étude : *Cladonia spp.* (un mélange de *C. alpestris*, *C. mitis* et *C. uncialis*), *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Stereocaulon spp.*, et un mélange de lichens arboricoles composé d'*Usnea spp.*, d'*Evernia mesomorpha* et d'*Alectoria spp.* Chacun de ces lichens, ou mélanges de lichens, a été offert aux caribous en présence de l'un de chacun des quatre autres, au cours d'une série de 30 tests d'une heure. Les trois différents critères utilisés dans l'analyse des données ont produit le même ordre de préférence, soit : 1) *Cladonia spp.*, 2) *C. rangiferina*, 3) Mélange arboricole, 4) *Cetraria islandica*, et 5) *Stereocaulon spp.*

Abstract

A study of the lichen preferences of ten captive caribou was conducted in Laurentide Park (Québec) during June and early July, 1966, using a two-compartment feeder. On the basis of pre-trials, five lichen rations, *Cladonia spp.* (a mixture of *C. alpestris*, *C. mitis* and *C. uncialis*), *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Stereocaulon spp.*, and Arboreal lichens (a mixture of *Usnea spp.*, *Evernia mesomorpha* and *Alectoria spp.*) were selected for detailed study. Each of these rations was compared with each of the other four during a series of 30 one-hour trials. The three different criterion measures used yielded the following preference order : 1) *Cladonia spp.*, 2) *C. rangiferina*, 3) Arboreal lichens, 4) *Cetraria islandica*, 5) *Stereocaulon spp.*

Introduction

The importance of lichens in the diet of caribou has long been recognized. However, few and contradictory data are available on the preferences of caribou for the various species of lichen encountered over their range.

¹ Present address : P. O. Box 6000, Ngorongoro Crater, Tanzania.

Cladonia alpestris is considered by many (Des Abbayes, 1956; Hustich, 1951; Llano, 1948; Simkin, 1965) as the lichen most sought by caribou and reindeer (*Rangifer spp.*). Others (Hagen, 1957; Bergerud, *in* Ahti, 1959), on the contrary, state that *C. alpestris* is one of the least preferred of the "reindeer mosses". Scotter, (1964) places *Cladonia alpestris* among the species of "high value" for caribou but has observed that in the case of Fennoscandian reindeer (Scotter, 1965) this species, if offered when others were available, was the last to be ingested.

The value of *Cladonia rangiferina* is also disputed. Depending on the author, it is untouched (Des Abbayes, 1956; Llano, 1948), slightly utilized (Hustich, 1951) or among the preferred (Ahti, 1959; Hagen, 1957; Simkin, 1965; Scotter, 1964 and 1965). *Cladonia mitis* is recognized as one of the most important lichens by Ahti (1959) and Scotter (1964). Simkin (1965) places *C. mitis* second in importance to *C. alpestris* and *C. rangiferina*. Scotter (1964) designates *Cladonia uncialis* as one of the six "high value" species for the caribou of northern Saskatchewan; similarly, Ahti (1959) states that it is an important source of food for caribou. In Fennoscandia, *C. uncialis* is said to be preferred by the reindeer over *C. alpestris* (Scotter, 1965).

According to Ahti (1959), *Cetraria islandica* is apparently lightly grazed by the caribou in Newfoundland. This species is said to be fed extensively as fodder to cattle and hogs in Scandinavia (Des Abbayes, 1951). The genus *Stereocaulon* is classed among the "medium value" reindeer mosses by Scotter (1964) while it is said to be one of the dominant lichens in reindeer pastures of Lapland (Roivainen, 1957 *in* Ahti, 1959).

For most authors, terrestrial lichens, as a group, constitute the bulk of the winter diet of caribou. Arboreal lichens are considered by most as an emergency food, mainly utilized by caribou when crusted snow conditions prevent the animals from reaching the underlying terrestrial lichens (Ahti, 1959; Scotter, 1962). Cringan (1957), however, considers arboreal lichens of equal importance with terrestrial species. Edwards and Ritcey (1960) state that in Wells Gray Park, British Columbia, arboreal lichens, mainly of the genus *Alectoria*, constitute the main winter food for caribou.

It is generally believed that the utilization of lichens by caribou is restricted to the winter months. Cringan (1957) and Simkin (1965) report that lichens, both terrestrial and arboreal, are eaten the year round. The authors' observations confirm the latter opinion.

During the summer of 1964, the possibility of restoring caribou in a 60-square mile sector of Laurentide Park (Québec), was examined (DesMeules,

1967). A study designed to assess the quantity, by species, of terrestrial lichens available within the designated area yielded a total estimate of 50 million pounds. *Cladonia alpestris*, *C. mitis*, *C. uncialis* and *C. rangiferina*, *Cetraria islandica* and *Stereocaulon spp.* were the most prevalent species. The available information on the utilization of various lichens by caribou, as summarized above, was not of a nature to permit a valid estimate of the carrying capacity of the sector, for caribou.

The present study was undertaken to determine which of the encountered species should be considered important in such an evaluation of the potential range. It was conducted in the form of feeding trials, in Laurentide Park (Québec), from May 30 to July 7, 1966, using ten captive caribou (*Rangifer tarandus*), that had been transported there for the purpose of the restoration programme.

Methods

PRE-TRIALS

Eleven one-hour and four one-half-hour pre-trials were conducted during the period May 31 to June 10, 1966. During each trial two species of lichen were made available simultaneously to the group of caribou by using a two-compartment feeder.

Lichens presented for comparison during the pre-trials were: *Cladonia alpestris*, *C. mitis*, *C. uncialis*, *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina*, *Stereocaulon spp.* and a mixture composed of *Usnea spp.*, *Evernia mesomorpha* and *Alectoria spp.* The lichens were presented in approximately equal quantities by weight. Lichens to be used were gathered a few hours prior to a trial, supersaturated with water, and placed in perforated plastic bags. The bags were then suspended to permit drainage of excess water.

During each trial two observers recorded the time the caribou spent feeding on each species offered. Competitive behaviour between animals at or around the feeder was also noted. The lichens were weighed at the beginning and end of each trial to obtain the quantity of each species consumed.

The results of the pre-trials (Table I) suggested the following preference order for the various lichens: 1) *Cladonia mitis*, 2) *C. uncialis*, 3) *C. alpestris*, 4) *C. rangiferina*, 5) Arboreal lichens, 6) *Cetraria islandica*, 7) *Stereocaulon spp.* The behaviour of the caribou indicated that the feeder used during the pre-trials was of suitable design. Based on information gathered a more controlled study of food selection was designed and executed.

TABLE I

Lichen selection by caribou as indicated by pre-trial data, Laurentide Park, Quebec, June-July, 1966.

Comparison			A	B	A	B
A	vs	B	Mean per cent of total weight of lichens consumed		Mean per cent of total feeding time	
<i>Cladonia alpestris</i>	vs	<i>Cladonia mitis</i>	45.9	54.1	41.0	59.0
	vs	<i>Cladonia uncialis</i>	45.5	54.5	50.8	49.2
	vs	Arboreal lichens ¹	45.2	54.8	52.7	47.3
	vs	<i>Cetraria islandica</i>	91.3	8.7	98.0	2.0
<i>Cladonia mitis</i>	vs	<i>Cladonia uncialis</i>	56.7	43.3	34.9	65.1
	vs	Arboreal lichens	76.4	23.6	70.1	29.9
	vs	<i>Cetraria islandica</i>	100.0	0.0	100.0	0.0
	vs	<i>Cladonia rangiferina</i>	97.1	2.9	93.5	6.5
<i>Cladonia uncialis</i>	vs	Arboreal lichens	71.2	28.8	75.4	24.6
<i>Cladonia spp.</i> ²	vs	Arboreal lichens	58.2	41.8	82.6	17.4
	vs	<i>Stereocaulon spp.</i>	98.0	2.0	97.4	2.6
<i>Cetraria islandica</i>	vs	<i>Cladonia rangiferina</i>	17.6	82.4	19.3	80.7
	vs	<i>Stereocaulon spp.</i>	97.5	2.5	87.5	12.5

1. *Usnea spp.*, *Evernia mesomorpha* and *Alectoria spp.*2. *C. mitis*, *C. alpestris* and *C. uncialis*.

TRIALS

Materials: The caribou used in the study were two adult males and eight females (seven adults, one yearling). They were captured in late March at Lac Raimbault, Quebec (53° 10'N., 68°28'W) and transferred to a 30,000 sq.-ft enclosure in Laurentide Park. Identification of individual animals during the feeding trials was facilitated by numbered tags on some animals, numbers spray-painted on others and various distinguishing features (size, pelage, characteristic behaviour) with which the observers had become familiar.



FIGURE 1. A caribou in position to choose between two lichen rations in the feeder, Laurentide Park (Québec), June-July, 1966.

The feeder used in these trials is shown in Figure 1. Its design permitted adequate separation of the two rations being offered and facilitated the collection of any waste or spillage. The caribou had easy access to either side of the feeder (i.e. to either ration) and the side at which feeding took place could be readily distinguished by the observers. The projections at the side of the feeder helped to reduce the incidence of multiple feeding. The feeder was attached to the enclosure fence at a height of 40 inches.

A nine foot high observation tower was located 50 feet in front of the feeder (Figure 2). Two observers sat on the tower platform during each trial. One of these observers recorded the animal's behaviour on the data sheet while the other was responsible for describing the ongoing behaviour and for timing,

by means of a stop-watch. A third observer was present on the ground to assist in the identification of animals and to induce the animals toward the feeder whenever no animal was feeding.

Five lichen rations were selected for study on the basis of the caribou's food selection during the pre-trials. Because the degree of preference exhibited among *Cladonia mitis*, *C. uncialis* and *C. alpestris* was not appreciable, these three lichens were grouped together to form one ration for the feeding trials. In both the pre-trials and trials the three arboreal lichens *Usnea spp.*, *Evernia mesomorpha* and *Alectoria spp.* were tested as a mixture because the task of collecting them separately was considered to be too time-consuming for the purposes of the study. The rations were as follows:

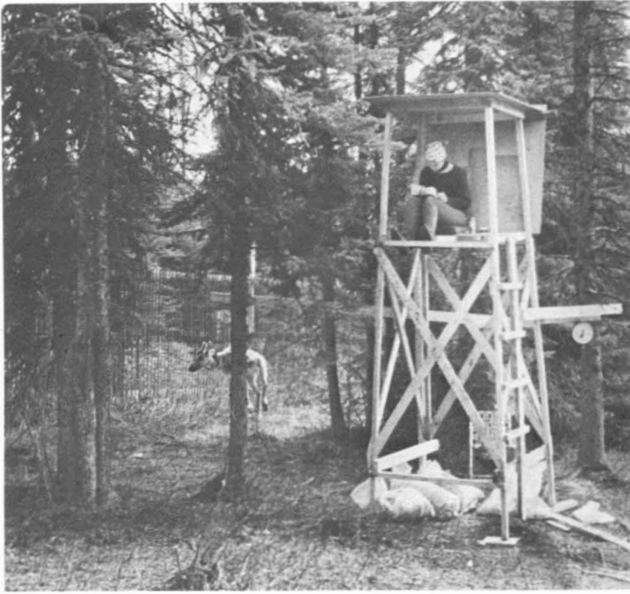


FIGURE 2. Observation tower facing the feeder, Laurentide Park (Québec), June-July, 1966.

LICHEN RATION	SPECIES INCLUDED
<i>Cladonia spp.</i>	<i>Cladonia mitis</i>
	<i>Cladonia uncialis</i>
	<i>Cladonia alpestris</i>
<i>Cladonia rangiferina</i>	<i>Cladonia rangiferina</i>
<i>Cetraria islandica</i>	<i>Cetraria islandica</i>
<i>Stereocaulon spp.</i>	<i>Stereocaulon spp.</i>
Arboreal lichens	<i>Usnea spp.</i>
	<i>Evernia mesomorpha</i>
	<i>Alectoria spp.</i>

The quantities of lichen required for each day's feeding trials were collected the previous day. The lichens were supersaturated with water and placed in rectangular wire-mesh containers. These containers were hung up overnight to permit drainage of excess water. The following morning the appropriate quantity of each of the lichen rations required for that day's trials was placed in a plastic bag and the bags were sealed.

During the period of the feeding trials, lichen, principally *Cladonia spp.*, was available to the caribou on a free-feeding basis each night. This lichen was deposited in the enclosure in the late afternoon.

Design : — A total of 30 one-hour feeding trials were conducted over a four-week period from June 14 to July 6, 1966. During each one-hour trial lichen rations were presented simultaneously to the animals. Each one-hour trial was divided into two phases in order to control for any side preference (left or right) at the feeder. The positions of the two lichen rations being compared were reversed at the end of the first half-hour during each trial.

Each of the five (5) lichen rations was presented with each of the other four (4) in three (3) one-hour trials. That is, each of the possible ten (10) pairings or comparisons occurred three (3) times during the series of 30 trials. Three one-hour trials were conducted each day at approximately 09:00, 10:30 and 13:30. The influence of time of day on feeding behaviour was controlled by running each comparison once at each of the three times of day.

The same lichen ration was not presented in successive trials during a day in order to avoid any direct carry-over effect from one trial to the next.

Procedure : — Prior to each trial the plastic bags containing the two lichen rations to be compared (Lichen Ration A and Lichen Ration B) were opened and a one-half pound sample taken from each for future analysis of the humidity and chemical composition of the lichen offered.

The weights (approx. 15 lb. each) of the quantities of Lichen Ration A and Lichen Ration B presented were recorded on the prepared data sheet. Lichen Ration A was placed in the left compartment of the feeder and Lichen Ration B in the right. At the end of Phase 1 (30 minutes) the remaining quantities of each lichen ration were weighed, one-half pound samples of representative material taken and the position of Lichen Rations A and B reversed. The weights of the rations presented for Phase 2 were recorded. Following Phase 2 (30 minutes) the remaining quantities of Lichen Ration A and Lichen Ration B were weighed, the weights recorded and one-half pound samples taken.

Each 30-minute phase of each trial began as soon as one caribou commenced feeding. The two observers in the tower recorded in chronological order, behaviour of the caribou at the feeder. The following information was recorded for each animal feeding :

- the animals' number
- the time feeding began
- the lichen ration eaten
- the number and time of approach of any other animal and its behaviour in relation to the feeding animal
- the time feeding on one lichen ration ceased
- the time the animal left the feeder or began eating the other lichen ration.

When exactly 30 minutes had elapsed after the first instance of feeding, animals at the feeder were dispersed and the phase terminated.

Results and Discussion

The results presented are based on a group of seven caribou, each member of which participated to some degree in the feeding trials. Analysis of behaviour on an individual animal basis will be presented in a future report. Three criterion measures were used : 1) feeding time² 2) quantity (by weight) of lichen consumed and 3) choice behaviour.

FEEDING TIME

An analysis of variance performed on the total feeding times (both lichen rations included) during each phase of each trial revealed no significant difference in the total feeding time per phase between different trials during each day or between trials on different days. There was, however, a significant difference in the amount of feeding time during the first phases and second phases of the one-hour trials ($p < 05$). The overall mean feeding time per 30-minute phase was 24.9 minutes. The mean for Phase 1 was 26.1 minutes, while that for Phase 2 was 23.7 minutes. A side preference or habituation to one side of the feeder did not occur. During Phase 1 of the trials the "preferred" lichen ration in terms of feeding time was located on the left side of the feeder in 50 per cent of the trials and on the right side in 50 per cent of the trials. The corresponding percentages for Phase 2 were 57 per cent on the left and 43 per cent on the right. These differences were not significant.

2. Total time spent feeding on ration presented.

The relative percentages of feeding time spent on each lichen ration in all comparisons are indicated in Table II. These percentages were based on three one-hour trials for each comparison. Preference orders based on feeding times are also given in Table II. It should be noted that the five preference orders (resulting from each lichen ration in comparison with the other four) were identical.

TABLE II

Relative lengths of time caribou spent feeding on each lichen ration during preference tests, Laurentide Park, Québec, June-July 1966.

		Mean per cent of total feeding time per trial		Preference orders based on relative feeding times
Lichen Ration A	vs Lichen Ration B	Lichen Ration A	Lichen Ration B	
<i>Cladonia</i> spp. ¹				
	vs <i>Cladonia rangiferina</i>	78.0	22.0	1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cetraria islandica</i>	85.4	14.6	2. <i>Cladonia rangiferina</i>
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	100.0	0.0	3. Arboreal lichens
	vs Arboreal lichens ²	78.5	21.5	4. <i>Cetraria islandica</i>
				5. <i>Stereocaulon</i> spp.
<i>Cladonia rangiferina</i>				
	vs <i>Cladonia</i> spp.	26.0	74.0	1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cetraria islandica</i>	69.7	30.3	2. <i>Cladonia rangiferina</i>
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	86.7	13.3	3. Arboreal lichens
	vs Arboreal lichens	66.2	33.8	4. <i>Cetraria islandica</i>
				5. <i>Stereocaulon</i> spp.
<i>Cetraria islandica</i>				
	vs <i>Cladonia</i> spp.	14.6	85.4	1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cladonia rangiferina</i>	30.3	69.7	2. <i>Cladonia rangiferina</i>
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	76.5	23.5	3. Arboreal lichens
	vs Arboreal lichens	43.2	56.8	4. <i>Cetraria islandica</i>
				5. <i>Stereocaulon</i> spp.
<i>Stereocaulon</i> spp.				
	vs <i>Cladonia</i> spp.	0.0	100.0	1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cladonia rangiferina</i>	13.3	86.7	2. <i>Cladonia rangiferina</i>
	vs <i>Cetraria islandica</i>	23.5	76.5	3. Arboreal lichens
	vs Arboreal lichens	15.4	84.6	4. <i>Cetraria islandica</i>
				5. <i>Stereocaulon</i> spp.
Arboreal lichens				
	vs <i>Cladonia</i> spp.	21.5	78.5	1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cladonia rangiferina</i>	33.8	66.2	2. <i>Cladonia rangiferina</i>
	vs <i>Cetraria islandica</i>	56.8	43.2	3. Arboreal lichens
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	84.6	15.4	4. <i>Cetraria islandica</i>
				5. <i>Stereocaulon</i> spp.

(1) *C. mitis*, *C. alpestris*, *C. uncialis*

(2) *Usnea* spp., *Evernia mesomorpha*, *Alectoria* spp.

The pre-trial data suggested a preference order as follows :

<i>Cladonia mitis</i>	}	<i>Cladonia spp.</i>
<i>C. uncialis</i>		
<i>C. alpestris</i>		
<i>C. rangiferina</i>		
Arboreal lichens (<i>Usnea spp.</i> , <i>Evernia mesomorpha</i> , <i>Alectoria spp.</i>)		
<i>Cetraria islandica</i>		
<i>Stereocaulon spp.</i>		

A chi-square test based on the number of trials during which each of the lichen rations was preferred (criterion of percentage feeding time) revealed that the observed preference order did not differ significantly from that hypothesized on the basis of the pre-trial data (χ^2 : 0.66 df 5). However the data indicated a slight preference for *Cladonia rangiferina* over Arboreal lichens. These two rations had not been compared directly during the pre-trials.

An alternate method of utilizing the feeding time data yielded the same preference order. The mean feeding time per one-hour trial and the range of feeding times for each of the five lichen rations are presented in Table III. A Student-Newman-Keul range test for the comparison of more than two means was used on these data (Steel and Torrie, 1960). The mean feeding time on *Cladonia spp.* was significantly greater than for all other lichen rations ($p < .05$) and that on *Stereocaulon spp.* was significantly less than for all others ($p < .05$).

TABLE III

Mean and range of time spent feeding on each lichen ration during 12 one-hour feeding trials. Laurentide Park, Québec, June-July, 1966.

Lichen Ration	Number of trials	Mean feeding time per one-hour trial (min.)	Range of feeding time (min.)
<i>Cladonia spp.</i> ¹	12	45.1	27.9 - 55.5
<i>Cladonia rangiferina</i>	12	31.2	5.9 - 53.2
Arboreal lichens ²	12	24.4	8.9 - 47.8
<i>Cetraria islandica</i>	12	17.5	5.0 - 30.9
<i>Stereocaulon spp.</i>	12	4.4	0.0 - 19.2

(1) *Cladonia mitis*, *C. alpestris* and *C. uncialis*.

(2) *Usnea spp.*, *Evernia mesomorpha*, *Alectoria spp.*

TABLE IV

Relative quantities of lichen consumed during preference tests
Laurentide Park, Québec, June-July, 1966.

		Mean per cent of total weight of lichen consumed		Preference orders based on weight of lichen consumed
Lichen Ration A	vs Lichen Ration B	Lichen Ration A	Lichen Ration B	
<i>Cladonia</i> spp. ¹				1. <i>Cladonia</i> spp. ¹
	vs <i>C. rangiferina</i>	71	29	2. <i>C. rangiferina</i>
	vs <i>Cetraria islandica</i>	85	15	3. Arboreal lichens ²
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	100	0	4. <i>Cetraria islandica</i>
	vs Arboreal lichens ²	76	24	5. <i>Stereocaulon</i> spp.
<i>C. rangiferina</i>				1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cladonia</i> spp.	29	71	2. <i>C. rangiferina</i>
	vs <i>Cetraria islandica</i>	66	34	3. <i>Cetraria islandica</i>
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	89	11	4. Arboreal lichens
	vs Arboreal lichens	67	33	5. <i>Stereocaulon</i> spp.
<i>Cetraria islandica</i>				1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cladonia</i> spp.	15	85	2. <i>C. rangiferina</i>
	vs <i>C. rangiferina</i>	34	66	3. Arboreal lichens
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	78	23	4. <i>Cetraria islandica</i>
	vs Arboreal lichens	49	51	5. <i>Stereocaulon</i> spp.
<i>Stereocaulon</i> spp.				1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cladonia</i> spp.	0	100	2. <i>C. rangiferina</i>
	vs <i>C. rangiferina</i>	11	89	3. Arboreal lichens
	vs <i>Cetraria islandica</i>	23	78	4. <i>Cetraria islandica</i>
	vs Arboreal lichens	16	83	5. <i>Stereocaulon</i> spp.
Arboreal lichens				1. <i>Cladonia</i> spp.
	vs <i>Cladonia</i> spp.	24	76	2. <i>C. rangiferina</i>
	vs <i>C. rangiferina</i>	33	67	3. Arboreal lichens
	vs <i>Cetraria islandica</i>	51	49	4. <i>Cetraria islandica</i>
	vs <i>Stereocaulon</i> spp.	84	16	5. <i>Stereocaulon</i> spp.

(1) *Cladonia mitis*, *C. alpestris* and *C. uncialis*

(2) *Usnea* spp., *Evernia mesomorpha*, *Alectoria* spp.

The mean feeding time on *Cladonia rangiferina* and on *Cetraria islandica* each differed significantly ($p < .05$) from all other lichen ration except Arboreal lichens (Table III).

Although the feeding time was significantly less during the second one-half hour phase of the feeding trials, the overall nature and magnitude of the preferences in Phase 1 and Phase 2 showed no significant differences.

QUANTITY OF LICHEN CONSUMED

The per cent, by oven-dry weight, of the total quantity of lichen consumed in all comparisons for each lichen ration is indicated in Table IV. Preference orders based on these percentages are indicated. The preference orders based on four of the five lichen rations are identical. Only that based on *Cladonia rangiferina* differs from the others. In this case *Cetraria islandica* and Arboreal lichens are reversed in the preference order.

The means and ranges of the quantities of each lichen ration consumed during the series of one-hour trials are presented in Table V. Ranking of these means produces the same preference order as the feeding time criterion. A significantly greater amount of *Cladonia spp.* was consumed than any other ration ($p < .05$). Significantly less *Stereocaulon spp.* was consumed than all other rations ($p < .05$). The mean amounts of *Cladonia rangiferina* and *Cetraria islandica* consumed differed significantly from each of the other rations except Arboreal lichens (Student-Newman-Keul range test).

TABLE V

Means and ranges of quantities (in pounds)¹ of each lichen ration consumed during 12 one-hour feeding trials, Laurentide Park, Québec, June-July, 1966.

Lichen Ration	Number of trials	Mean quantity consumed per one-hour trial (all comparisons) (pounds)	Range of quantities consumed (pounds)
<i>Cladonia spp.</i> ²	12	2.57	1.52 - 3.24
<i>Cladonia rangiferina</i>	12	1.75	0.77 - 2.89
Arboreal lichens ³	12	1.17	0.52 - 2.59
<i>Cetraria islandica</i>	12	0.96	0.28 - 1.58
<i>Stereocaulon spp.</i>	12	0.25	0.00 - 0.91

(1) Poundage given for oven-dry weight

(2) *Cladonia mitis*, *C. alpestris* and *C. uncialis*

(3) *Usnea spp.*, *Evernia mesomorpha*, *Alectoria spp.*

CHOICE BEHAVIOUR

A third criterion of preference which is frequently employed is that of number of choices per species. The percentage of total choices made during a trial was obtained for each of the two lichen rations presented. The mean percentage of choices per trial and the range over 12 trials for each lichen ration are presented in Table VI.

A range test (Student - Newman - Keul) applied to the mean per cent of choices indicated that *Stereocaulon spp.* was chosen significantly fewer times than each of the other rations ($p < .05$). *Cladonia spp.* was chosen significantly more times than the other rations with the exception of *Cladonia rangiferina* where the difference just approached significance. The mean per cent of choices per feeding trial was not significantly different for *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica* or Arboreal lichens.

The differences obtained using this criterion are not as marked as those obtained by the first two criterion measures. One disadvantage of using choice behaviour is that it does not take into account the length of time spent feeding or the amount consumed. Thus a choice of *Stereocaulon spp.* which is then eaten for a few seconds is considered equivalent to a choice of *Cladonia spp.* subsequently eaten for five minutes. This may explain in part the lack of significant differences obtained for the intermediate ranking rations using this criterion.

TABLE VI

Percentage of times each lichen ration was chosen over every other during preference tests, Laurentide Park, Québec, June-July, 1966.

Lichen Ration	Number of trials	Per cent of choices per feeding trial	
		Mean	Range
<i>Cladonia spp.</i> ¹	12	70.7	56.8 - 100.0
<i>Cladonia rangiferina</i>	12	59.2	37.5 - 100.0
Arboreal lichens ²	12	51.0	31.0 - 97.4
<i>Cetraria islandica</i>	12	51.3	33.3 - 77.3
<i>Stereocaulon spp.</i>	12	17.9	0.0 - 38.1

(1) *Cladonia mitis*, *C. alpestris* and *C. uncialis*

(2) *Usnea spp.*, *Evernia mesomorpha*, *Alectoria spp.*

All three criterion measures yielded similar conclusions concerning the least preferred and most preferred lichen rations : *Stereocaulon spp.*, least preferred and *Cladonia spp.* preferred above all others. The suggested rank order based on the criteria of feeding time and quantity consumed was as follows :

Cladonia spp.
Cladonia rangiferina
Arboreal lichens
Cetraria islandica
Stereocaulon spp.

Differences among the three intermediate lichen rations were not as evident when the choice behaviour criterion was applied.

The behaviour of the caribou in this study clearly indicates that they do differentiate between various lichen species or lichen mixtures, even between the so-called "reindeer lichens" (*Cladonia*, sub-genus *Cladina*, see Ahti, 1961).

The rank order of preference obtained during this study would not necessarily hold true during the winter months. It should be recalled that the chemical composition of forage lichens has been shown to vary with the seasons (Scotter 1965b) and this may cause changes in the palatability of the various lichens and thus change the preference order.

The most prevalent species of lichens, both terrestrial and arboreal, found in the sector of Laurentide Park designated for the caribou restoration project with the exception of *Stereocaulon spp.* and *Cetraria islandica*, should be considered important in an evaluation of the carrying capacity for caribou.

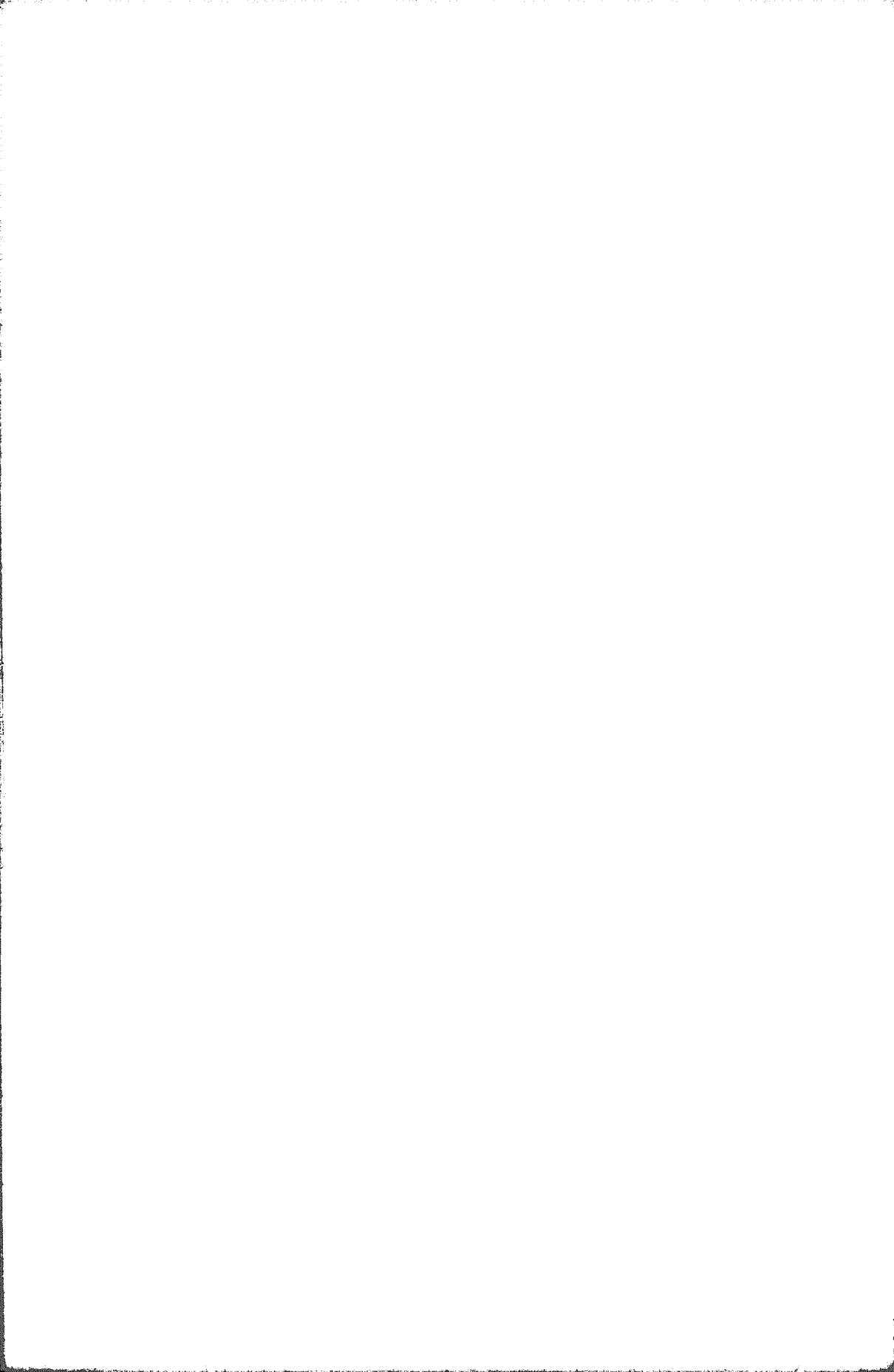
Acknowledgements

The authors wish to express their appreciation to Miss Andrée Lachance and Messrs. Aldée Beaumont, Jean-Marie Brassard, Albert Gagnon and Pierre Laliberté for their valuable assistance in this study.

References

- AHTI, T., 1959. Studies of the caribou lichen stands of Newfoundland. *Ann. Bot. Soc. « Vanamo »*, **30**(4): 1-44.
- AHTI, T., 1961. Taxonomic studies on reindeer lichens (*Cladonia*, Subgenus *Cladina*) *Ann. Bot. Soc. « Vanamo »*, **32**(1): I-IV, 1-160.

- CRINGAN, A.T., 1957. History, food habits and range requirements of the woodland Caribou of continental North America. *Trans. N. Am. Wildl. Conf.*, **22**, 485-501.
- DES ABBAYES, H., 1951. Traité de lichénologie. Encyclopédie Biologique, XLI. Lechevalier; Paris - VI^e. I-X, 1-217.
- DESMÉULES, P., 1967. Projet de restauration du caribou dans le Parc des Laurentides, *Carnets Soc. zool. Québ.*, **27**(2): 20-25.
- EDWARD, R.Y. and R.W. Ritcey, 1960. Foods of caribou in Wells Gray Park, British Columbia. *Can. Fld Nat.*, **74** (1): 3-7.
- HAGEN, P., 1957. Vvordan kan forskningen hjelpe reindriften? — Samiid dilit. Föredrag vid den nordiska samekonferensen i Jokkmokk 1953, 112-121. Oslo. *in Ahti*, (1959).
- HUSTICH, I., 1951. The lichen woodlands in Labrador and their importance as winter pastures for domesticated reindeer. *Acta geogr.*, **12**(1): 1-48.
- LLANO, G., 1948. Economic uses of lichens. *Econ. Bot.*, **2**(1): 15-45 *in Ahti*, (1959).
- ROIVAINEN, H., 1957. Länsi – matkaopas. 191 pp. Helsinki, *in Ahti*, (1959).
- SCOTTER, G.W., 1964. Effects of forest fires on the winter range of barren-ground caribou in northern Saskatchewan. *Wildl. Mgmt. Bull. Ser. 1*, **18**: 1-111.
- SCOTTER, G.W., 1965 a. Study of the winter range of barren-ground caribou with special reference to the effects of forest fires. Progress Report N° 3, Can. Wildl. Serv., 81 pp.
- SCOTTER, G.W., 1965 b. Chemical composition of forage lichens from northern Saskatchewan as related to use by barren-ground caribou. *Can. J. Pl. Sci.*, **45**: 246-250.
- SIMKIN, D.W., 1965. A preliminary report of the woodland caribou study in Ontario. Section Report (Wildlife) N°. 59. Research Branch. Ontario Dept. of Lands and Forests 76 pp.
- STEEL, R.G.D. and J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York, 481 pp.



CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE FOOD HABITS OF CARIBOU
PART II — DAILY CONSUMPTION OF LICHENS

PIERRE DESMEULES and JOAN HEYLAND
Quebec Wildlife Service

Résumé

Un étude en vue de la détermination de la quantité de lichens ingérée quotidiennement par le caribou a été effectuée du 16 juin au 4 octobre 1966 sur 13 caribous gardés en captivité dans le Parc des Laurentides, Québec. Les caribous isolés ont consommé en moyenne 17.0 livres de lichens, poids humide, par jour, par individu, alors que les animaux nourris en groupe ont consommé une moyenne de 18.2 livres chacun. En plus des lichens, les animaux répartis en groupe ont consommé environ une moyenne de cinq livres de provende commerciale chacun, par jour.

Abstract

A study to determine the quantity of lichens consumed daily by caribou was conducted in Laurentide Park, Québec, between June 16 and October 4, 1966, using 13 captive caribou. Estimates of mean consumption of lichens, per animal, per day were derived from animals feeding as a group and singly; these were 18.2 and 17.0 pounds, green weight, respectively. In addition animals feeding as a group consumed approximately five pounds of commercial feed per animal.

The authors are aware of only one reference pertaining to the quantity of lichens consumed by *Rangifer*. Hustich (1951) cited Soczava (1933) as reporting that a reindeer consumes five tons, green weight, of lichens, per annum. Assuming that lichens are consumed throughout the year, this would convert to a value of 27 or 31 pounds, per day, depending on whether the cited value was originally given in "long" or "short" tons.

As part of a proposed caribou restoration programme in a sector of Laurentide Park, Québec (DesMeules, 1967) it was necessary to have, among other data, a reliable estimate of daily lichen consumption in order to assess the carrying capacity of the sector, for caribou. The present study was undertaken to obtain this information. It was conducted in Laurentide Park in the summer of 1966, concurrently with lichen preference feeding trials (DesMeules and Heyland, 1969) using captive caribou that had been transported there for the purpose of the restoration programme.

Method

The corral, in which the caribou used during this study were kept, permitted the isolation of individuals, thus allowing consideration of animals feeding either singly or in a group.

The caribou were offered known quantities of terrestrial lichens, mainly a mixture of *Cladonia alpestris*, *C. mitis* and *C. uncialis*. The quantity of this mixture placed in the feeding trough was in excess of the expected daily intake. All lichens presented were previously dampened. They included the dead and the decayed portions of the podetia as well as inherent foreign material. The average dry-weight of the mixture offered, as well as that of the leftovers, as determined from samples, was 35 per cent of the damp weight. Individual animals isolated for the purpose of this study were presented with lichens only. In most instances, commercial feed in addition to lichens was available to the animals feeding as a group. The feed offered was University of British Columbia Ration No. 36-57 (Wood et al., 1961).

Twenty-four hours after the lichens had been made available, leftovers were collected and weighed in order to determine the quantity of lichens consumed.

In total, nine adult caribou — two stags and seven does —, one yearling and three calves participated in this study. In calculating consumption rates the three calves were considered equivalent to one adult. The data are based on 71 days of observation between June 16 and October 4, 1966.

Results and Discussion

The estimated mean consumption, per animal, per day, as determined for animals feeding in a group and feeding singly, appear in Table I and Table II respectively.

The value, based on the group's data, was 18.2 pounds of lichens, green weight, or 6.4 pounds oven-dry weight. In addition approximately five pounds of commercial feed were consumed per animal, per day. Animals feeding as a group consumed an average of 69 per cent of the lichen mixture presented each day.

The mean quantity of lichen consumed per day by animals feeding singly was 17.0 pounds, green weight, or 5.9 pounds oven-dry weight. On the average, 54 per cent of the lichen mixture presented each day to individual animals was consumed.

Two possible explanations might be offered for the observed difference in the estimates for mean daily consumption of grouped vs single animals: 1) the consumption rate of the three calves could have been superior to that

TABLE I

Daily Consumption of Lichens by Caribou (Group Feeding)
Laurentide Park, Québec, June-October 1966

Period	Number of days	Weight of lichens presented		Weight of commercial feed presented Mean (lb.)	Weight of lichens consumed		Weight of commercial feed consumed	No. of animals feeding	Estimated mean lichen consumption/animal/day (lb.)
		Mean (lb.) ¹	Range (lb.)		Mean (lb.)	Range (lb.)			
June 18 — June 30	7	206	163 – 230	0	181	163 – 210	0	8	22.6
July 1 — July 22	16	196	133 – 230	29	186	118 – 230	29	9	20.7
July 23 — Aug. 9	13	235	151 – 273	50	199	126 – 231	50	8 + 3 calves	22.1
Aug. 10 — Aug. 31	22	232	174 – 303	48	161	110 – 216	48	8 + 3 calves	17.9 ²
Sept. 1 — Sept. 13	13	230	209 – 280	45	153	124 – 193	45	8 + 3 calves	17.0
Sept. 28 — Oct. 3	6	278	269 – 287	45	195	188 – 202	45	8 + 3 calves	21.7
TOTAL ³	41	238	174 – 303		164	110 – 216		8 + 3 calves	18.2

1 All weights given are "green" or humid weights.

2 From August 10 on, approximately 5.0 pounds of commercial feed was consumed per animal, per day.

3 Figures based on period after Aug. 10 during which the weight of leftovers was determined by accurate weighing rather than estimation.

TABLE II

Daily Consumption of Lichens by Caribou (Single animals feeding)
Laurentide Park, Québec, June-October, 1966

Period	Number of days	Animal's number ¹	Weight of lichens presented (pounds)		Weight of lichens consumed per day (pounds)	
			Mean	Range	Mean	Range
June 16 — June 30	12	7	34.8	27.0-51.5	17.2	12.4-21.1
July 1 — July 19	17	9 ²	24.4	20.0-35.4	15.3	11.5-20.5
July 23 — July 24	2	5	31.3	28.6-34.0	17.1	14.6-19.6
July 31 — Oct. 4	40	4	33.2	30.0-47.5	17.6	9.0-27.0
TOTAL	71		31.3		17.0	

¹ Adult animals.

² No. 9: male with broken leg in cast.

estimated i.e. superior to that of one adult, and 2) it is a well known fact that group-feeding induces individuals to ingest more than they would if they were feeding alone.

For practical purposes it is probably safe to state that an adult caribou consumes in the order of 18 pounds of lichens, green weight, or 6 pounds oven-dry weight, per day, whenever in the presence of unlimited supplies of this material. This estimate is slightly lower than the previously stated figure. It is to be expected however that lichen consumption during colder months would be higher than what was observed in this study during the summer months.

Acknowledgements

The authors wish to express their appreciation to Messrs. Aldée Beaumont and Albert Gagnon, technicians with the Québec Wildlife Service, for their valuable assistance in this study.

References

- DESMEULES, P. 1967. Projet de restauration du caribou dans le Parc des Laurentides. *Carnets Soc. zool. Québ.*, **27** (2): 20-24.
- DESMEULES, P., Joan HEYLAND, 1969. Contribution to the study of the food habits of caribou. Part I - Lichen preferences. *Naturaliste can.* **96**, 317-331.
- HUSTICH, I. 1951. The lichen woodlands in Labrador and their importance as winter pastures for domesticated reindeer. *Acta geogr.* **12**(1): 1-48.
- SOCZAVA, V., 1933. Natural grazing lands of the tundra zone of Yakutia. Orig. Russ. The Soviet Reindeer Industry. Vol. 2. Leningrad. in Hustich, 1951.
- WOOD, A.G., H.C. NORDAN and I. Mct. COWAN, 1961. The care and management of wild ungulates for experimental purposes. *J. Wildl. Mgmt.*, **25**(3): 295-302.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE L'ÉPERLAN ARC-EN-CIEL *OSMERUS*
EPERLANUS MORDAX ET DE *GLUGEA HERTWIGI* (SPOROZOA :
MICROSPORIDIA) EN EAU DOUCE, AU QUÉBEC

CLAUDE DELISLE¹ et CLÉMENT VEILLEUX
Département de Biologie, Université d'Ottawa, Ontario.

et

Service de la Faune, Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche,
Hull, Québec.

Résumé

Une enquête menée auprès des biologistes de la faune aquatique du Québec, indique qu'il y a 128 plans d'eau actuellement connus, contenant de l'Éperlan d'eau douce. Sur ce nombre, 42 populations ont été établies à la suite d'ensemencements.

Nous présentons une carte de répartition géographique de cette espèce, basée sur les principaux bassins hydrographiques du Québec.

Les bassins de drainage les plus peuplés en Éperlans, présumément natifs de ces régions, sont ceux de la rivière Gatineau, la rivière du Lièvre, la rivière Saint-Maurice et la rivière Saint-François. Les différences de taux de croissance, chez les populations allopatriques et sympatriques sont prises en considération.

Un parallèle est fait entre la répartition géographique de L'Éperlan dulcaquicole au Québec, et du parasite *Glugea hertwigi* (Sporozoa : Microsporidia) jusqu'ici considéré comme spécifique à cette espèce en eau douce et salée. Ce sporozoaire se dissémine dans les bassins de drainage de la Gatineau, du Lièvre, de la Saint-Maurice ainsi que dans la rivière Outaouais. Sur 23 plans d'eau étudiés à cet effet, 11 sont infestés par *Glugea hertwigi*.

Abstract

An inquiry directed to Québec biologists indicates that there are 128 freshwater lakes and rivers containing Smelts. Out of this number, 42 bodies of water contain introduced Smelts.

A geographic distribution map for this species, based upon the Québec hydrography, is presented.

1. Adresse actuelle : Aquarium de Montréal, Département des Parcs,
Ile Ste-Hélène, Montréal, Québec.

Out of the 30 drainage basins found containing Smelts, the greatest concentrations of native ones are found in the Gatineau River, the Du Lièvre River, the Saint-Maurice River and the Saint-François River.

Differences in rate of growth in allopatric and sympatric populations are taken under consideration.

A geographic relationship between the distribution of freshwater Smelts and that of its host specific parasite *Glugea hertwigi* (Sporozoa : Microsporidia) is demonstrated. This sporozoon is present in 11 of the 23 bodies of water checked for *Glugea*. The infested Smelts are found in the drainage basins of the Gatineau, the Du Lièvre, The Saint-Maurice and also in the Outaouais River.

Introduction

C'est dans la région de la vallée de l'Outaouais, la plus peuplée en Éperlans arc-en-ciel (McAllister, 1963) au Québec, que nous avons principalement fait nos recherches au cours des cinq dernières années. Une enquête effectuée en 1967 auprès des chefs de district du Service de la Faune du Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche du Québec, compléta une classification systématique des principaux plans d'eau contenant de l'Éperlan d'eau douce.

Il n'existe pas de bonnes compilations sur la répartition géographique de l'Éperlan dulcaquicole et de plusieurs autres espèces de poissons au Québec. Plusieurs personnes, plus particulièrement de l'extérieur du Québec, pensent que les lacs Memphremagog, Champlain, Kénogami, des Iles, Green et certains autres sont parmi les rares plans d'eau contenant de l'Éperlan au Québec. Le but de ce travail est donc de présenter une carte de répartition géographique de l'Éperlan d'eau douce et de *Glugea hertwigi* au Québec, de classer les populations sympatriques et allopatriques d'Éperlan d'eau douce par catégories de taille, et finalement de donner assez d'informations sur *Glugea hertwigi* pour qu'on évite l'introduction de populations infestées et la dissémination de ce parasite.

Matériel et méthodes

La carte topographique qui a servi à l'élaboration de la figure 7 est une adaptation de la carte numéro 3 des principaux bassins hydrographiques du Québec, préparée en 1966 au Bureau de l'Économie forestière (Service forestier, Ministère des Terres et Forêts, Québec).

Les chiffres encadrés représentent le numéro du bassin de drainage, et le pointillé délimite l'aire du bassin. Quant aux petits chiffres habituellement

situés à droite du symbole, ils représentent le numéro du plan d'eau à l'intérieur du bassin de drainage et se réfèrent à l'appendice.

Toujours à la figure 7, les symboles qui représentent les sept lacs situés sur la Côte Nord (bassin de drainage no 1) ne sont pas géographiquement en place. Ces lacs sont en réalité situés plus au nord-est du symbole les représentant. Nous donnons en appendice, plus de précisions sur les sites géographiques de ces plans d'eau et des autres compris dans cette étude.

Dans le fleuve St-Laurent, l'extrémité sud de l'île d'Orléans représente notre point limite entre l'eau douce et l'eau salée.

À cause de leur importance, nous n'avons pas assigné de numéro de bassin de drainage à la rivière Outaouais, au fleuve St-Laurent et ses élargissements, ainsi qu'au lac St-Jean et à son émissaire, la rivière Saguenay.

Deux symboles sont utilisés pour le lac Meach (43-2)². Cela signifie que cette population résulte d'un ensemencement et qu'elle n'est pas infestée par *G. hertwigi*.

La figure 8 permet de mieux discerner les chiffres et les symboles dans les bassins où les plans d'eau à Éperlans sont les plus concentrés.

Les nappes d'eau rapportées dans ce travail sont celles qui furent portées à notre connaissance jusqu'au mois de décembre 1968.

Résultats

HYPOTHÈSE DES DEUX « RACES »

D'après Kendall (1927), Greene (1930) Zilliox and Youngs (1958) et Brooks and Deevey (1963), les populations lacustres d'Éperlans des États de la Nouvelle-Angleterre et de l'Est du Canada, sont d'un intérêt particulier pour les écologistes et les taxonomistes, parce qu'elles appartiennent à deux catégories distinctes. Ces auteurs reconnaissent, comme nous d'ailleurs, une forme naine (small) et une forme géante (large) d'où provient l'hypothèse tant controversée de l'« Éperlan nain — Éperlan géant », principalement mis en doute par Rupp and Redmond (1966). Ces différences dans le taux de croissance prennent une importance particulière lorsqu'il s'agit de populations sympatriques, c'est-à-dire coexistant dans un même environnement, sans séparation géographique (fig. 1). Le cas du lac Heney est typique de cette condition de sympatrie (Legault et Delisle, 1968) où les Éperlans géants frayent sous la glace, plusieurs semaines avant les Éperlans nains.

2. (43-2) réfère à l'appendice. 43 : numéro et nom du bassin de drainage. 2 : numéro et nom du plan d'eau dans le bassin de drainage en question.

Lorsqu'il s'agit de populations allopatriques (fig. 2), trois catégories distinctes d'Éperlans sont proposées d'après leur taux de croissance. Comme on le sait, dans les cas d'allopatrie, le taux de croissance varie selon les conditions du milieu. On classe les adultes de ces trois catégories d'après leurs tailles (longueur totale) en populations d'Éperlans géants (20-36 cm), normaux (10-20 cm) et nains (moins de 10 cm).

RÉPARTITION d'*Osmerus eperlanus mordax*

Sur un grand total de 128 nappes d'eau dans lesquelles l'Éperlan d'eau douce est présent, 42 ont étéensemencées. Cependant, on doute encore de l'efficacité de l'ensemencement dans certains de ces lacs comme les lacs Papin (45-2), aux Vers (45-3), Long (45-4) et aux Sangsues (46-1) (communication personnelle, J.P. Cuerrier, juillet 1968).

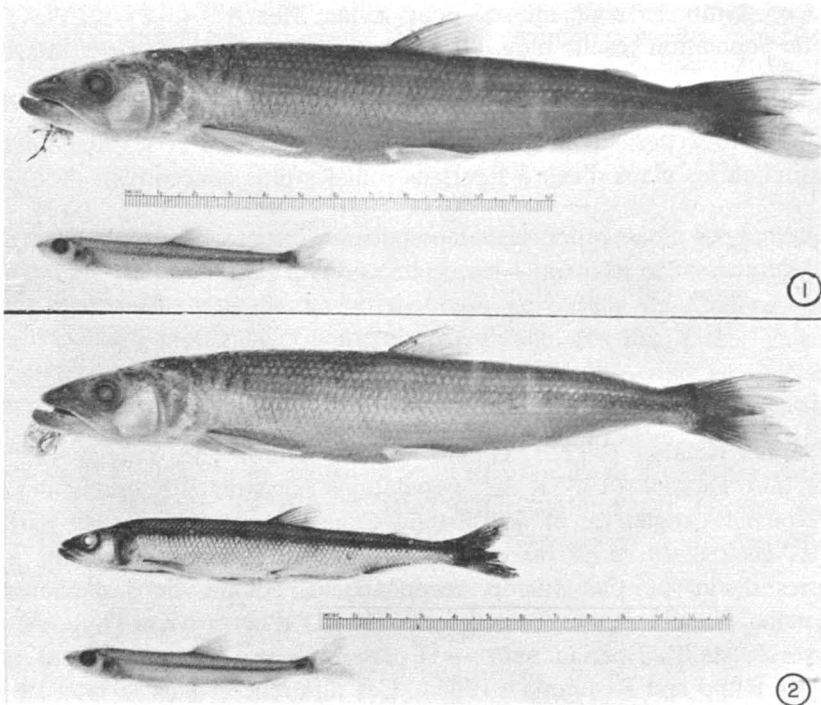


FIGURE 1. Exemple typique de deux individus appartenant à deux populations sympatriques d'Éperlans géants et nains, du même âge (4+), telles que rencontrées au lac Heney (43-10) ou Petit lac Poisson Blanc, Co. Gatineau, Québec.

FIGURE 2. Taille relative de trois individus appartenant à trois populations allopatriques d'Éperlans classés comme géants, normaux et nains. Ces éperlans sont des adultes du même âge (4+) et proviennent des lacs St-Simon (St-Mathieu) (71-1), Green (43-1) et Pemichangan (43-12).

Plusieurs plans d'eau mentionnés dans cette étude hébergent des populations indigènes d'Éperlans. Ces plans d'eau furent reconnus comme tels grâce à la véracité des rapports officiels consultés et à la date des premières observations. De plus, dans les cas où aucun rapport écrit sur l'origine de la population n'existait, et que de vieux pêcheurs résidants nous informaient de la présence immémorable de ce poisson dans le plan d'eau concerné, nous considérons cette population comme autochtone.

Certains de ces lacs, où nous considérons que l'Éperlan est indigène, sont : Hébert (Vert (23-1); Kénogami (24-1); aux Sables (34-1); Tchitagama (19-1); Maskinongé (37-1); des Iles (42-1); Green (43-1); Trente-et-un Milles (43-9); Heney (43-10); Pemichangan (43-12); Chabaret-St-Laurent (43-14); St-Simon (St-Mathieu) (71-1); Memphremagog (85-2) et Massawippi (85-3). Les lacs Champlain (87-1) et St-Jean et leurs émissaires, les rivières Richelieu et Saguenay ainsi que le fleuve St-Laurent et la rivière Outaouais, sont aussi considérés comme des plans d'eau où l'Éperlan est autochtone.

Les bassins de drainage des rivières Gatineau et du Lièvre (fig. 7, bassins 43 et 42) contiennent à eux seuls, 28 lacs à Éperlans. De ces lacs, trois seulement à notre connaissance, sont des lacsensemencés (tableau 1).

Les bassins de drainage de la rivière St-Maurice et de la rivière St-François (fig. 7, bassins 35 et 85) possèdent également plusieurs lacs à Éperlans. Ils contiennent respectivement 17 et 11 de ces plans d'eau. Cependant, le nombre de plans d'eauensemencés est proportionnellement plus élevé dans ces deux derniers cas que dans les bassins 42 et 43 (tableau 1).

Plusieurs nappes d'eau possèdent des populations allopatriques naines (35-7, 35-8, 42-3, 42-9 et autres), mais seul le lac St-Simon (St-Mathieu) (71-1) est connu comme possédant une population allopatrique d'Éperlans géants.

Quant aux rares plans d'eau où il y a coexistence (sympatrie) de deux populations d'Éperlans nains et géants, ils sont représentés par les lacs Heney (43-10), Champlain (87-1) et Kénogami (24-1). Comme les frayères des deux derniers lacs mentionnés ne sont pas connues, nous ne sommes pas en mesure de confirmer l'intégrité génétique de ces populations comme on l'a fait pour le lac Heney (Legault et Delisle, 1968).

En dehors du Québec, il semble d'après MacLeod (1922), McKenzie et Medcof (communications personnelles, 1965, 1966, Office des recherches sur les Pêcheries du Canada à St-Andrews, N.B.), que le lac Utopia (Nouveau Brunswick) contiendrait deux ou trois populations sympatriques d'Éperlans.

TABLEAU I

Bassins hydrographiques du Québec contenant de l'Eperlan d'eau douce
et division de leurs plans d'eau selon les aspects considérés.

No du bassin hydrographique	Nombre de plans d'eau à éperlan				Nombre total
	Signalés	ensemencés	infestés par <i>Glugea</i>	non infestés par <i>Glugea</i>	
1	7				7
7	2				2
8	1				1
16	1				1
17	1				1
19	2				2
20	4				4
21	1				1
23	2				2
24		1		1	2
32	1	4			5
34	3			2	5
35	7	7	3		17
36	2	5			7
37				1	1
38		2			2
40		8			8
41		2			2
42	7	2	2		11
43	9	1	5	3	18
45		4			4
46		1			1
53	1				1
59	1				1
63		1			1
71	1			1	2
81	1				1
84		2			2
85	6	2		3	11
87	1			1	2
Fl. St-Laurent	1				1
R. Saguenay	1				1
Riv. Outaouais			1		1
Riv. Connecticut	1				1
Total	64	42	11	12	129 (128) ¹

¹ Le nombre total est de 128 plans d'eau et non 129 car deux mentions sont incluses pour le lac Meach (43-2).

En Ontario, le lac Muskrat possède pour sa part une population allopatrique d'Éperlans géants dont les adultes atteignent de 25 à 36 cm de longueur totale.

NOTIONS SUR *Glugea hertwigi*

Glugea hertwigi (Sporozoa : Microsporidia) est un parasite spécifique de l'Éperlan *Osmerus eperlanus mordax* et *Osmerus eperlanus eperlanus* selon Hoffman (1967). Il peut causer une mortalité massive des jeunes Éperlans de l'année et même des adultes dans des cas d'infestation critique (Legault et Delisle, 1967). C'est pourquoi nous traitons de sa répartition en même temps que celle de l'Éperlan afin d'éviter, au cours d'introductions d'Éperlans dans d'autres plans d'eau, les populations infestées par ce sporozoaire.

Glugea hertwigi s'attaque occasionnellement aux gonades (fig. 3) et peut causer une castration parasitaire. Cependant, le site principal de l'infestation est le tube digestif. Afin de faciliter l'identification du sporozoaire lors du travail sur le terrain, nous présentons les figures 4, 5, et 6. La multiplication des spores à l'intérieur des cellules de l'hôte est un cas typique d'hypertrophie cellulaire.

Incidence de *Glugea hertwigi*

Vingt-trois étendues d'eau furent spécialement étudiées en relation avec *Glugea hertwigi*. Onze de ces plans d'eau contenaient des Éperlans infestés par *Glugea hertwigi*, tandis que l'infestation était absente dans les autres lacs. Les trois principaux foyers d'infestation découverts sont ceux des bassins de drainage des rivières Gatineau (43), Du Lièvre (42) et St-Maurice (35). De plus la rivière Outaouais héberge également ce Glugeidae (fig. 7 et 8). Après l'élaboration des figures 7 et 8, l'autopsie d'Éperlans provenant des lacs : Ouimet (40-5), McGuire (42-5), Petit lac des Cèdres (43-4) et Beauty (43-15) a été effectuée et n'a pas révélé d'infestation par *Glugea hertwigi*. Cela porte à vingt sept le nombre de lacs étudiés en relation avec *G. hertwigi*.

Il est à remarquer que trois des quatre bassins de drainage les plus peuplés en Éperlans, sont contaminés par ce parasite. Seul fait exception le bassin de la rivière St-François (85) où les Éperlans ne sont pas les hôtes de *G. hertwigi*.

MORTALITÉ CAUSÉE PAR *Glugea hertwigi*

Au sujet de la relation entre l'infestation critique par *G. hertwigi* et la mortalité massive des Éperlans, plusieurs auteurs dont Dogiel *et al.* (1961) et Bogdanova (1957) déclarent, qu'en Russie, dans des cas critiques d'infestation, *G. hertwigi* mène à une mortalité massive de l'Éperlan et éventuellement à une

diminution de la population. Au Québec, dans plusieurs de nos plans d'eau où l'Éperlan est gravement infesté par *Glugea*, cette infestation contribuera et mènera éventuellement à une mortalité des jeunes de l'année (Legault et Delisle, 1967) ou des adultes (Delisle, MS 1965). Nous donnons en appendice, d'autres précisions à ce sujet.

Cependant, on a noté que plusieurs plans d'eau possédant *Glugea* ne sont pas nécessairement affectés par une mortalité massive d'Éperlans. De plus, s'il y a mortalité massive, elle peut ne pas être reliée à *Glugea* et être due à un épuisement physiologique causé par l'effort développé au moment de la fraye ou toutes autres perturbations physiologiques (Caillouet 1967; Hoar 1962). Ces mortalités, qu'elles qu'en soient les causes, sont habituellement printanières ou automnales.

Discussion et conclusion

Pourquoi les bassins de drainage des rivières Gatineau, Du Lièvre et St-Maurice hébergent-ils plus de lacs à Éperlans considérés comme indigènes que les autres bassins de drainage? En observant la figure 8, on remarque que ces bassins couvrent une très grande superficie. Toutefois, dans chacun des cas, les plans d'eau contenant de l'Éperlan sont concentrés dans des secteurs dont la superficie est restreinte. On peut donc supposer que ces bassins présentent des conditions écologiques idéales qui ont permis la survie et le développement de l'Éperlan dans certains secteurs de leurs eaux.

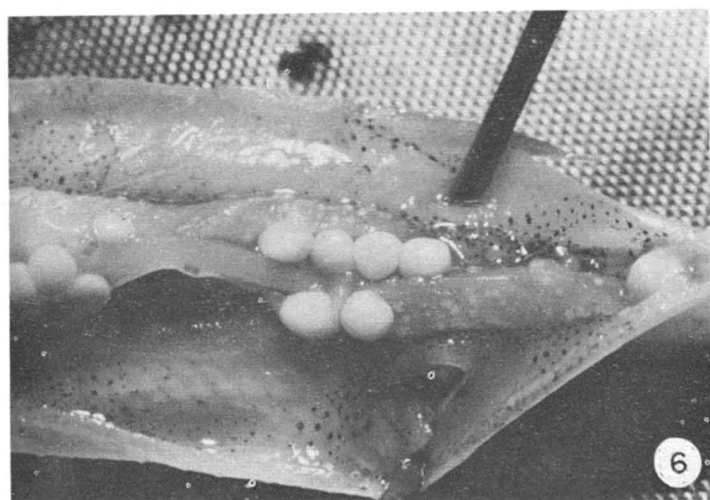
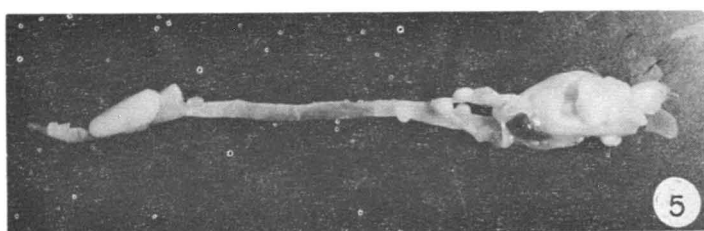
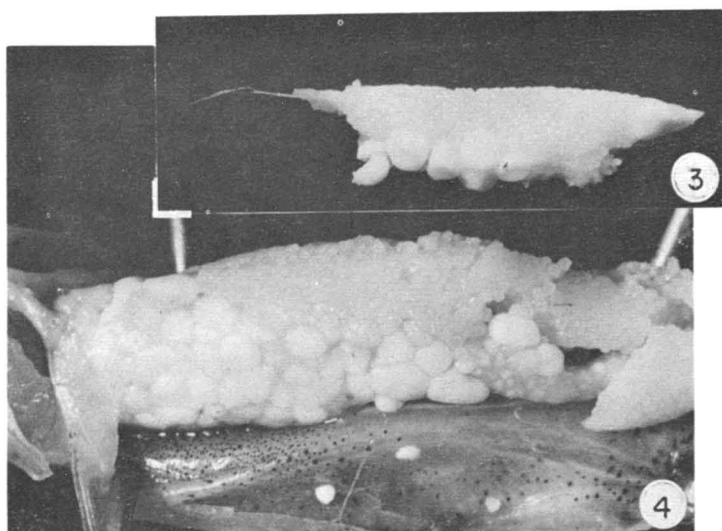
Le bassin de la rivière St-François (85) possède le même nombre de lacsensemencés, que le bassin de la rivière Du Lièvre (42). Toutefois, nous doutons que les populations des lacs Bowker (85-7) et Stukely (85-8) soient

FIGURE 3. Ovaire gauche d'Éperlan nain du lac Heney infesté par plusieurs nodules (kystes) de *Glugea hertwigi*. Dans certains cas extrêmes d'infestation, l'on rencontre une castration parasitaire causée par ce parasite.

FIGURE 4. Cavité générale d'un Éperlan nain ♀ du lac Heney, infesté par *Glugea hertwigi*. Notez les kystes infestant le péritoine, la région stomacale, les caecums pyloriques ainsi que l'ovaire gauche et l'intestin postérieur.

FIGURE 5. Tube digestif d'un éperlan, isolé de l'organisme, montrant des kystes de *Glugea* le long de sa paroi.

FIGURE 6. Kystes de *Glugea hertwigi* de 2 mm de diamètre soudés à l'assise externe de l'intestin postérieur. Notez les petits kystes de *Glugea* de quelques dixièmes de millimètre de la même région de l'intestin ainsi qu'un gros kyste de 3 mm obstruant l'anus. Ce dernier kyste peut produire un blocage mécanique lors de l'expulsion des oeufs au cours de la fraye.



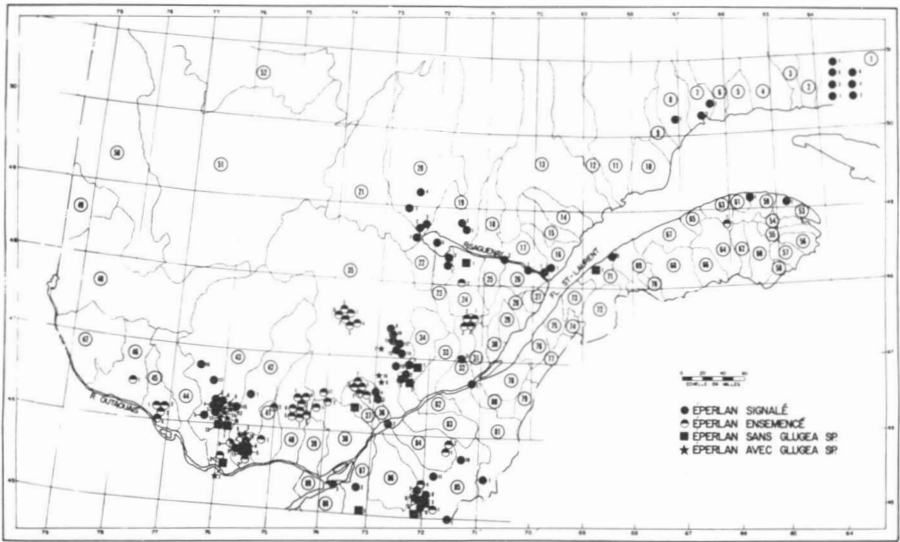


FIGURE 7. Carte de répartition géographique de l'Éperlan d'eau douce *Osmerus eperlanus mordax* et de *Glugea hertwigi* dans les principaux bassins hydrographiques du Québec.

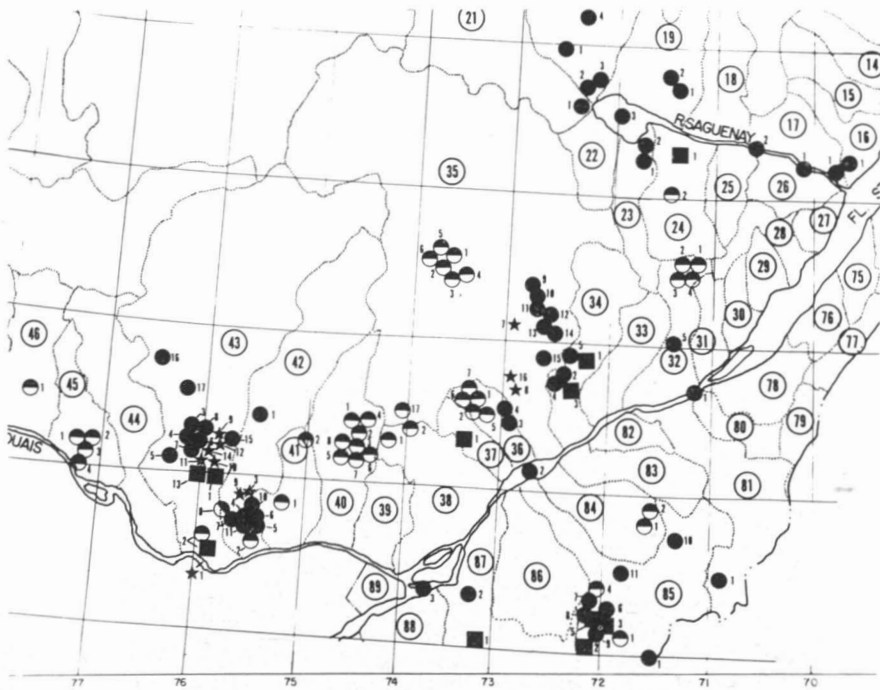


FIGURE 8. Gros plan des principaux bassins de drainage du Québec où on retrouve des concentrations de plans d'eau contenant de l'Éperlan d'eau douce.

indigènes. Ces deux populations, ainsi que celle du lac Mégantic (81-1), sont les seules trouvées à une altitude supérieure à 1,000 pieds et ne sont pas rapportées comme ensemencées. Leur proximité du centre d'élevage d'Éperlans situé vers 1934 au lac Memphremagog (Richardson et Belknap 1934) laisse supposer une possibilité d'introduction dans les trois lacs précités à partir de ce lieu.

La figure 7 démontre la vaste distribution de cette espèce au Québec. Cette dissémination naturelle s'est assurément produite depuis le retrait des glaciers de la dernière glaciation et la formation du système hydrographique actuel. D'après Coleman (1922), l'invasion marine maximale de la mer Champlain s'est étendue à l'ouest jusqu'au lac Témiscamingue, longeant les rives de la rivière Outaouais, et à l'est jusqu'à la région de Sherbrooke. De plus, on a trouvé des plages marines à 690 pieds d'altitude dans la région Hull-Ottawa (Radforth, 1944). On peut ainsi expliquer pourquoi on retrouve fréquemment de l'Éperlan aussi profondément à l'intérieur des terres. Il reste qu'il n'y a rien d'étonnant à ce que ce poisson euryhalin se dissémine naturellement lorsqu'on en connaît les moeurs de fraye. Gardant en vue cet aspect de leur instinct migrateur, on peut même proposer que l'origine de l'Éperlan dulcaquicole remonte à l'invasion « volontaire » en eau douce de leurs ancêtres marins, et à leur adaptation graduelle.

Nous connaissons maintenant 128 plans d'eau qui hébergent des populations allopatriques et sympatriques d'Éperlans dulcaquicoles nains, normaux ou géants au Québec. Sur ce nombre, un minimum de 42 étendues d'eau ont été ensemencées artificiellement. Les populations d'Éperlans de 11 plans d'eau sont infestés par *Glugea hertwigi*, et il est évidemment recommandable de ne pas puiser dans ces populations pour des fins d'ensemencement si l'on veut éviter la dissémination du parasite.

Nous sommes conscients que cette première carte de répartition géographique de l'Éperlan d'eau douce et de *G. hertwigi* au Québec, est incomplète et que les inventaires futurs permettront de nombreuses additions à cette liste.

Pour cette raison, nous invitons les biologistes à nous faire part de leurs observations, pour que nous puissions compléter, tant pour l'Éperlan que pour *G. hertwigi*, cette carte de répartition.

Remerciements

Notre reconnaissance s'adresse aux Chefs de district du Service de la Faune du Québec et plus spécifiquement à monsieur Richard L. Séguin, Chef du district Outaouais-Abitibi.

Nous désirons également remercier le Dr Roméo Legault (décédé), initiateur de cette recherche; monsieur Vianney Legendre, qui a mis à notre disposition une importante documentation; messieurs G. Ben-Tchavtchavadze et Roy Webster, responsables des figures; enfin tous ceux qui de près ou de loin ont apporté leur collaboration.

Références

- BOGDANOVA, E.A., 1957. The myxosporidian *Glugea hertwigi* Weissenberg in the stint (*Osmerus eperlanus m. spirinchus*) from lake Yulva-Yarvi. In Parasites and diseases of fish. Vol. XLII. Edited by G.K. Petrushevskii. p. 328.
- BOUCHER, P., 1664. Histoire véritable et naturelle des moeurs et productions du pays de la Nouvelle-France vulgairement dite le Canada. Société historique de Boucherville 1964. Québec.
- BROOKS, J.L. and E.S. DEEVEY, Jr., 1963. New England. In : Limnology in North America. (David G. Frey ed.) Madison, Univ. Wisconsin Press, Wis. Chap. 4, 734 p.
- CAILLOUET, C.W., Jr., 1967. Hyperactivity, blood lactic acid and mortality in channel catfish. *Res. Bull. Iowa agric. Exp. Stn.*, **551**: 898-915.
- COLEMAN, A.P., 1922. Glacial and post-glacial lakes in Ontario. Univ. Toronto studies Biol. Ser. 21, *Publ. Ont. Fish. Res. Lab.* 10 p.
- CUERRIER, J.P., F.E. FRY et G. PRÉFONTAINE, 1946. Liste préliminaire des poissons de la région de Montréal et du lac St-Pierre. *Naturaliste can.*, **73**(1-2): 17-32.
- DELISLE, C. MS, 1965. A study on the mass mortality of the stunted smelt population, *Osmerus eperlanus mordax*, at Heney Lake, Gatineau Co., Que. Ontario Research Foundation, 19th Tech. Sessions, Queen's Univ., Kingston, Ont. 15 p. (Mimeograph).
- DOGIEL, V.A., G.K. PETRUSHVSKI and Yu. I. POLYANSKI, 1961. In Parasitology of fishes. Oliver and Boyd Ltd. p. 303.
- DRAINVILLE, G. et Léo BRASSARD, 1961. Les poissons de la rivière Saguenay. *Naturaliste can.*, **88**(5): p. 139.
- DUMAIS, P.H., 1897. Le nord de la vallée du lac St-Jean. *Naturaliste can.*, **24**(9): 129.
- DYMOND, J.R., 1939. The fishes of the Ottawa region. *Contr. R. Ont. Mus. Zool.*, **15**, p. 18.
- EVERMANN, B.W. and W.C. KENDALL. 1902. An annotated list of the fishes known to occur in Lake Champlain and its tributary waters. Report of the Commissioner for 1901. Part XXVII, U.S. Commission of Fish and Fisheries, p. 224.
- GREENE, C.W., 1930. IV. The smelts of lake Champlain. In A biological survey of the Champlain Watershed. *Ann. Rep. New York Conserv. Dep.*, 19 (year 1929), Suppl., pp. 105-129.
- HALKETT, A., 1906. A list of fishes of the Ottawa district. In Zoological report 1905-1906. *Ottawa Nat.*, **20**: 60.

- HOAR, W.S., 1952. Thyroid function in some anadromous and landlocked teleosts. *Trans. R. Soc. Can.*, Vol XLVI, Series III, Section five: 39-53.
- HOFFMAN, G.L., 1967. Parasites of North American Freshwater fishes. University of California Press. 486 p.
- KENDALL, W.C., 1927. The smelts. *Bull. U.S. Bur. Fish*, **42**: 217-315 (Doc. N° 1015).
- LEGAULT, R.O. and C. DELISLE, 1967. Acute infection by *Glugea hertwigi* Weissenberg in young-of-the year rainbow smelt, *Osmerus eperlanus mordax* (Mitchill) *Can. J. Zool.*, **45**(1): 1291-1293.
- LEGAULT, R.O. et C. DELISLE, 1968. La fraye d'une population d'éperlans géants, *Osmerus eperlanus mordax*, au lac Heney, Comté de Gatineau, Québec. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **25**: 1813-1830.
- LEGENDE, V., MS, 1967. L'éperlan, *Osmerus mordax*, en eau douce au Québec : répartition géographique. Service de la Faune, Laboratoire de Recherches, Ministère du tourisme, de la chasse et de la pêche du Québec. Non paginé.
- MCALLISTER, D.E., 1963. A revision of the smelt family, Osmeridae. *Bull. natn. Mus. Can.*, N° 191, 53 p.
- MACLEOD, N. MS, 1922. An investigation of the lake Utopia smelt. *MS. Rep. biol. Sta.* (Biol. Bd Canada). n° 44, pp. 1-9 p.
- MELANÇON, C., 1958. Les poissons de nos eaux. Troisième édition avec addenda. *Carnets Soc. zool. Québ.*, 254 p.
- MONTPETIT, A.N., 1897. Les poissons d'eau douce du Canada. C.O. Beauchemin & Fils, Montréal, Qué. P. 478.
- PAULHUS, P.J., 1963. Introduction d'éperlans dans le lac Jacques-Cartier et ses environs. *Rapp. Serv. Faune Québec*, N° 1: pp. 129-135.
- PIGEON, J. et A. VALLÉE. 1937. Contribution à l'étude du contenu du tube digestif de trois espèces de poissons du St-Laurent. *Naturaliste can.*, **64**(2): 33-40.
- PRÉVOST, G. MS, 1959. Report on lake St-Bernard. Service de la faune du Québec. April 15th., 72 p.
- RADFORTH, I., 1944. Some considerations on the distribution of fishes in Ontario. *Contr. R. Ont. Mus. Zool.*, **25**: 116 p.
- RICHARDSON, L.R., 1935. The freshwater fish of South-Eastern Quebec. Ph. D. thesis, McGill Univ., Montréal, Que. P. 116
- RICHARDSON, L.R. and G.W. BELKNAP, 1934. A method of planting *Osmerus mordax* Mitchill on a small scale. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **64**: 432-434.
- RUPP, R.S. and M.A. REDMOND, 1966. Transfer studies of ecologic and genetic variations in the American smelt. *Ecology*, **47**(2): 253-259.
- VLADYKOV, V.D. MS, 1942. Biological observations on the ouananiche of the Peribonka during September 1942. Service de la faune du Québec, Rept N°. **2**: p. 2824.
- ZILLIOX, R.G. and W.D. YOUNGS, 1958. Further studies of the smelt in the Lake Champlain, *N.Y. Fish Game J.*, **5**(2): 164-174.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DE L'ÉPERLAN EN EAU DOUCE DANS LES PRINCIPAUX BASSINS HYDROGRAPHIQUES DU QUÉBEC AVEC PRÉCISIONS SUR LE NOM OFFICIEL, LE COMTÉ PROVINCIAL, LA LONGITUDE, LA LATITUDE, LA SOURCE D'INFORMATION AINSI QUE CERTAINES REMARQUES SUR LES PLANS D'EAU EN QUESTION.

Plan d'eau No et Nom	Comté	Longitude W	Latitude N	Altitude (pi.)	Source d'information	Remarques
BASSIN 1: MINGAN, ROMAINE, PIAHTIGAIE, WATCHICHO, NABESUPI, AGUANUS, NATASHQUAN, MUSQUARO ET AUTRES						
1 L. Puyjalon	Duplessis	63°25'	50°31'	300	Bourassa, R. 1967	SFQ.
2 L. XXIIe Mille	"	63°05'	50°34'	300	Bourassa, R. 1967	SFQ.
3 L. en Travers	"	62°59'	50°28'	300	Legendre, V. 1957	(m. +, août 1957), SFQ.
4 L. Ferland	"	62°59'	50°26'	300	Bourassa, R. 1967	SFQ.
5 L. Victor (Squaw)	"	61°50'	50°35'	300	Bourassa, R. 1967	SFQ.
6 L. Musquaro	"	61°05'	50°33'	300	Bourassa, R. 1967	SFQ.
7 R. Nabésipi	"	62°14'	50°30'	200	Shooner, G. 1967	SFQ.
BASSIN 7: MARGUERITE						
1 L. Kachéwiss	"	66°15'	50°22'	500	Desserres, L. 1967	SFQ.
2 L. Hall	"	66°35'	50°16'	240	Vignault, R. 1967	SPQ.
BASSIN 8:						
1 L. Walker	"	67°10'	50°15'	500	Legendre, V. 1958	SFQ.
BASSIN 16: ESCOUMAINS						
1 L. des Sables	"	69°40'	48°18'	500	Legendre, V. 1958	(m. +, mai 1958), SFQ.
BASSIN 17: STE-MARGUERITE						
1 L. de l'Anse à l'Eau	"	69°43'	48°09'	100	Bernard, C. 1967	SFQ.

BASSIN 19: PÉRIBONCA

1	L. Tchitagama	Kénogami	71°24'	48°49'	500	Dumais, P.H. 1897	
2	R. Péribonca	"	71°27'	48°53'	500	Vladykov, V.D. 1942	SFQ.

BASSIN 20: MISTASSINI

1	L. James (Jim)	Roberval	72°45'	49°00'	600	Gravel, Y. 1967	SFQ.
2	R. Mistassini	"	72°18'	48°52'	400	Gravel, Y. 1967	SFQ.
3	R. Mistassibi	"	72°10'	48°53'	400	Gravel, Y. 1967	SFQ.
4	L. aux Rats	"	72°18'	49°10'	600	Gravel, Y. 1965	SFQ.

BASSIN 21: CHAMOUCOUANE

1	R. Ashuapmouchouan	Roberval	72°24'	48°38'	350	Gravel, Y. 1965	SFQ.
---	--------------------	----------	--------	--------	-----	-----------------	------

BASSIN 23: METABETCHOUAN

1	L. Hébert (Vert)	Lac St-Jean	71°38'	48°22'	500	Lejeune, R. 1960 et Nixon, W. 1829	SFQ.
2	R. Belle-Rivière	"	71°43'	48°24'	400	Chatelain, R. 1966	SFQ.

BASSIN 24: LAC KÉNOGAMI

1	L. Kénogami	Jonq.-Chicoutimi	71°22'	48°19'	500	Montpetit, A.N. 1897	(*) (***) (G.h.-) (m.-) (E., Grand lac Jacques-Car- tier), SFQ.
2	L. Bousquet	Chicoutimi	71°28'	48°01'	2000	Paulhus, P.J. 1963	

BASSIN 32: JACQUES-CARTIER

1	Gr. L. J.-Cartier	Montmorency	71°13'	47°34'	2500	Paulhus, P.J. 1963	E., lac aux Sables. 1960- 1961), SFQ.
2	L. Choumine	"	71°14'	47°31'	2500	Paulhus, P.J. 1963	E., lac aux Sables, 1960- 1961), SFQ.
3	L. Raoul-Jobin	Montmorency	71°14'	47°31'	2500	Paulhus, P.J. 1963	(E., lac Kénogami), SFQ.
4	L. Sept-Iles	"	71°14'	47°30'	2500	Paulhus, P.J. 1963	(E., Grand lac Jacques-Car- tier), SFQ.
5	R. Jacques-Cartier	Québec	71°29'	47°00'	500	Samson, L. 1968	SFQ.

Plan d'eau No et Nom	Comté	Longitude W	Latitude N	Altitude (pi.)	Source d'information	Remarques
BASSIN 34: BATISCAN						
1 L. aux Sables	Portneuf	72°23'	46°53'	525	Richardson, L.R. 1935	(**) (<i>G.h.</i> -)
2 L. Chicots d'en Bas	Lavolette	72°30'	46°50'	500	Lemay, G. 1967	SFQ.
3 L. Croche	"	72°30'	46°49'	500	Lemay, G. 1967	(**) (<i>G.h.</i> -), SFQ.
4 L. Travers	"	72°32'	46°51'	500	Lemay, G. 1967	SFQ.
5 L. Francis	Portneuf	72°24'	46°56'	775	Richardson, L.R. 1935	SFQ.
L. des Américains	"	72°23'	46°55'	-	Potvin, C. 1968	SFQ.
BASSIN 35: SAINT-MAURICE						
1 L. Harbison	Lavolette	73°39'	47°32'	1375	Oriskany Club, 1948	(E., lac Beaupré)
2 L. La Tuque	"	73°40'	47°30'	1375	Oriskany Club, 1946	(E.)
3 L. Beaupré	"	73°38'	47°27'	1425	Oriskany Club, 1944	(E., 1944)
4 L. LaRoche	"	73°37'	47°26'	1475	Oriskany Club	(E.)
5 L. Oriskany	"	73°42'	47°32'	1325	Taylor, B.W. et Pollock, J.W. 1945	(E., lac Massawippi, 1945), SFQ.
6 L. Dubé	"	73°43'	47°31'	1325	Taylor, B.W. et Pollock, J.W. 1945	(E., lac Massawippi, 1945), SFQ.
7 L. Grosbois (Batiscan)	"	72°51'	47°06'	600	Lemay, G. 1967	(*) (<i>G.h.</i> +), SFQ.
8 L. Perchaude	St-Maurice	72°50'	46°38'	500	Lemay, G. 1967	(*) (<i>G.h.</i> +), SFQ.
9 L. à Beauce	Lavolette	72°45'	47°19'	700	Lemay, G. 1967	SFQ.
10 L. Lapointe	"	72°43'	47°16'	400	Lemay, G. 1967	SFQ.
11 L. René	"	72°42'	47°15'	700	Lemay, G. 1967	SFQ.
12 L. Brochet	"	47°41'	47°13'	700	Lemay, G. 1967	SFQ.
13 L. Chat	"	72°38'	47°11'	700	Lemay, G. 1967	SFQ.
14 L. Mékinac	Lavolette	72°34'	47°05'	500	Lemay, G. 1967	SFQ.
15 L. du Missionnaire	"	72°34'	46°55'	500	Lemay, G. 1967	SFQ.
16 L. Edward	"	72°55'	46°45'	500	Richardson, L.R. et al. 1941	(<i>G.h.</i> +)
17 L. Eau Claire	Joliette	74°03'	46°32'	1600	Vincent, B. 1966	(E.), SFQ.

BASSIN 36: DU LOUP

1	L. St-Bernard	Maskinongé	73°18'	46°34'	1250	Prévost, G. 1959	(E., 1929), SFQ.
2	L. Culbute	"	73°20'	46°33'	1200	Prévost, G. 1959	(E., 1929), SFQ.
3	L. Vert	St-Maurice	72°56'	46°30'	500	Lemay, G. 1967	SFQ.
4	L. Goulet	"	72°57'	46°36'	500	Lemay, G. 1967	SFQ.
5	L. Sacocomie	Maskinongé	73°15'	46°30'	900	Dwyer, J.N. 1967	(E.), SFQ.
6	L. Sans-Bout	"	73°23'	46°34'	1300	Dwyer, J.N. 1967	(E.), SFQ.
7	L. au Sorcier	"	73°23'	46°41'	1100	Dwyer, J.N. 1967	(E.), SFQ.

BASSIN 37: MASKINONGÉ

1	L. Maskinongé	Berthier	73°23'	46°19'	467	Wynne-Edwards, 1933	(**) (G.h. -) (m.-)
	R. Mastigouche	"	73°24'	46°20'	470	Mongeau, J.R. 1968	(**), SFQ.

BASSIN 38: L'ASSOMPTION

1	L. Archambault	Montcalm	74°14'	46°18'	1250	Vincent, B. 1966	(E.), SFQ.
2	L. Brûlé	Joliette	73°57'	46°24'	1300	Vincent, B. 1966	(E.), SFQ.

BASSIN 40: ROUGE

1	Gr. L. Monroe	Montcalm	74°31'	46°21'	1100	Courtemanche, A. 1953	(E., lac Meach), SFQ.
2	Pet. L. Monroe	"	74°30'	46°20'	1100	Courtemanche, A. 1953	(E.), SFQ.
3	L. Shaw	"	74°30'	46°18'	1000	Legendre, V. 1967	(E.), SFQ.
4	L. Rolland	"	74°28'	46°25'	1400	Vincent, B. 1966	(E.), SFQ.
5	L. Ouimet	Terrebonne	74°35'	46°10'	700	Vincent, B. 1966	(**) (G.h.-) (E.), SFQ.
6	L. Quenouille	"	74°23'	46°10'	1200	Vincent, B. 1966	(E.), SFQ.
7	L. Supérieur	"	74°29'	46°13'	1100	Vincent, B. 1966	(E.), SFQ.
8	L. de la Montagne Tremblante	"	74°37'	46°14'	700	Vincent, B. 1966	(E.), SFQ.

BASSIN 41: PETITE-NATION

1	L. St-Sixte	Papineau	75°15'	45°49'	700	Séguin, R.L. 1967	(E., lac Meach 1965), SFQ.
2	L. Rognon	Labelle	75°04'	46°16'	800	Vincent, B. 1968	(E.), SFQ.

Plan d'eau No et Nom	Comté	Longitude W	Latitude N	Altitude (pi.)	Source d'information	Remarques
BASSIN 42: LIÈVRE						
1 L. des Iles	Labelle	75°30'	46°25'	775	Séguin, R.L., 1967	SFQ.
2 L. Donaldson	Papineau	75°30'	45°36'	425	Legendre, V., 1967	(E.), SFQ.
3 L. Clay	"	75°34'	45°32'	600	Veilleux, C.M., 1965	(*) (G.h.+) (m.+, octo- bre 1967), SFQ.
4 L. Chauncey	"	75°28'	45°43'	825	Perrier, J.M., 1966	(**), SPQ.
5 L. McGuire	"	75°26'	45°43'	775	Roussel, Y., 1965	(**) (G.h.-), SFQ.
6 L. Smith	"	75°26'	45°44'	875	Veilleux, C.M., 1966	(*), SFQ.
7 L. Dodd's	"	75°37'	45°43'	633	Veilleux, C.M., 1966	(*), SFQ.
8 L. Ste-Claire	Gatineau	75°49'	45°44'	950	Veilleux, C.M., 1966	(**) (E. lac Meach), SFQ.
9 L. Cole	Papineau	75°33'	45°45'	500	Séguin, R.L., 1964	(*) (G.h.+) (m.+, 1966), SFQ.
10 L. Garrett	"	75°27'	45°46'	925	Cuerrier, J.P., 1965	
11 L. Halfmoon	"	75°27'	45°43'	825	Séguin, R.L., 1965	(**), SFQ.
BASSIN 43: GATINEAU						
1 L. Green	Gatineau	75°55'	46°00'	476	Dymond, J.R., 1939	(**) (G.h.-) (m.-)
2 L. Meach	"	75°53'	45°32'	559	Dymond, J.R., 1939	(**) (G.h.-) (E. lac Uto- pia, N.B., 1924) (m.+, mai 1964)
3 Gr. L. des Cèdres	"	76°06'	46°18'	560	Roussel, Y., 1966	(*), SFQ.
4 Pet. L. des Cèdres	"	76°04'	46°18'	560	Roussel, Y., 1966	(*) (G.h.-) (m.-), SFQ.
5 L. Cayamant	Pontiac	76°16'	46°06'	630	Delisle, C., 1966	
6 L. Blue Sea	Gatineau	76°03'	46°14'	541	Roussel, Y., 1965	(*) (m.-), SFQ.
7 L. des Iles	"	76°08'	46°10'	650	Halkett, A., 1906	(*) (m.+, mai 1903)
8 L. Grant	"	76°02'	46°13'	550	Veilleux, C.M., 1966	SFQ.
9 L. 31 Milles	"	75°50'	46°15'	600	Delisle, C., 1966	(*) (G.h.+) (m.-)
10 L. Heney	Labelle Gatineau	75°55'	46°02'	600	Legault, R.O., 1960	(*) (***) (G.h.+) (m. + 1960-1968)

11	L. Désormeaux	"	75°57'	46°02'	500	Delisle, C., 1964	(*) (G.h. +) (m. + 1960-1968)
12	L. Pemichangan	"	75°57'	46°02'	550	Delisle, C., 1966	(*) (G.h. +) (m. +, mai 1966, 1967)
13	L. Noir	"	75°57'	46°01'	500	Veilleux, C., 1963	(**) (G.h. -) (m. -), SFQ.
14	L. Chabaret-St-Laurent	"	75°55'	46°06'	550	Legault, R.O., 1965	(*) (G.h. +) (m. +)
15	L. Beauty	"	75°47'	46°11'	600	Séguin, R.L., 1966	(*) (G.h. -) (Empoisonnement, 1966), SFQ.
16	L. Savary	Pontiac	76°25'	46°45'	775	Veilleux, C.M., 1967	(*), SFQ.
17	L. Bras-Coupé	"	76°10'	46°34'	775	Cuerrier, J.P., 1966	
BASSIN 45: NOIRE							
1	L. Summerville	"	77°12'	46°09'	900	Cuerrier, J.P., 1965	(E. lac Meach 1965)
2	L. Papin	"	77°05'	46°10'	800	Cuerrier, J.P., 1965	(E. lac Meach 1965)
3	L. aux Vers	"	77°09'	46°09'	800	Cuerrier, J.P., 1965	(E. lac Meach 1965)
4	L. Long	"	77°10'	46°03'	700	Cuerrier, J.P., 1965	(E. lac Meach 1965)
BASSIN 46: DUMOINE							
1	L. aux Sangsues	"	77°52'	46°28'	1100	Cuerrier, J.P., 1965	(E. lac Meach 1965)
BASSIN 53: DARMOUTH							
1	L. Grand-Étang	Gaspé-Nord	64°43'	49°08'	100	Tétreault, B., 1967	SFQ.
BASSIN 59: MADELEINE							
1	L. del'Anse Pleureuse	Gaspé-Nord	65°37'	49°14'	100	Tétreault, B., 1967	SFQ.
BASSIN 63: STE-ANNE-DES-MONTS							
1	L. Ste-Anne	Gaspé-Nord	66°03'	48°48'	1300	Laperle, M., 1965	(E., 1965), SFQ.

Plan d'eau No et Nom	Comté	Longitude W	Latitude N	Altitude (pi.)	Source d'information	Remarques
BASSIN 71: RIMOUSKI						
1 L. St-Simon (St-Mathieu)	Rimouski	69°00'	48°09'	300	Pigeon, J. et A. Vallée, 1937	(***) (G.h.-)
2 L. à l'Anguille (Aqueduc)	"	68°25'	48°26'	500	Brousseau, J., 1967	SFQ.
BASSIN 81: CHAUDIÈRE						
1 L. Mégantic	Frontenac	70°54'	45°31'	1294	Séguin, R.L., 1958	SFQ.
BASSIN 84: NICOLET						
1 L. Nicolet	Wolfe	71°34'	45°50'	1150	Auger, L., 1966	(E.), SFQ.
2 L. Breechers	"	71°28'	45°54'	1200	Richardson, L.R. et Belknap, G.W. 1934	(E., L. Memphrémagog)
BASSIN 85: SAINT-FRANÇOIS						
1 L. Lester (Lyster)	Stanstead	71°54'	45°02'	1570	Richardson, L.R. et Belknap, G.W. 1934	(E., L. Memphrémagog)
2 L. Memphrémagog	Stanstead et Brome	72°16'	45°05'	683	Evermann, B.W. et Kendall, W.C. 1894	(**) (G.h.-)
3 L. Massawippi	Stanstead	72°00'	45°12'	550	Wynne-Edwards, 1941	(**) (G.h.-) (m. +, mai 1963)
4 L. Brompton	Richmond, Sherbrooke	72°09'	45°26'	825	Wynne-Edwards, 1941	(E.)
5 L. Magog	Sherbrooke Stanstead	72°02'	45°18'	650	Wynne-Edward, 1953	(**) (G.h.-) (m. + 1953)
6 R. Magog	Sherbrooke	71°55'	45°24'	650	Wynne-Edward, 1953	
7 L. Bowker	Shefford	72°13'	45°25'	1250	Auger, L., 1967	SFQ.

8	L. Stukely	"	72°14'	45°23'	1050	Auger, L., 1967	SFQ.
9	L. Lovering	Stanstead	72°10'	45°10'	750	Auger, L., 1967	SFQ.
10	L. Elgin	Wolfe	71°20'	45°44'	800	Auger, L., 1967	SFQ.
11	L. Stoke	Richmond	71°48'	45°32'	725	Auger, L., 1967	SFQ.
BASSIN 87: RICHELIEU							
1	L. Champlain	Missisquoi	73°10'	45°03'	95	Thompson, Z., 1842	(*) (***) (G.h. -)
2	R. Richelieu	St-Jean Iberville	73°16'	45°21'	50	Legendre, V., 1967	SFQ.
AUTRES PLANS D'EAU:							
1	Fleuve St-Laurent	Québec	71°15'	46°50'	0	Boucher, P., 1664	
2	Fleuve St-Laurent (Lac St-Pierre)	Yamaska	72°50'	46°10'	25	Cuerrier, J.P. et al, 1946	
3	Fleuve St-Laurent (Lac St-Louis)	Beauharnois	73°54'	45°19'	69	Melançon, C., 1958	
1	R. Saguenay (Cap Jaseux)	Chicoutimi	70°48'	48°25'	100	Drainville, G., 1960	
2	R. Saguenay (Anse St-Jean)	"	70°10'	48°15'	100	Drainville, G., 1960	
3	R. Saguenay (Lac St-Jean)	Roberval Lac St-Jean	72°00'	48°31'	322	Chambers, E.T.D., 1903	
1	R. Outaouais		75°55'	45°25'	175	Gruchy, C., 1966 et Stobo, W., 1967	(*) (G.h. +)
1	R. Connecticut (Lac Wallace)	Compton	71°38'	45°01'	1200	Auger, L., 1966	SFQ.

SYMBOLES UTILISÉS — (G.h. -) absence de *Glugea hertwigi*

(*) éperlans nains (m. -) mortalité non observée

(**) éperlans normaux SPQ. Service de la Protection du Québec.

(***) éperlans géants

(G.h. +) présence de *Glugea hertwigi*

(m. +) présence d'une mortalité

(E.) ensemencement ou introduction d'éperlans.

SFQ. Service de la Faune du Québec

Appendice

L'appendice qui précède donne les précisions nécessaires afin de localiser, sur carte géographique, les plans d'eau mentionnés au cours de cette étude. Le comté provincial, la longitude et la latitude à la minute près, l'altitude au 100 pieds près, la source d'information ainsi que des remarques le complètent.

La numérotation des bassins hydrographiques ci-après mentionnés suit l'ordre de la figure 7 en excluant ceux où l'Éperlan n'est pas encore rapporté. C'est pourquoi l'on passe de 1 à 7, de 8 à 16, etc.

Le crédit de l'information a été donné à celui qui, selon les publications ou les documents consultés, a signalé le premier la présence de l'Éperlan dans le plan d'eau en question. *Lorsqu'il s'agit de publications*, on retrouve le nom de ces auteurs dans la bibliographie, mais *lorsqu'il s'agit de documents inédits*, il faudra consulter la correspondance accumulée par les auteurs du présent travail ou Legendre (1967).

Des remarques sont incluses dans l'appendice et portent sur quatre points :

1. Présence (G.h.+) ou non (G.h.—) de *Glugea hertwigi* ;
2. Présence (m.+) ou non (m.—) d'une mortalité massive d'Éperlans ;
3. Présence d'Éperlans géants (***) normaux (**) et nains (*) ;
4. La source de l'ensemencement (E.) lorsque l'information était connue des auteurs.

Les renseignements fournis par les *deux premières remarques*, permettent de voir s'il y a une relation entre l'infestation à *Glugea*, et les mortalités d'Éperlans habituellement printanières ou automnales, et rencontrées dans plusieurs lacs du Québec. Il faut distinguer entre la mortalité naturelle se produisant durant toute fraye d'Éperlans et la mortalité pré ou post-fraye due à *Glugea*. Cette distinction n'a pas toujours été possible et c'est pourquoi nous ne pouvons pas juger adéquatement des relations entre la mortalité massive printanière et l'infestation à *Glugea*.

La troisième remarque est faite en vue de jeter un peu plus de lumière sur le problème des populations sympatriques et allopatriques d'Éperlans à taux de croissance différents. On peut se demander si le milieu environnant influence le taux de croissance dans tous les cas, ou si des populations sympatriques peuvent avoir ce caractère fixé génétiquement. A notre avis, il appert que le taux de croissance des populations sympatriques d'Éperlans nains et géants du lac Heney est fixé génétiquement.

La quatrième remarque nous permet une opinion pondérée sur la répartition réelle de l'Éperlan d'eau douce en faisant abstraction des plans d'eau ensemencés. Avec des renseignements adéquats sur la source et la date des introductions, l'on risque moins de se leurrer sur la répartition géographique réelle de ce poisson.

LES FLUCTUATIONS QUANTITATIVES DU ZOOPLANCTON DE LA
BAIE-DES-CHALEURS (GOLFE SAINT-LAURENT). I. CONDITIONS
HYDROCLIMATIQUES ET ANALYSE VOLUMÉTRIQUE ^{1, 2}

GUY LACROIX ³

Station de Biologie marine, Grande-Rivière (Gaspé), Québec

et

GABRIEL FILTEAU

Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec

Résumé

L'analyse volumétrique d'échantillons de zooplancton prélevés au cours des années 1960, 1961, 1962 et 1964 dans le sud-ouest du golfe Saint-Laurent (baie des Chaleurs et bancs de pêche gaspésiens) a démontré l'existence de variations annuelles significatives dans les volumes moyens des années 1960, 1961 et 1962 et l'existence corrélative de différents régimes saisonniers de fluctuations quantitatives des stocks actuels de zooplancton. L'année 1962 est apparue comme une année riche en zooplancton, tandis que l'année 1961 était particulièrement pauvre et l'année 1960, de valeur intermédiaire.

Les stocks actuels les plus élevés coïncidaient avec un régime hydrographique estival chaud et prolongé, résultat d'un printemps "normal" et d'un mélange intensif des eaux tout au long du réchauffement estival. Le niveau annuel le plus bas du stock actuel coïncidait avec un été hydrographique bref, suite à un printemps tardif et froid.

Tout en retenant que ces fluctuations annuelles et saisonnières puissent découler de l'influence et certains autres facteurs plus ou moins indépendants de l'hydroclimat, l'auteur émet l'hypothèse d'une relation définie, directe ou indirecte, entre les caractéristiques hydroclimatiques et ces fluctuations temporelles.

1. Travaux sur les pêcheries du Québec, n° 31, Direction générale des pêcheries, Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec.

2. Extrait d'une thèse de doctorat, soutenue à l'École des Gradués de l'Université Laval en décembre 1968.

3. Adresse actuelle: Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Cité universitaire, Québec (10e), Québec.

Abstract

An analysis of zooplankton volumes from the southwestern part of the Gulf of St. Lawrence (Baie des Chaleurs and Gaspé fishing banks) sampled in 1960, 1961, 1962 and 1964, have shown differences in annual mean volumes in 1960, 1961 and 1962 and a close relationship with observed seasonal variation patterns. Year 1962 was significantly rich in zooplankton and year 1961 significantly poor, while the mean volumes of 1960 were moderate.

A warm and long hydrographic summer pattern as a result of an early spring and heavy mixing of waters during the summer warming is associated with high standing crops, while a short hydrographic summer pattern following a late and cold spring is associated with the lowest mean annual volumes.

Although other factors more or less dependent on hydroclimatic conditions might explain annual and seasonal variations of zooplankton standing crops, it is nevertheless suggested that there is a close relationship between hydroclimatic characteristics and these variations.

Introduction

Le golfe Saint-Laurent, par sa localisation en zone tempérée et par ses caractéristiques hydroclimatiques —en particulier sa stratification thermique estivale très marquée— offre des conditions remarquables pour étudier l'apport de populations fort diversifiées (espèces boréales, espèces subarctiques et arctiques) à la biomasse planctonique d'un écosystème marin. Il est dès lors surprenant de constater que peu de recherches planctologiques y ont été effectuées à ce jour, de sorte que nos connaissances sur le zooplancton de cette vaste mer intérieure (195,000 kilomètres carrés) sont, somme toute, très rudimentaires.

La seule étude à composante géographique de quelque importance —l'expédition des pêcheries canadiennes, 1914-1915 (Canadian Fisheries Expedition)— remonte au début de ce siècle et a surtout consisté en un inventaire préliminaire des Copépodes (Willey, 1919), des Chaetognathes (Huntsman, 1919), des larves de poissons (Dannevig, 1919), des Polychètes (Huntsman, 1921 a), des Tuniciers (Huntsman, 1921 b) et des Ostracodes (Davidson, 1925).

Toutes les autres recherches eurent un caractère régional très prononcé. La région la plus sérieusement prospectée est sans contredit la région du détroit de Belle-Isle, d'abord inventoriée en 1923 lors de l'expédition de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada (Pinhey, 1926, 1927, sur les Entomos-tracés ; Kerswill, 1940, sur les Ptéropodes ; Bousfield, 1951, sur les Amphipodes ; Udvardy, 1954, sur les Larvacés), puis durant plusieurs années consécutives par le laboratoire de recherche en pêche de Terre-Neuve (Frost, 1937 ; Frost, Lindsay et Thompson, 1933, 1934 ; Thompson et Frost, 1935, 1936).

Le sud-ouest du golfe Saint-Laurent reçut une attention moindre. Nous retrouvons dans la documentation pertinente à ce secteur : a) des travaux limités à des espèces particulières, telles l'étude détaillée du cycle vital de *Calanus finmarchicus* (Gunnerus) et de quelques autres Copépodes des eaux de Grande-Rivière (Filteau, 1946, 1947, 1948, 1949, 1951 ms ; Filteau et Tremblay, 1953), celle des migrations verticales journalières de *Thysanoessa raschii* (M.Sars), *Thysanoessa inermis* (Krøyer) et *Meganctiphanes norvegica* (M.Sars) à l'entrée de la baie des Chaleurs (Lacroix, 1961 a), celle des migrations verticales de *Sagitta elegans* Verrill dans les parages de Grande-Rivière (Lacroix et Morisset, 1962) et enfin, l'étude du cycle vital de *Podon polyphemoides* Leuckart et d'*Evadne nordmanni* Lovén (Lacroix, 1960) ; b) des travaux limités dans le temps ou dans l'espace, comme celui de Bousfield (1955) sur les larves de Cirripèdes de l'estuaire de la rivière Miramichi, ceux de Bergeron et Lacroix sur les larves de poissons des eaux gaspésiennes et du banc de Bradelle (Bergeron et Lacroix, 1963 ; Lacroix et Bergeron, 1964) et, plus récemment, le travail préliminaire de Pennell (1967) sur le neuston de la région. Il n'y a dans la documentation *ad hoc* qu'une seule étude d'ensemble portant sur le zooplancton de la Baie-des-Chaleurs (Brunel, 1959), mais cette étude, fruit d'une seule année d'échantillonnage semi-quantitatif, était restreinte, sur le plan de l'analyse, aux seuls taxons supérieurs.

Le présent travail est par conséquent la première étude *quantitative* ayant trait au zooplancton du golfe Saint-Laurent, traitant aussi bien des *stocks actuels* de zooplancton que des *populations* particulières constituant ces stocks. Il vise trois objectifs principaux : a) décrire, dans une perspective bidimensionnelle —temps et espace— les fluctuations des stocks de zooplancton de la Baie-des-Chaleurs ; b) rechercher les causes hydroclimatiques de ces fluctuations ; c) mettre le doigt sur les populations les plus sensibles aux variations de l'hydroclimat. La grande variété de conditions de milieu que permet de relever, surtout dans les régions tempérées, une étude spatio-temporelle suffisamment étalée, constitue sans doute le biais le plus fécond pour parvenir à apprécier adéquatement les relations entre l'hydroclimat et les phénomènes de production biologique. Même pour des régions hors du golfe Saint-Laurent, la documentation scientifique ne contient que peu d'études multiennales, comme l'est celle-ci —basée sur un échantillonnage quantitatif de quatre années—, car, bien que nécessaire aux généralisations sérieuses, elles sont fort coûteuses en temps et en efforts.

Nous présenterons les résultats de ce travail en plusieurs tranches successives. Dans la première partie, nous traiterons des méthodes utilisées, des variations hydroclimatiques et des variations volumétriques du zooplancton. Les tranches subséquentes seront consacrées à l'étude des populations planctoniques particulières. La dernière de ces tranches sera consacrée à l'interprétation générale des résultats.

Matériel et méthodes

Méthodes de travail en mer

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLONNAGE

Les 360 prélèvements qui ont servi de base à cette étude ont été faits au cours de 29 croisières d'échantillonnage, sur le navire M. V. EDWARD W. de la Station de biologie marine de Grande-Rivière, pendant les mois propices à la navigation (mai à novembre) des années 1960, 1961, 1962 et 1964. En juin, juillet, août et septembre 1960, 1961 et 1962, nous avons prélevé nos échantillons à 14 stations d'échantillonnage, dont 8 situées à l'intérieur de la baie des Chaleurs et 6 situées à l'extérieur de la baie des Chaleurs, cette dernière région dénommée "région des bancs de pêche gaspésiens" (figure 1). En octobre et novembre cependant, nous avons dû restreindre les prélèvements à une ou plusieurs des stations de la région des bancs de pêche et supprimer toute visite aux stations de l'intérieur de la baie. De mai à octobre 1964, nous n'avons visité que 5 des 14 stations — 3 à l'intérieur et 2 à l'extérieur de la baie —, mais nous l'avons fait plus fréquemment qu'en 1960, 1961 et 1962.

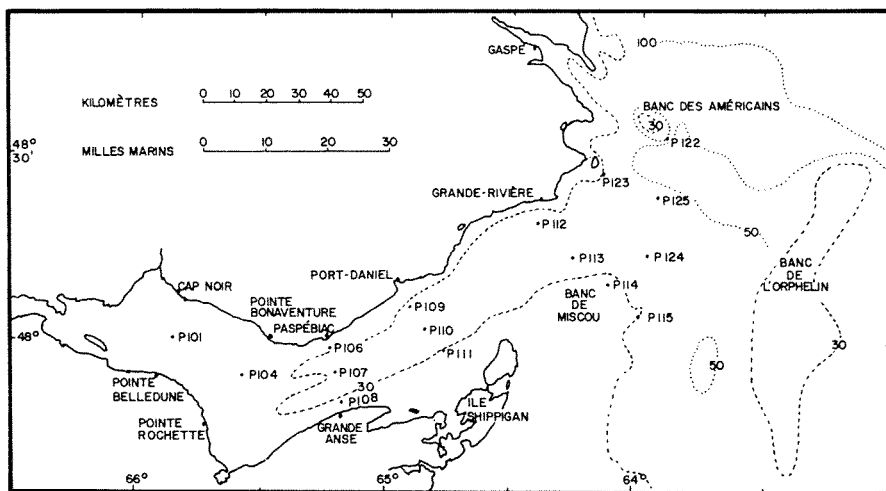


FIGURE 1. Carte de la Baie-des-Chaleurs montrant la position des stations d'échantillonnage.

Ces 360 échantillons, qui forment la série dite *régulière* de notre échantillonnage, furent tous obtenus au moyen d'échantillonneurs quantitatifs Clarke-Bumpus munis de soies de nylon n° 2, soies dont le vide de maille est de 0.366 mm. Typiquement, ces échantillons proviennent de l'échantillonnage de trois couches ou étages : 1) la couche ou étage de surface, s'étendant de 40 mètres à la surface ; 2) la couche ou étage intermédiaire, s'étendant de 80 à 40 mètres ; 3) la couche profonde ou étage profond, s'étendant

de 110 à 80 mètres. L'épaisseur réelle des couches dépend toutefois de la profondeur du fond pour les prélèvements qui furent faits à partir du fond de la mer. Ainsi, dans le cas d'un prélèvement à une station dont la profondeur du fond était de 35 mètres, la couche de surface s'étendait en fait d'environ 35 mètres à la surface. Si la profondeur de la station était de 75 mètres, la couche intermédiaire se situait entre 75 et 40 mètres, la couche de surface, de 40 mètres à la surface.

Tous nos prélèvements avaient donc une composante horizontale et une composante verticale, et étaient, par conséquent, des prises obliques. Mais comme dans notre méthode la composante verticale était obtenue par des remontées régulières du câble de traction à toutes les cinq minutes plutôt que par une diminution continue de la longueur du câble immergé, ces prises obliques étaient des prises obliques mitigées ou prises par paliers.

Nous eûmes évidemment à faire face aux problèmes de *stabilité angulaire* du câble de traction. Bien que le câble fût d'une pesée de forme hydrodynamique de plus de 45 kilogrammes, l'angle qu'il faisait avec la verticale pouvait facilement atteindre 60° , même à la vitesse réduite de notre touage (2.5 noeuds), ce qui aurait requis, selon le calcul trigonométrique, une compensation égale à la profondeur de touage recherchée. Dans le cas des prélèvements qui débutaient à partir du fond de la mer —peu importe l'étage d'échantillonnage—, nous avons évité ces inconvénients en ajustant la longueur de câble de manière à établir un contact entre la pesée de plomb et le fond de la mer pendant les cinq premières minutes de touage, ce que nous pouvions vérifier par la perception manuelle de vibrations *sui generis* sur la portion émergée du câble. Pour les prélèvements de 100 à 80 mètres, il fallait initialement donner entre 120 et 140 mètres de câble suivant l'angle ; pour les prélèvements de 80 à 40 mètres et ceux de 40 mètres à la surface, les longueurs de câble à dérouler étaient respectivement de 90-115 mètres et 41-45 mètres, suivant l'angle. Par ailleurs, dans le cas des prélèvements qui débutaient à mi-eau, nous ajoutions à la longueur théorique de câble une longueur équivalant à environ la moitié de la valeur fournie par calcul trigonométrique.

La seule couche d'échantillonnage présente à toutes les stations de notre réseau est la couche de surface. La couche intermédiaire ne se retrouve qu'à 2 stations de la baie, les stations P 107 et P 110, et à 3 stations de l'extérieur de la baie, les stations P 112, P 113 et P 123. La couche profonde ne se retrouve qu'à une seule station, la station P 112.

La *durée* des prélèvements était généralement de 20 minutes, puisque la plupart d'entre eux devaient permettre l'échantillonnage successif et cumulatif de 4 strates réparties de 10 mètres en 10 mètres, avec des paliers de 5 minutes à chacune des strates. Si cependant l'épaisseur de la couche n'était effectivement que de 30 mètres ou voisine de 30 mètres, le nombre de paliers était réduit à trois et la durée de la prise conséquemment réduite à 15 minutes.

TABLEAU I

Caractéristiques principales des prélèvements constituant la série régulière,
en 1960, 1961, 1962 et 1964, à l'intérieur de la baie des Chaleurs.

Station	Profondeur du fond (m)	Étages	1960	1961	1962	1964
P 101	30-31	S	8 juin 13 juil. 3 août 1 sept.	9 juin 5 juil. 9 août 29 août	4 juin 11 juil. 31 juil. 27 août	— — — —
P 104	44	S	8 juin 13 juil. 3 août 4 sept.	8 juin 5 juil. 8 août 29 août	5 juin 11 juil. 31 juil. 28 août	— — — —
P 106	33-36	S	8 juin 13 juil. 3 août 1 sept.	8 juin 5 juil. 8 août 30 août	5 juin 10 juil. 31 juil. 28 août	— — — —
P 107	70-80	S, I	8 juin 12 juil. 3 août 1 sept.	8 juin 5 juil. 8 août 29 août	5 juin 10 juil. 31 juil. 28 août	13 + 29 mai 18 juin 6 + 27 juil. 12 août 31 août 29 sept. 26 oct.
P 108	30-45	S	9 juin 12 juil. 3 août 1 sept.	8 juin 4 juil. 8 août 29 août	5 juin 10 juil. 30 juil. 27 août	13 + 29 mai 18 juin 6 + 27 juil. 12 + 31 août
P 109	40-44	S	7 juin 11 juil. 2 août 31 août	7 + 9 juin 4 juil. 7 août 30 août	6 juin 10 juil. 30 juil. 27 août	— — — —
P 110	80-83	S, I	9 juin 11 juil. 2 août 31 août	7 juin 4 juil. 7 août 30 août	6 juin 10 juil. 30 juil. 27 août	13 + 29 mai 18 juin 6 + 27 juil. 12 août 31 août 29 sept. 26 oct.
P 111	40-43	S	9 juin 12 juil. 2 août 31 août	7 juin 4 juil. 7 août 30 août	6 juin 9 juil. 30 juil. 27 août	— — — —

Une autre caractéristique de cet échantillonnage est son caractère nettement *diurne*. La très grande majorité des échantillons furent prélevés entre 8 heures et 18 heures (heure normale de l'Atlantique). Quelques prélèvements seulement furent faits entre 7 h 40 et 8 h, et quelques autres entre 18 h et 19 h 37. Par rapport au lever et au coucher du soleil, le caractère diurne des échantillons est donc dépourvu de toute ambiguïté.

Nous avons, en 1964, effectué 72 prélèvements obliques *additionnels*, toujours au moyen d'échantillonneurs Clarke-Bumpus : 1) un premier groupe de 34 prélèvements, par filtration sur des soies n° 2, entre 5 mètres et la surface ; 2) un deuxième groupe de 38 prélèvements, par filtration sur des soies n° 8 (vide de maille de 0.203 mm), entre 40 mètres et la surface. Enfin, au cours de chacune des années de travail en mer, nous avons fait plusieurs prélèvements *surnuméraires*, mais les résultats qui en découlent ne seront à peu près pas utilisés dans ce travail.

Nous fournissons dans les tableaux I et II les principales caractéristiques de la série *régulière*. Les données de bord détaillées pertinentes aux séries régulière, additionnelle et surnuméraire sont réunies dans deux catalogues déjà publiés (Lacroix, 1961 b ; Lacroix et Méthot, 1967).

ÉTALONNAGE DES ÉCHANTILLONNEURS

Nous avons, au moins une fois par année, procédé à l'étalonnage en mer des échantillonneurs Clarke-Bumpus, suivant la méthode suggérée par Clarke et Bumpus (1950). Les résultats obtenus varient d'une année à l'autre et d'un échantillonneur à l'autre, mais les écarts sont toujours relativement faibles : l'étendue des divers étalonnages est de 4.9-5.7 litres par révolution du compte-tours.

Rappelons la signification de l'*étalonnage*, qui consiste à attribuer à un cyclomètre une valeur spécifique de filtration, théoriquement fixe pour un échantillonneur donné, en postulant que toute l'eau présentée à l'embouchure de l'échantillonneur s'y engouffre. Ce concept diffère de celui d'*admission effective* ("acceptance"), qui peut varier suivant la présence ou l'absence d'un filet sur l'appareil (Yentsch et Duxbury, 1956). Exprimé en pourcentage, le coefficient d'admission effective serait de 94% pour une vitesse de 0.75 à 1.5 noeud, mais de 79% seulement pour une vitesse de 2.4 noeuds (McHardy, 1961). Si l'on considère toutefois l'amplitude des variations d'un trait oblique à l'autre (de l'ordre de 20% selon Winsor et Clarke, 1940), les erreurs produites en postulant un coefficient d'admission de 100% n'ont sans doute qu'une importance mineure.

TABLEAU II

Caractéristiques principales des prélèvements constituant la série régulière, en 1960, 1961, 1962 et 1964, à l'extérieur de la baie des Chaleurs.

Station	Profondeur du fond (m)	Étages	1960	1961	1962	1964
P 112	110	S, I, P	10 juin 8 juil. 4 août 6 sept. 13 oct. 4+11 nov.	10 + 15 juin 3 + 8 juil. 10 août 31 août 10 + 30 oct. 6 nov.	7 juin 12 juil. 3 août 29 août 23 oct. 21 nov.	12 + 30 mai 17 juin 7 + 28 juil. 11 août 1 sept. 28 sept. 27 oct.
P 113	80-85	S, I	10 juin 8 juil. 4 août 6 sept. 13 oct. 4 nov.	10 juin 3 juil. 10 août 31 août 10 oct. —	7 juin 9 juil. 3 août 30 août — —	12 + 30 mai 17 juin 7 + 28 juil. 11 août 1 sept. 28 sept. 27 oct.
P 114	42	S	10 juin 8 juil. 4 août 6 sept. 13 oct.	10 juin 3 juil. 10 août 31 août 10 oct.	7 juin 9 juil. 3 août 30 août —	— — — — —
P 115	45-53	S	10 juin 8 juil. 4 août 6 sept. 13 oct.	9 juin 3 juil. 10 août 31 août 10 oct.	— 9 juil. 3 août 30 août —	— — — — —
P 122	50	S	17 juin 15 juil. 5 août 7 sept. 14 oct.	14 juin 8 juil. 11 août 1 sept. 11 oct.	— — — — —	— — — — —
P 123	68-70	S, I	17 juin 15 juil. 5 août 7 sept. 14 oct.	15 juin 8 juil. 11 août 1 sept. 11 oct.	8 juin 12 juil. 3 août 30 août —	— — — — —

S : 0- 40 mètres

I : 40- 80 mètres

P : 80-110 mètres

Nous avons eu peu de problèmes de filtration. L'utilisation d'une soie à grand vide de maille élimine à toutes fins pratiques le colmatage. En principe, nous recommandons tout prélèvement dont la valeur de filtration était inférieure à 10 mètres cubes. Quatre-vingt-treize pour cent de nos prélèvements présentaient des valeurs de filtration supérieures à 15 mètres cubes et 72% d'entre eux, des valeurs supérieures à 20 mètres cubes. Moins de 2% des prélèvements à filtration inférieure à 10 mètres cubes furent retenus : il s'agissait de cas où de toute évidence le cyclomètre ne fonctionnait pas normalement. Nous avons, dans ces cas peu nombreux, attribué une valeur moyenne de filtration au prélèvement.

AUTRES OBSERVATIONS

Outre les observations météorologiques usuelles et l'enregistrement de bathythermogrammes à toutes les stations d'échantillonnage, nous avons également fait des observations étagées de température et de salinité aux profondeurs standards, en collaboration avec le professeur Marcel Tiphane, à qui nous devons la plupart des analyses conductimétriques de salinité. De telles données de température et de salinité sont complètes : 1) pour les croisières de juillet et août 1960 ; 2) pour les croisières de juin, juillet, août et septembre 1961 et 1962 ; 3) pour les croisières de mai et juin 1964.

Méthodes de travail au laboratoire

ANALYSE VOLUMÉTRIQUE

La première opération pratiquée sur l'échantillon de zooplancton consistait à le débarrasser de tous les déchets qu'il pouvait contenir : réceptacles de *Fucus*, débris de bois, morceaux de Scyphoméduses (particulièrement des tentacules de *Cyanea*). Il y avait parfois lieu de pousser plus loin la préparation préliminaire de l'échantillon en démêlant, sous une loupe stéréoscopique, les agglomérations de petits Copépodes, de Cladocères ou de Fritillaires, formées autour des débris de tentacules de Scyphoméduses. Cette étape étant franchie, nous déterminions le volume du zooplancton par la méthode de déplacement d'eau (Bigelow et Sears, 1939). Une telle méthode n'est évidemment pas très précise, puisque nous mesurons, en plus du zooplancton, toute l'eau interstitielle. Elle fournit cependant des valeurs relatives convenables, car sa reproductibilité s'est avérée bonne. Nous avons en effet exécuté, sur une série de neuf échantillons surnuméraires, trois déterminations successives de volumes par cette méthode, et comparé, paire par paire, les trois distributions obtenues au moyen de tests de Student. Les résultats de ces épreuves (tableau III) montrent clairement que les moyennes de chacune des séries en cause ne diffèrent pas significativement au niveau de signification de 5%.

TABLEAU III

Comparaisons, paire par paire, des différences obtenues lors de trois déterminations volumétriques successives sur neuf échantillons surnuméraires, au moyen de tests de Student (t).

Paires	t	t _{0.05}	Degrés de liberté	Différence
A . B	1.997			non significative
B . C	1.046	2.306	8	non significative
A . C	1.946			non significative
B . C	0.991			non significative

A, B, C étant les trois séries de volumes planctoniques;
 "t_{0.05}" la valeur de "t" pour P = 0.05

SUBÉCHANTILLONNAGE ET DÉNOMBREMENT

Une fois le volume déterminé, la phase suivante consistait à trier, identifier et compter tous les "gros" organismes, en l'occurrence tous les Cnidaires et Cténaïres visibles à l'oeil nu ; les Euphausides adultes ; ceux des Euphausides larvaires qui paraissaient, en inspection rapide, appartenir à des stades plus avancés que les furciliars V ; les Amphipodes hypérides ; les Ptéropodes ; les Mysidacés et les larves de poissons.

A la suite de cette opération de triage, dont le but était de rendre l'échantillon très homogène eu égard à la taille des organismes, les échantillons *très petits* étaient placés directement dans le canal périphérique d'une tournette motorisée de type Ward (Ward, 1955) et les organismes constituants étaient entièrement dénombrés, un à un, en les ventilant selon les taxons supérieurs, lors de leur passage dans le champ d'une loupe stéréoscopique.

D'autre part, les échantillons *plus gros* — en somme la majorité de nos échantillons — étaient l'objet d'une opération de subéchantillonnage par la méthode de la plongée, décrite par Brunel (1961). Dans le présent travail, le prélèvement à la pipette était généralement répété trois fois, de sorte que le subéchantillon final représentait 15 ml / 250 ml ou 6% de l'échantillon total. La décision de prélever seulement 15 ml est fondée sur l'analyse réitérative de Brunel (*op. cit.*), qui n'indique qu'une faible diminution de l'erreur relative

par addition de plongées supplémentaires. Ce subéchantillon de 15 ml était ensuite dénombré selon la méthode décrite précédemment pour l'énumération des échantillons entiers.

Selon Brunel (*op. cit.*), l'erreur relative propre à la méthode de la plongée n'est que de 15% pour le subéchantillonnage d'organismes plus nombreux que 46 dans 250 ml de suspension. Dans le cas des organismes à très faible densité, la méthode de la plongée serait inefficace. Le tri très poussé qui précédait nos opérations de subéchantillonnage atténue considérablement cette difficulté, car les organismes à densité plus faible sont très souvent de "gros" organismes, éliminés avant le subéchantillonnage, ou de "petits" organismes, déjà sous-échantillonnés lors des prélèvements en mer et conséquemment peu considérés tout le long de ce travail.

Conditions hydroclimatiques

Topographie et circulation générale

La baie des Chaleurs est une grande baie située à l'ouest du golfe Saint-Laurent. Sa longueur approximative est de 120 kilomètres ; sa largeur, de 35 à 40 kilomètres à l'embouchure et d'un peu plus de 20 kilomètres dans sa partie médiane.

Les profondeurs de la baie diminuent en allant de l'est vers l'ouest. L'isobathe de 50 brasses (91.5 mètres) se rend à peine à la hauteur de Port-Daniel ; celle de 40 brasses (73.2 mètres) atteint tout juste les parages de Paspébiac. Plus à l'ouest, la profondeur du fond ne dépasse guère 40 mètres. Comme le souligne Tiphane (1965 a, p. 2), "*le fond de la baie est comme celui d'une vallée large et uniformément plate à l'amont, devenant plus étroite à mesure qu'elle s'approfondit à l'aval. Les flancs de cette vallée ont une pente plus accentuée du côté nord (Québec) que du côté sud (Nouveau-Brunswick), ce qui reflète d'ailleurs assez bien l'aspect topographique des côtes à relief accentué du côté québécois, planes et basses du côté du Nouveau-Brunswick. Ce fond n'est donc que l'extension normale des côtes en-dessous de niveau de la mer*".

Les bancs de pêche gaspésien considérés dans cette étude sont le banc de Miscou, prolongement sous l'eau de la péninsule Shippigan-Miscou et le banc des Américains, extension du cap Gaspé vers le sud-est (Tiphane, 1965 b). Pour les fins spécifiques de notre travail, nous désignons sous l'appellation *région des bancs de pêche gaspésien*, un triangle dont deux des côtés sont respectivement une section nord-sud de stations, s'étendant des parages de Grande-Rivière au banc des Américains (stations P 112, P 123, P 122). Les deux stations qui ferment ce triangle, en reliant le banc de Miscou au banc des Américains (stations P 124, P 125) n'ont malheureusement pas été visitées régulièrement. A l'exception d'une station située au large de Grande-Rivière (station

P 112), dont la profondeur est de 110 mètres, les profondeurs enregistrées aux stations de ce triangle sont inférieures à 92 mètres et sont par conséquent du même ordre de grandeur que celles des stations les plus profondes de la baie des Chaleurs (stations P 107 et P 110).

Les eaux de la baie des Chaleurs et de la région des bancs de pêche sont soumises à diverses influences, dont nous ne retiendrons que les deux plus importantes : 1) les apports d'eau douce en provenance des rivières Matapédia, Restigouche, Nouvelle, Cascapédia et Bonaventure, qui sont considérables et jouent un rôle prépondérant au printemps et au début de l'été, surtout dans la partie occidentale de la baie ; 2) le courant de Gaspé, constitué d'eaux froides et à salinité relativement faible, qui exercerait son influence sur les eaux de la région de façon plus marquée au printemps qu'à l'automne (Lauzier, Trites et Hachey, 1957). Selon la description faite par Tremblay (1943) —description corroborée dans ses grandes lignes par les analyses de F.-R. Boudreault (communication personnelle)—, les eaux du courant de Gaspé se déplaceraient le long de la côte de la Gaspésie et pénétreraient dans la baie jusqu'à l'isobathe de 30 brasses (54.9 mètres). De là, elles seraient déviées vers le sud pour se diriger hors de la baie en se mélangeant au courant de décharge de la baie des Chaleurs. En simplifiant, il apparaît donc qu'on puisse diviser nos deux principales régions en différents milieux physiques : 1) la *partie occidentale de la baie*, représentée par nos stations P 101 et P 104, placés sous l'influence prépondérante des eaux douces issues des rivières ; 2) la *partie septentrionale de la baie* (nos stations P 106 et P 109), en grande partie contrôlée par les eaux froides et à salinité réduite pénétrant dans la baie, en provenance de la *partie septentrionale de la région des bancs de pêche* (nos stations P 112, P 113, P 122, P 123) ; 3) la *partie méridionale de la baie* (stations P 108 et P 111), zone où se fait le mélange des eaux venant de l'ouest de la baie et de celles de sa partie septentrionale ; 4) la *partie méridionale de la région des bancs de pêche* (stations P 114, P 115), sous l'influence des eaux de décharge de la baie des Chaleurs. Les stations P 107 et P 110, par suite de leur position centrale à l'est de la baie des Chaleurs, sont soumises à des influences, semble-t-il plus complexes que les stations septentrionales et méridionales du même secteur.

Variations horizontales de la température de surface

En 1960 (juin à novembre), les températures de surface minimales et maximales furent 1.2° et 18.0° C ; en 1961 (juin à novembre), 5.1° et 21.6° C ; en 1962 (juin à novembre), 7.2° et 19.2° C ; en 1964 (mai à novembre), 5.6° et 17.2° C.

Par ailleurs, les moyennes mensuelles les plus élevées furent obtenues en même temps à l'intérieur et à l'extérieur de la baie, pour chacune de nos quatre années d'échantillonnage (figure 2 D). En 1960, nous relevons en *juillet*

les moyennes maximales de l'intérieur et de l'extérieur de la baie (respectivement 16.2° et 14.7° C). En 1961, c'est en août que nous notons les moyennes mensuelles les plus élevées : 18.0° C, à l'intérieur de la baie et 16.7° C, à l'extérieur de la baie. Bien que les moyennes d'août 1962 soient à un niveau élevé, les valeurs moyennes maximales sont celles de septembre : 17.2° C, à l'intérieur et 14.6° C, à l'extérieur. En 1964, les plus fortes moyennes sont celles des juillet : 17.0° C, à l'intérieur et 16.4° C, à l'extérieur. On aura noté le décalage entre les différentes années d'observations quant aux températures moyennes de surface les plus élevées : juillet, en 1960 et 1964 ; août, en 1961 ; septembre, en 1962. Ce décalage permet déjà de soupçonner trois types de réchauffement printanier et estival.

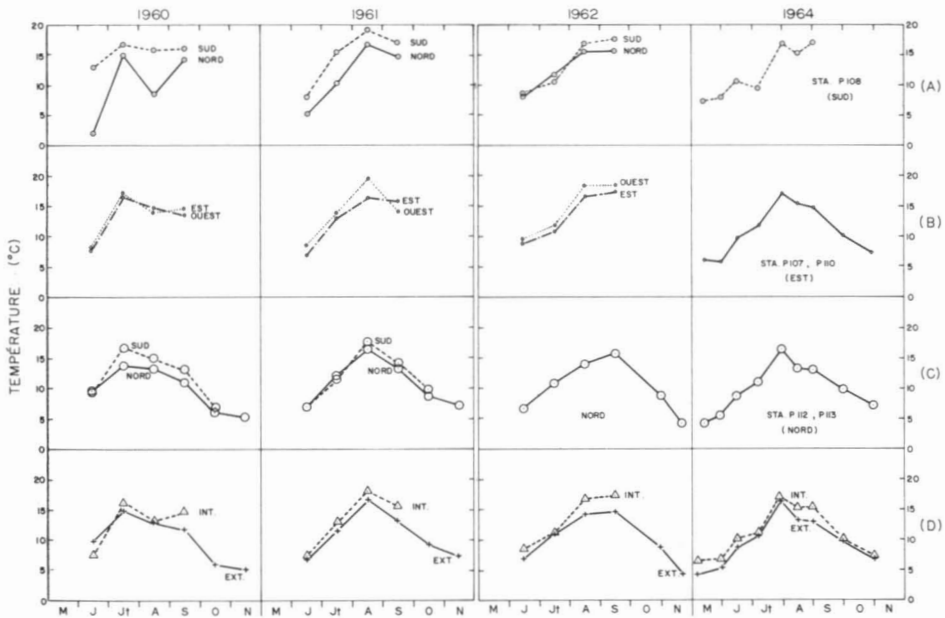


FIGURE 2. Variations saisonnières de la température de surface en 1960, 1961, 1962 et 1964. (A) au nord et au sud de la baie des Chaleurs; (B) à l'ouest et à l'est de la baie des Chaleurs; (C) au nord et au sud de la région des bancs de pêche; (D) à l'intérieur et à l'extérieur de la baie des Chaleurs (moyennes de toutes les stations). Pour 1960, 1961 et 1962, référer au texte pour l'identification des stations. Pour 1964, les stations en cause sont indiquées.

La figure 2 (A, B, C) illustre les variations saisonnières de la température de surface en tenant compte de façon plus précise de la composante géographique. Le fait le plus marquant des variations saisonnières et géographiques de la température de surface en 1960 est sans doute la divergence très marquée entre les moyennes du nord et du sud de la baie des Chaleurs, particulièrement en juin et en août. En juin, la moyenne des stations situées au sud de la baie est sept fois plus élevée que celle des stations situées au nord de la

baie (une différence de 11.1°C) ; en août, la moyenne du sud est près de deux fois plus élevée que celle du nord (une différence de 7.4°C). Entre l'est et l'ouest de la baie, nous ne pouvons noter que de très faibles écarts dans les moyennes. A l'extérieur de la baie, la moyenne des stations situées au sud de la région des bancs de pêche est plus élevée que celle des stations situées au nord, en juillet, août et septembre. L'écart maximal (2.9°C , en juillet) est cependant beaucoup plus faible que les écarts notés précédemment pour le nord et le sud de l'intérieur de la baie.

En 1961, l'écart entre les moyennes des stations septentrionales et méridionales de la baie est toujours supérieur à 2.1°C et atteint même 5.3°C en juillet. Les stations de l'ouest de la baie, contrairement à ce que nous avons constaté en 1960, affichent une moyenne supérieure à celle de l'est, pendant les mois de juin, juillet et août. L'écart maximal est celui du mois d'août (3.3°C). A l'extérieur de la baie, les moyennes des stations du nord de la région des bancs de pêche sont légèrement inférieures à celles des stations du sud.

En 1962, les divergences entre les moyennes du nord et du sud sont considérablement réduites, sans doute à cause du brassage intensif et fréquent, caractéristique de l'été 1962 (Tiphane, 1963). La moyenne des stations du sud de la baie n'est plus élevée que celle des stations du nord qu'en août et septembre et l'écart maximal —en septembre— est inférieur à 2.0°C . Dans la région des bancs de pêche, la différence entre les moyennes du nord et du sud ne dépasse jamais 1.0°C . Enfin, entre les stations de l'est et de l'ouest de la baie, l'écart maximal est de 1.6°C (en août).

Les limites géographiques de l'échantillonnage de 1964 ne permettent pas de faire les mêmes comparaisons.

Variations saisonnières de la température de surface

Afin de mieux saisir les caractéristiques des fluctuations saisonnières de chacune de nos années d'échantillonnage, nous avons consigné au tableau IV les moyennes des écarts entre les températures de surface de l'intérieur et de l'extérieur de la baie, d'un mois à l'autre, mais en tenant compte seulement des stations permanentes, c'est-à-dire des stations visitées de façon régulière tant en 1964 qu'en 1960, 1961, 1962 (P 107, P 108, P 110, à l'intérieur de la baie ; P 112 et P 113, à l'extérieur de la baie).

N'ayant de données pour le mois de mai qu'en 1964, nous nous référons, pour la progression mai-juin, aux observations faites quotidiennement au quai de Grande-Rivière (Marcotte, 1964; Anonyme, 1965). Ces données — comparables *grosso modo* à celles de nos stations de l'extérieur de la baie — montrent clairement une très lente progression en 1961, par comparaison aux processus des années 1960, 1962 et 1964. Les températures de surface du 31 mai sont

respectivement de 6.0°, 4.7°, 6.4° et 5.5° C pour les années 1960, 1961, 1962 et 1964; celles du 15 juin sont respectivement de 10.0°, 7.9°, 11.3° et 9.3° C. Lors de nos premières observations en juin, les températures moyennes sont de 8.4° en 1960; 7.1°, en 1961; 8.0°, en 1962 et 9.6° C, en 1964.

TABLEAU IV

Moyennes des écarts dans les températures de surface (°C), d'un mois à l'autre, à l'intérieur (stations P 107, P 108, P 110) et à l'extérieur de la baie des Chaleurs (stations P 112, P 113), en 1960, 1961, 1962 et 1964.

Année	Juin — Juillet		Juillet — Août		Août — Septembre		Septembre — Octobre	
	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.	Int.	Ext.
	1960.....	7.5	6.0	-2.8	-0.8	0.6	-2.6	—	-4.6
1961.....	6.1	5.0	4.0	5.2	-1.2	-3.1	—	-4.4
1962.....	1.6	4.5	6.4	3.2	1.0	0.6	—	-5.6
1964*.....	0.9	2.3	4.3	2.2	0.1	-0.2	-4.6	-3.1

* Les écarts de 1964 furent calculés à partir des observations faites aux dates les plus rapprochées des dates correspondantes de 1960, 1961 et 1962.

Ce retard relatif du réchauffement printanier de 1961, retard également observé par Tiphane (1963) tout comme par Lauzier et Marcotte (1966), est lié aux conditions climatiques très rigoureuses de l'hiver 1961. Ces conditions rigoureuses ont amené la formation de champs de glace étendus à tout le golfe, glace qui ne disparaît que lentement et très tardivement (Black, 1961). Les cartes de distribution de la glace (Black, 1960, 1961, 1963) montrent clairement les différences annuelles dans la régression des glaces en 1960, 1961 et 1962. Dès la fin de mars, en 1960 et 1962, on note une réduction très considérable de la glace, qui n'est alors présente — dans la région qui nous occupe — qu'à l'extrême sud de la baie des Chaleurs. En 1961, au contraire, on ne retrouve de telles conditions de glace qu'à la mi-mai.

C'est pendant la période juin-juillet que se fait principalement le réchauffement estival (tableau IV). On notera les écarts mensuels particulièrement élevés

de 1960 et 1961, à l'intérieur et à l'extérieur de la baie. En 1962, le réchauffement n'est sensible qu'à l'extérieur de la baie. Le réchauffement le plus faible observé au cours de cette période est celui de 1964.

Durant la période suivante, celle de juillet-août, nous remarquons une progression substantielle en 1961, 1962 et 1964, mais une diminution considérable en 1960, plus marquée à l'intérieur qu'à l'extérieur de la baie. L'été hydrographique de 1960 semble donc devoir être particulièrement court.

D'août à septembre, la situation diffère beaucoup d'une année à l'autre. Les années 1960 et 1961 présentent des diminutions, tandis que les années 1962 et 1964 font encore voir des augmentations de température. Enfin, le refroidissement automnal survient, pendant la période septembre-octobre. Il semble un peu moins accéléré en 1964 qu'au cours des trois autres années.

Pour résumer, retenons que l'année 1960 est caractérisée par un réchauffement printanier et estival accéléré, brusquement interrompu à partir de juillet. Le réchauffement printanier est cependant limité géographiquement, puisqu'il se produit intensivement aux stations du sud de la baie mais très médiocrement aux stations septentrionales. En somme, l'été 1960 fut hâtif, mais bref.

C'est par son réchauffement printanier très lent que l'année 1961 se distingue davantage. Mais les progressions rapides de juin à août sont aussi notables, puisqu'elles amènent des températures estivales particulièrement élevées. L'été 1961 fut donc un été tardif, mais chaud.

Les modifications les plus graduelles que nous ayons observées dans la température de surface sont celles de 1962. Ces modifications ont produit à ce point de vue un été prolongé, mais médiocrement chaud.

Les conditions de 1964 sont, quant au rythme de réchauffement de la température de surface, intermédiaires par rapport à celles des autres années : réchauffement printanier assez rapide, mais réchauffement estival très graduel.

Distribution verticale de la température

Dans le but de mettre en relief les conditions de température propres à nos différents étages d'échantillonnage, nous avons illustré sur la figure 3 la distribution verticale de quelques isothermes, en juin, juillet, août et septembre, 1960, 1961, 1962, en prenant comme référence les stations de la section P 109 — P 110 — P 111, suffisamment représentatives, du moins dans les grandes lignes, de la région qui nous intéresse.

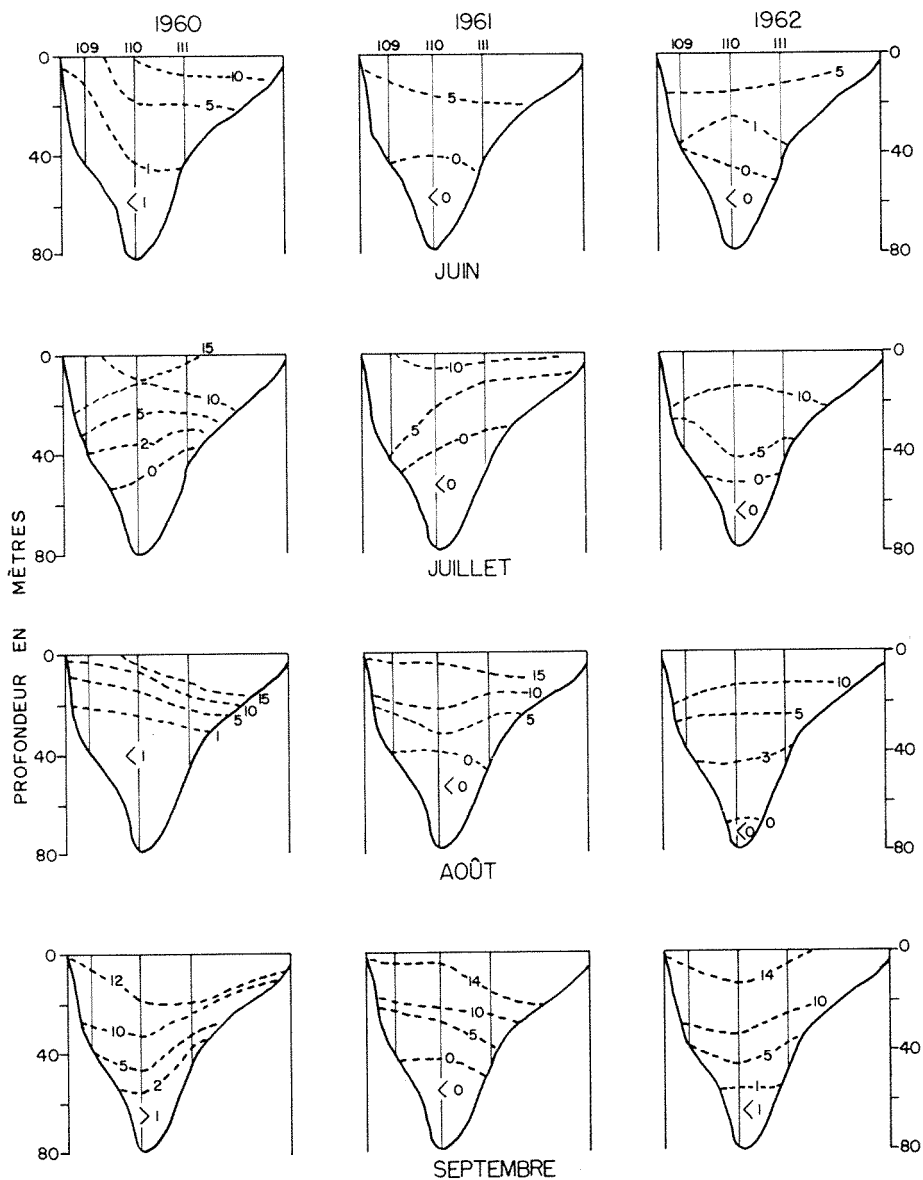


FIGURE 3. Distribution verticale de quelques isothermes aux stations P 109, P 110, P 111, en juin, juillet, août et septembre 1960, 1961 et 1962.

ÉTAGE SUPÉRIEUR D'ÉCHANTILLONNAGE (0-40 MÈTRES)

L'étage supérieur présente évidemment la plus grande diversité thermique sur le plan vertical, surtout si l'on envisage les variations saisonnières et annuelles, puisque cet étage contient la plupart du temps l'épithalassa et la thermocline. La formation de la thermocline, de même que ses variations verticales, influent donc plus immédiatement sur cet étage que sur les étages plus profonds.

Comme en témoignent les isothermes de 10°, 5° et 1° C de juin 1960 (figure 3), l'on retrouve très clairement, au moins jusqu'à 40 mètres, le très fort gradient nord-sud observé précédemment en juin 1960 dans les eaux de surface, les eaux du côté nord de la baie étant constamment plus froides que celles du centre-est et du sud. A 10 mètres, l'écart entre la station septentrionale et la station méridionale est de 6.5° C, mais il s'atténue ensuite au fur et à mesure que la profondeur augmente: 5° C à 20 mètres, 2.2° C à 30 mètres et 2.0° C au fond. De 20 mètres jusqu'au fond, la station septentrionale présente des températures négatives. En juin 1961, le gradient horizontal nord-sud peut être retracé avec une certaine netteté jusqu'à environ 30 mètres, cependant qu'en 1962, il est inversé, la station septentrionale affichant des températures légèrement supérieures à celle de la station méridionale. Pour résumer brièvement les conditions générales de juin dans l'étage supérieur, nous pouvons dire que les eaux relativement chaudes (5° C et plus) sont limitées aux 20 mètres supérieurs, les 20 mètres suivants étant constitués d'eaux dont la température s'abaisse jusqu'à 0° C.

Entre juin et juillet, les eaux de l'étage supérieur se réchauffent substantiellement et tout comme c'était le cas dans les eaux de surface, le gradient nord-sud s'estompe passablement. En 1960 et 1962, les températures des 10 mètres supérieurs ne sont jamais inférieures à 10° C, alors qu'en 1961, l'isotherme de 10° est très près de la surface. A 20 mètres et 40 mètres, les eaux sont notamment plus chaudes en 1962 qu'en 1960, et en 1960 qu'en 1961.

En août 1960, 1961 et 1962, les températures à la profondeur de 10 mètres sont toujours supérieures à 10° C, sauf du côté nord en 1960, le gradient horizontal nord-sud s'étant de nouveau établi distinctement jusqu'à la profondeur de 20 mètres. À cette dernière profondeur, les conditions des années 1961 et 1962 se ressemblent beaucoup, mais en 1960, seul le côté sud de la baie présente des conditions analogues. A 40 mètres, les eaux de 1962 sont typiquement plus chaudes (3° C et plus) que celles de 1960 et 1961.

En septembre 1960 et 1962, l'étage supérieur, dans toute son étendue, est constituée d'eaux relativement chaudes : l'isotherme de 10° C et celle de 5° C sont beaucoup plus basses qu'elles n'étaient en août. Dans la partie inférieure de l'étage 0-40 mètres, l'année 1961 présente les températures les plus froides de ce niveau pour les trois années considérées ici, tandis que l'année 1962 présente les plus chaudes.

ÉTAGE INTERMÉDIAIRE D'ÉCHANTILLONNAGE (40-80 MÈTRES)

Même si les variations de température dans cette couche d'eau sont moins considérables que dans l'étage supérieur (figure 3), des différences très typiques n'en sont pas moins décelables sur le plan saisonnier et sur le plan annuel.

En 1960, toute l'épaisseur de cette couche est constituée d'eaux froides (inférieures à 2° C) pendant les mois de juin, juillet et août. C'est en septembre seulement que les eaux de cette étage seront vraiment chaudes (de 1 à 7° C). De juin à septembre 1961, l'étage intermédiaire, dans presque toute son épaisseur est constamment fait d'eaux très froides, inférieures à 0° C. En 1962, il y a, dans cette couche, un réchauffement beaucoup plus prononcé, qui se terminera en septembre par la disparition complète des eaux de température inférieure à 0° C. À ces profondeurs, l'année 1962 est donc la plus chaude et l'année 1961, la plus froide.

ÉTAGE PROFOND D'ÉCHANTILLONNAGE (80-110 MÈTRES)

Notre étage profond d'échantillonnage ne se retrouve qu'à la station P 112. La structure verticale à cette station a fait l'objet d'une analyse saisonnière particulière à laquelle le lecteur intéressé pourra se référer (Boudreault, 1967). En 1960, toutes les températures de cette couche sont, de juin à septembre, supérieures à 0° C. À 75 mètres, la température varie entre 0.3 et 1.2° C, tandis qu'à 100 mètres, elle varie de 0.1 à 1.4° C. En juin, juillet et août 1961, à 75 et à 100 mètres, les températures sont toujours négatives, variant de -1.3 à -0.2° C. En 1962, il n'y a de température négative à 75 et à 100 mètres qu'au mois de juin. De juillet à septembre, l'étendue des températures est de 0.2 - 1.2 à 75 mètres et 0.05 - 0.2° C à 100 mètres.

Variations de la salinité

Étant donné le peu d'amplitude des fluctuations annuelles de salinité, nous utiliserons, pour mettre en relief certaines différences saisonnières et géographiques, les données de 1961 et 1962, plus complètes que celles de 1960 et 1964. Nous présenterons au tableau V les valeurs maximales, minimales et moyennes de la salinité de surface de ces deux années, à l'intérieur et à l'extérieur de la baie, pour la période juin-septembre.

Sur le plan saisonnier, notons que les *valeurs minimales* les plus faibles sont celles de juin, ce qui résulte évidemment du débit des rivières, plus élevé au printemps et au début de l'été que dans les mois suivants. Les *moyennes* les plus basses sont celles de juin, à l'intérieur et à l'extérieur de la baie, mais celle d'août, à l'intérieur de la baie. Les écarts entre les moyennes mensuelles sont toutefois très faibles : 2.28 ‰ et 1.36 ‰ à l'intérieur et à l'extérieur de la baie, en 1961 ; 0.44 ‰ et 1.26 ‰, à l'intérieur et à l'extérieur de la baie, en 1962.

Sur le plan géographique, on notera que les salinités moyennes de l'intérieur de la baie sont constamment plus faibles que celles de l'extérieur de la baie. Mais tout comme pour les variations saisonnières, l'écart entre les moyennes

TABLEAU V
Salinités de surface, maximales, minimales et moyennes (o/oo), à l'intérieur et à l'extérieur de la baie des Chaleurs,
en 1961 et 1962.

Mois	Région	1961			1962		
		Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne
Juin	Intérieur	28.17	21.60	25.68	28.01	25.70	27.17
	Extérieur	26.80	26.56	26.95	27.68	27.21	27.42
Juillet	Intérieur	27.75	24.50	25.98	27.88	26.82	27.28
	Extérieur	27.88	27.65	27.78	28.24	27.63	28.06
Août	Intérieur	27.95	26.33	27.22	27.36	25.90	26.66
	Extérieur	27.38	27.21	27.30	28.89	28.33	28.68
Septembre	Intérieur	28.10	27.83	27.96	28.98	26.58	27.61
	Extérieur	28.68	28.06	28.31	28.62	28.31	28.47

est relativement faible, l'écart maximal étant de 1.80 ‰ en 1961 et 2.02 ‰ en 1962. Un examen plus poussé de la distribution horizontale montre d'ailleurs que les salinités les plus faibles de la baie se retrouvent aux stations occidentales et méridionales.

Les variations verticales sont plus prononcées que les variations saisonnières et géographiques. Entre 30 mètres et la surface, l'écart entre les moyennes de salinité est maximal en juin et juillet 1961 (3.88‰ et 3.48‰) à l'intérieur de la baie et en août 1961 (2.75 ‰) à l'extérieur de la baie. En 1962, l'écart maximal entre les moyennes de 30 mètres et 0 mètre est de 3.06 ‰ en août, à l'intérieur de la baie et de 1.96 ‰ en juin, à l'extérieur de la baie. Entre 80 et 30 mètres, l'écart maximal est enregistré en août 1961 (3.01 ‰) et en juin 1962 (2.84 ‰). Notons que les salinités des eaux rapprochées du fond, aux stations les plus profondes, sont de l'ordre de 31 – 32‰.

Analyse volumétrique

Fluctuations temporelles du stock actuel

FLUCTUATIONS ANNUELLES

Nous avons porté au tableau VI les moyennes annuelles générales — toutes stations comprises et pour les trois étages d'échantillonnage intégrés — des volumes planctoniques et, en regard, les nombres moyens d'individus correspondants. La pauvreté relative de l'année 1961 apparaît clairement. Même la moyenne de 1960, plus faible que celles de 1962 et 1964, s'est avérée significativement plus élevée que celle de 1961 ($t = 2.66$; $P < 0.01$). D'autre part, l'année 1962 présente la moyenne la plus élevée. La moyenne volumétrique qui s'en rapproche davantage, celle de 1964 — qui, comme l'indique l'intervalle de confiance, a une portée statistique faible — est néanmoins très nettement plus basse que celle de 1962 ($t = 5.79$; $P < 0.01$). Les moyennes volumétriques des années 1960 et 1964 sont très voisines; l'analyse statistique n'a d'ailleurs pas révélé de différence significative entre ces deux moyennes ($t = 0.280$; $P > 0.05$). En somme, nos observations ont permis de mettre en relief une année distinctement riche en zooplancton, l'année 1962, et une année distinctement pauvre, l'année 1961, tandis que les années 1960 et 1964 se situent toutes deux à un palier intermédiaire. Les données de 1964, rappelons-le, ne permettent pas une comparaison parfaite, puisque l'échantillonnage ne fut pas réalisé selon les mêmes modalités spatio-temporelles que celles des années 1960, 1961 et 1962.

Les nombres d'organismes correspondant à ces moyennes volumétriques manifestent des tendances analogues.

TABLEAU VI

Fluctuations annuelles des volumes planctoniques moyens (en millilitres par mètre cube) et du nombre total d'organismes (moyenne par mètre cube), en 1960, 1961, 1962 et 1964. Les limites de confiance (P 0.95) sont données pour les moyennes volumétriques. N = nombre d'échantillons.

Année	N	Volumes (ml/m ³)	Nombre total (/m ³)
1960.....	98	0.48 ± 0.07	941.00
1961.....	96	0.35 ± 0.06	669.34
1962.....	80	0.57 ± 0.08	1601.99
1964.....	85	0.50 ± 0.12	791.93

FLUCTUATIONS SAISONNIÈRES

La figure 4 illustre les variations saisonnières des volumes planctoniques moyens pour nos quatre années d'échantillonnage, à deux des trois couches, l'étage supérieur (0-40 mètres) et l'étage intermédiaire (40-80 mètres). Dans l'étage supérieur, les quatre courbes sont, à toutes fins pratiques, unimodales : la moyenne maximale est obtenue en *juillet* 1960, 1962 et 1964, mais en *octobre* seulement, au cours de l'année 1961. Dans l'étage intermédiaire, si l'on s'en tient aux valeurs les plus significatives, nous avons deux courbes unimodales, celles de 1960 et 1961, et deux courbes bimodales, celles de 1962 et 1964. Les sommets sont alors obtenus en juillet 1960, septembre 1961, juillet et septembre 1962, juillet et août 1964. Dans l'étage profond (80-110 mètres), les valeurs les plus élevées sont obtenues en novembre 1960, en octobre 1961, en juillet et octobre 1962, en juillet et octobre 1964.

Le niveau le plus élevé des stocks de *juin* est très clairement celui de 1960, tandis que les plus faibles sont ceux de 1961 et 1962. La progression la plus forte de juin à juillet est celle de 1962 ; en 1961, il n'y a aucun changement apparent de juin à juillet. Un autre aspect intéressant est la persistance de stocks élevés. À ce point de vue, l'année 1962 tranche, puisque de juillet à septembre, dans les eaux de l'étage supérieur, les valeurs volumétriques sont constamment supérieures à 0.40 ml par mètre cube. En octobre 1962, le volume moyen n'est que légèrement inférieur à cette valeur. Durant toutes les autres années, les moyennes supérieures à 0.40 ml par mètre cube ne se retrouvent dans l'étage supérieur que pour une courte période.

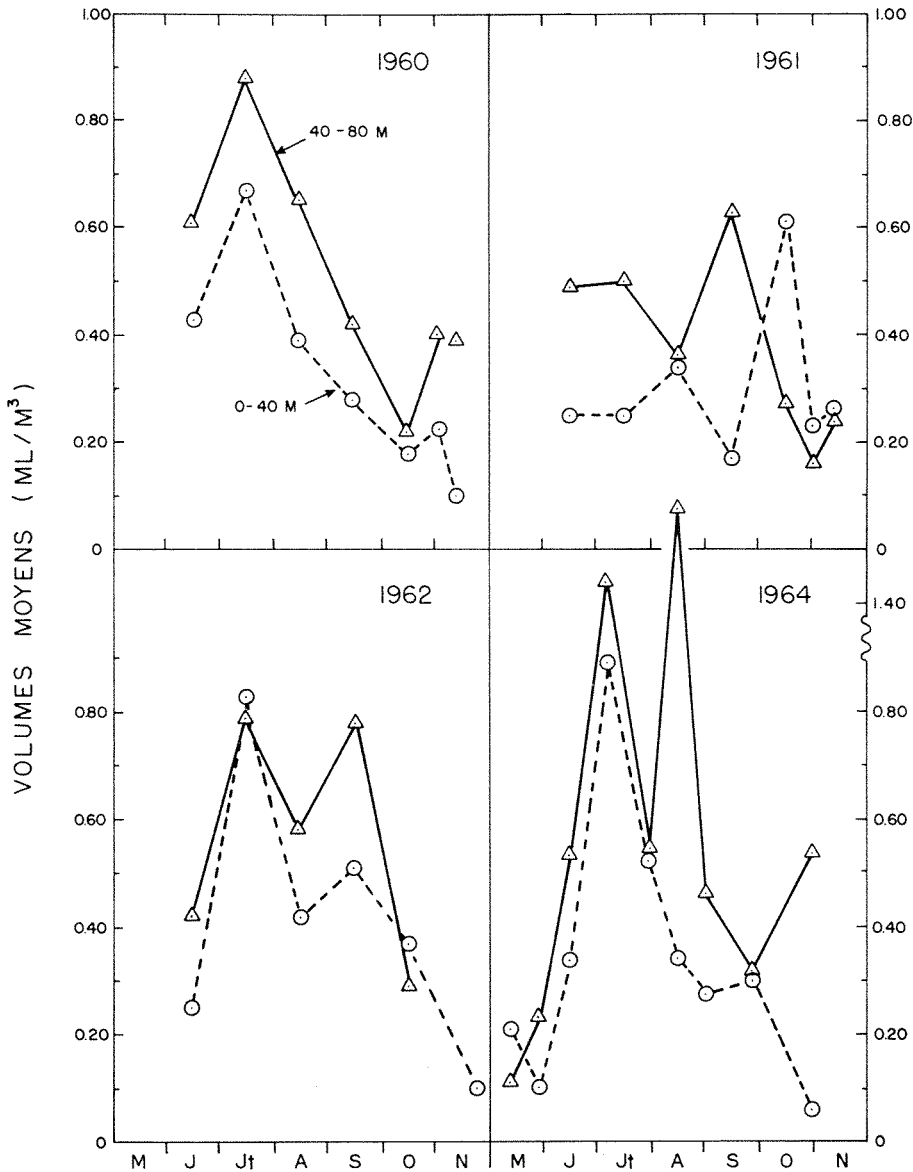


FIGURE 4. Fluctuations saisonnières des volumes planctoniques dans l'étage supérieur (0-40 m) et dans l'étage intermédiaire (40-80 m), en 1960, 1961, 1962 et 1964.

Plusieurs tendances apparaissent donc à l'examen de ces différentes courbes. Nous sommes en mesure de distinguer trois types de régimes saisonniers : 1) celui de 1960, qui présente un niveau initial élevé dans les stocks (en juin), un sommet fort accentué en juillet et une décroissance continue jusqu'à l'automne; 2) celui de 1961, sans doute le plus caractérisé, qui présente un niveau initial très bas et ne manifeste de progression significative qu'en octobre dans

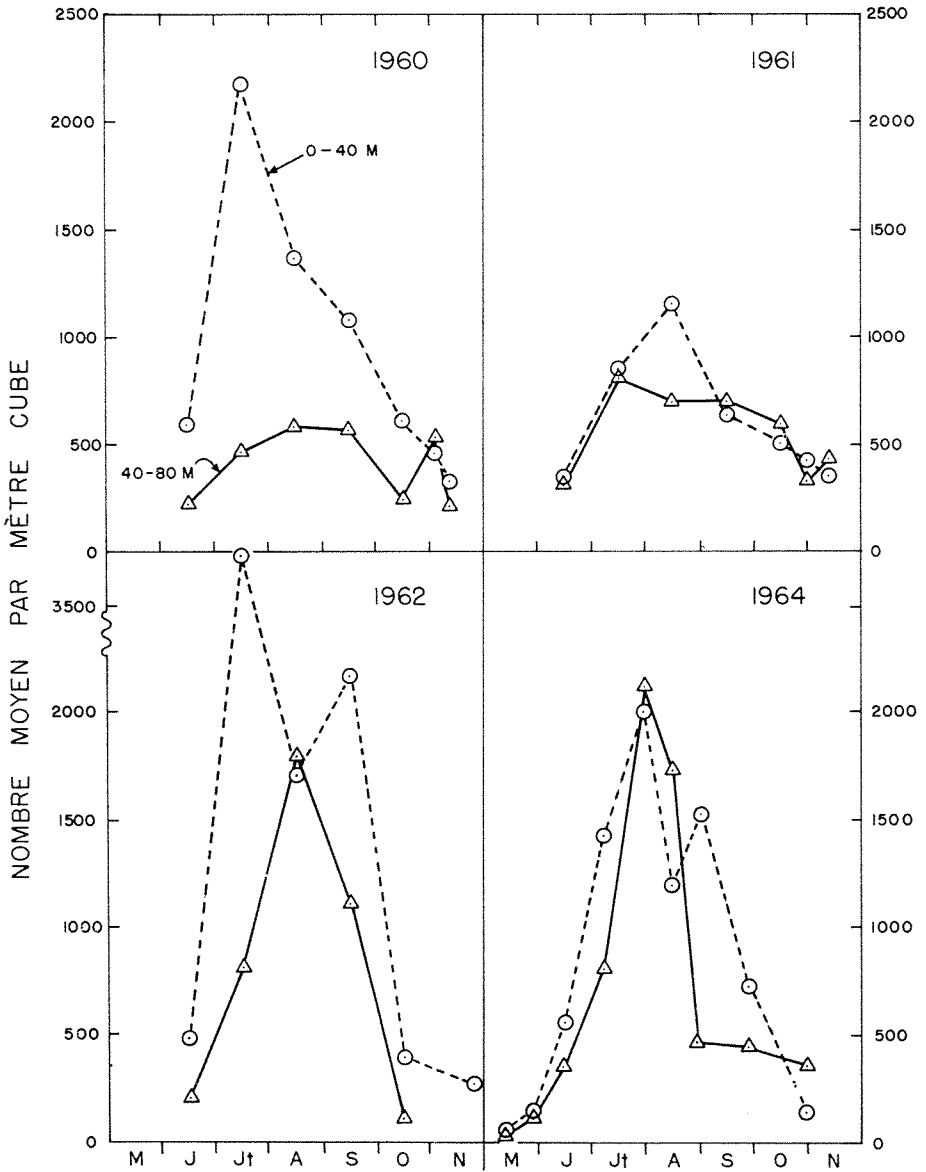


FIGURE 5. Fluctuations saisonnières du nombre d'organismes planctoniques dans l'étage supérieur (0-40 m) et dans l'étage intermédiaire (40-80 m), en 1960, 1961, 1962 et 1964.

les eaux de la couche de surface; 3) celui de 1962, avec un niveau initial bas, mais une rapide progression juin-juillet, et, après une diminution juillet-août, une nouvelle reprise d'août à septembre. Le régime saisonnier de l'année 1964 semble être intermédiaire entre celui de 1960 et celui de 1962.

Une autre tendance fort générale ressort de l'analyse de la figure 4 : les volumes planctoniques de la couche intermédiaire sont à peu près constamment plus élevés que ceux de la couche de surface. En considérant la figure 5, on constate le phénomène contraire : les nombres moyens d'individus sont presque toujours plus élevés dans la couche de surface que dans la couche intermédiaire, mais les écarts sont particulièrement importants en 1960 et 1962. La couche intermédiaire renferme en somme des organismes plus gros que ceux qui constituent le zooplancton de la couche de surface, mais il existe, à ce sujet, des différences annuelles.

Dans la couche de surface, le régime saisonnier présenté par la distribution des nombres d'organismes suit de très près le régime saisonnier reflété par la distribution des volumes planctoniques, sauf en 1961 (figures 4 et 5). En 1961, dans l'étage supérieur, nous pouvons noter un sommet en août, auquel correspond une inflexion de la courbe de distribution des volumes, mais non la valeur volumétrique maximale qui, elle, n'interviendra qu'en octobre et ne correspondra qu'à un nombre réduit d'individus. Dans la couche intermédiaire, la stabilité numérique de juillet à octobre est tout à fait remarquable et n'a pas son équivalent dans la distribution des volumes planctoniques.

Afin d'établir jusqu'à quel point ces différents *régimes saisonniers* variaient réellement entre eux, nous avons soumis les valeurs volumétriques initiales à des analyses de variance. Soulignons certaines particularités de ces analyses: 1) nous avons retenu, pour les fins précises poursuivies ici, les mesures volumétriques des *mois* de juin, juillet, août, et septembre, mois pendant lesquels les principaux phénomènes en cause se produisent, pendant les *années* 1960, 1961, 1962 — années les plus typiques —, dans l'*étage supérieur* (0-40 mètres); 2) nous avons fait deux analyses séparées, l'une pour l'*intérieur de la baie des Chaleurs*, l'autre pour la *région des bancs de pêche*, pour permettre une meilleure disjonction analytique des conclusions; 3) pour l'analyse factorielle, les années comme les mois furent considérés comme des *facteurs fixes*, les années 1960, 1961 et 1962 n'étant que l'expression symbolique des régimes hydro-climatiques explicités précédemment.

Les résultats de ces analyses apparaissent aux tableaux VII et VIII. À l'intérieur de la baie comme dans la région des bancs de pêche, les différences mensuelles comme annuelles se sont avérées hautement significatives. De plus, dans les deux cas, les interactions années/mois sont apparues très fortes. de sorte que nous pouvons conclure qu'au cours de ces trois années les régimes saisonniers ont varié sensiblement et en fonction des facteurs les plus influents agissant pendant ces trois années.

Étant donné d'une part ces distinctions annuelles et saisonnières très nettes dans les stocks, étant donné d'autre part les différences manifestes dans les

TABLEAU VII

Volumes planctoniques moyens (par mètre cube) des étés 1960, 1961 et 1962, à l'intérieur de la baie des Chaleurs, selon les résultats obtenus dans l'étage supérieur aux stations P 101, P 104, P 106 à P 111.

Mois	1960	1961	1962
Juin.....	0.48	0.30	0.30
Juillet.....	0.68	0.28	1.05
Août.....	0.57	0.49	0.47
Septembre.....	0.31	0.21	0.51

Analyse de variance

Source de variance	Somme des carrés	Degrés de liberté	Estimation de la variance	F
Mois.....	16,558	3	5519	10.9**
Années.....	11,919	2	5959	14.3**
Interaction.....	17,924	6	2987	7.1**
Déviations.....	34,868	84	415	
Total.....	81,269	95		

Codification:

$$x_c = x (10^2)$$

conditions hydroclimatiques pendant les mêmes périodes, nous croyons logique de suggérer, même en l'absence d'une corrélation statistique rigoureuse — impossible à établir à cause de la nature même de nos données — que les conditions hydroclimatiques les plus typiques ont réellement influencé, directement ou indirectement, la production de zooplancton et se sont reflétées dans les fluctuations des stocks actuels de zooplancton.

TABLEAU VIII

Volumes planctoniques moyens (par mètre cube) des étés 1960, 1961 et 1962, à l'extérieur de la baie des Chaleurs, selon les résultats obtenus dans l'étage supérieur aux stations P 112, P 113, P 114 et P 123.

Mois	1960	1961	1962
Juin.....	0.36	0.13	0.15
Juillet.....	0.44	0.25	0.48
Août.....	0.16	0.12	0.30
Septembre.....	0.25	0.12	0.42

Analyse de variance

Source de variance	Somme des carrés	Degrés de liberté	Estimation de la variance	F
Mois.....	2,848	3	949	10.7**
Années.....	2,903	2	1452	16.3**
Interaction.....	2,017	6	336	3.8**
Déviations.....	3,190	36	89	
Total.....	10,958	47		

Codification:

$$x_c = x (10^2)$$

Fluctuations spatiales du stock actuel

VARIATIONS GÉOGRAPHIQUES

Le tableau IX analyse sommairement les différences observées entre les moyennes volumétriques annuelles de l'intérieur et de l'extérieur de la baie, dans l'étage supérieur et dans l'étage intermédiaire. Les moyennes de l'intérieur de la baie sont supérieures à celles de l'extérieur de la baie dans tous les cas, exception faite des volumes moyens de l'étage supérieur en 1964.

TABLEAU IX

Compaaison entre les volumes planctoniques moyens de l'intérieur de la baie et de la région des bancs de pêche gaspésiens (extérieur de la baie), dans l'étage supérieur et dans l'étage intermédiaire, en 1960, 1961, 1962 et 1964.

Étage (m)	Année	Intérieur			Extérieur			t	P	
		N	\bar{X}	s ²	N	\bar{X}	s ²			
0-40	1960.....	32	0.51	0.059	16	0.30	0.097	2.57	< 0.05	
	1961.....	32	0.32	0.027	16	0.16	0.008	3.63	< 0.05	
	1962.....	32	0.58	0.137	16	0.33	0.022	2.60	< 0.05	
	1964.....	15	0.45	0.034	10	0.51	0.669	0.28	> 0.05	N.S.
40-80	1960.....	8	1.03	0.170	12	0.38	0.030	4.89	< 0.05	
	1961.....	8	0.56	0.110	12	0.45	0.110	0.73	> 0.05	N.S.
	1962.....	8	0.98	0.110	12	0.42	0.190	3.08	< 0.05	
	1964.....	10	1.23	0.719	10	0.59	0.695	1.70	> 0.05	N.S.

L'analyse statistique démontre, de façon consistante, la supériorité des volumes planctoniques des eaux de l'étage supérieur à l'intérieur de la baie des Chaleurs en 1960, 1961 et 1962, quand on les compare aux volumes planctoniques correspondants de l'extérieur de la baie. La différence entre les moyennes de 1964 dans l'étage supérieur — différence favorisant l'extérieur de la baie —, ne s'est pas avérée significative au niveau de signification de 5%.

Dans l'étage intermédiaire, nous ne retrouvons pas la même cohérence, sans doute par suite des variations saisonnières plus grandes qui se produisent à ces profondeurs. Les moyennes de l'intérieur de la baie sont significativement supérieures à celles de la région des bancs de pêche en 1960 et 1962, mais les différences observées en 1961 et 1964 ne sont pas significatives au niveau de signification choisi.

L'analyse des conditions hydroclimatiques ayant révélé passablement d'hétérogénéité dans notre aire d'échantillonnage, nous avons examiné de plus près les variations géographiques des stocks actuels en nous référant aux axes nord-sud et est-ouest. Comme le montre le tableau X, les moyennes des stations septentrionales de la baie sont plus élevées que celles des stations situées au sud, mais aucune de ces différences n'a de valeur statistique au niveau de 5%. La comparaison entre les stations de l'est et les stations de l'ouest de la baie présente des différences considérables entre ces deux secteurs en 1960, 1961 et 1962, mais seules les différences observées en 1961 et 1962 sont significatives. Il semble donc que ces différences correspondent aux différences les plus marquées dans les conditions thermiques, à savoir celles de 1961 et 1962.

La différence la plus grande entre les moyennes volumétriques des stations du nord et du sud de la région des bancs de pêche gaspésiens était celle de 1960 (0.19 ml/mètre cube), mais la valeur statistique de cette différence n'a pu recevoir d'appui de l'analyse statistique (tableau X). Par contre, la très faible différence entre les stations du nord et celles du sud, dans la région des bancs de pêche gaspésiens, en 1961 (0.08 ml/mètre cube) s'est avérée significative au niveau de 5%.

Il découle donc de cette analyse que l'intérieur de la baie est, dans la couche de surface, plus riche en zooplancton que la région des bancs de pêche et que les stations de l'ouest de la baie sont nettement plus riches que les stations de l'est, quand les températures diffèrent sensiblement dans l'un et l'autre secteur. Même si les résultats obtenus montrent des tendances à une plus grande richesse des stations du sud, par comparaison avec les stations du nord, les moyennes n'en diffèrent pas statistiquement, en dépit des différences hydrothermiques importantes entre ces deux aires.

DISTRIBUTION VERTICALE

Pour faire ressortir les différences que présentent les stocks de zooplancton aux différents étages d'échantillonnage, nous avons utilisé les résultats obtenus

TABLEAU X

Comparaisons entre les volumes planctoniques moyens du nord et du sud, de l'est et de l'ouest de la baie des Chaleurs, ainsi que du nord et du sud de la région des bancs de pêche, dans l'étage supérieur, en 1960, 1961 et 1962.

Année	Intérieur						Intérieur					
	Nord			Sud			Est			Ouest		
	N	\bar{X}	s ²	N	\bar{X}	s ²	N	\bar{X}	s ²	N	\bar{X}	s ²
1960	8	0.46	0.102	8	0.47	0.046	8	0.50	0.057	8	0.62	0.038
1961	8	0.23	0.006	8	0.34	0.033	8	0.27	0.013	8	0.43	0.045
1962	8	0.53	0.118	8	0.55	0.161	8	0.43	0.033	8	0.82	0.212
	t (1960) : 0.07 ; P > 0.05 N.S.						t (1960) : 1.10 ; P > 0.05 N.S.					
	t (1961) : 1.60 ; P > 0.05 N.S.						t (1961) : 3.76 ; P < 0.05					
	t (1962) : 0.11 ; P > 0.05 N.S.						t (1962) : 2.27 ; P < 0.05					

Année	Extérieur							
	Nord			Sud			t	P
	N	\bar{X}	s ²	N	\bar{X}	s ²		
1960	16	0.30	0.016	8	0.49	0.355	1.25	> 0.05 N.S.
1961	16	0.14	0.008	8	0.23	0.014	2.09	< 0.05
1962	12	0.35	0.025	7	0.43	0.062	0.86	> 0.05 N.S.

aux stations les plus profondes de l'intérieur et de l'extérieur de la baie des Chaleurs (P 107, P 110, P 112, P 113 et P 123). Nous présentons au tableau XI les moyennes volumétriques et numériques obtenues à chacun des étages d'échantillonnage pour chacune des années d'observation, ainsi qu'une moyenne quadriennale, accompagnée de sa valeur relative (en %).

Les moyennes volumétriques les plus élevées se retrouvent toujours dans l'étage profond (80-110 mètres), sauf en 1964, et les moyennes volumétriques les plus faibles se retrouvent toujours, sans exception, dans les eaux de l'étage supérieur (0-40 mètres). En 1964, ce sont les eaux de la couche intermédiaire qui présentent le plus fort volume moyen.

Quant au nombre moyen d'individus, nous observons le phénomène inverse: les nombres les plus élevés se retrouvent toujours dans les eaux de surface, sauf en 1961, et les nombres les plus faibles se retrouvent dans la couche intermédiaire (en 1960) ou dans la couche profonde (en 1961, 1962, 1964). La moyenne quadriennale et son expression proportionnelle mettent en relief la plus grande richesse de la couche de surface.

Les écarts entre les différents étages d'échantillonnage sont cependant moins accentués que nous ne le prévoyions. En fait, nous estimons que les volumes et les nombres enregistrés par la couche de surface (0-40 mètres) sont fortement sous-estimés par la méthode employée, puisque les soies de filtration no 2, à vide de maille relativement grand, laissent passer un grand nombre d'organismes de petite taille, généralement concentrés dans les eaux de surface.

TABLEAU XI

Distribution verticale diurne des volumes planctoniques et des nombres d'individus correspondants, aux stations P 107, P 110, P 112, P 113 et P 123
— mai à novembre 1960-1964.

	Profondeur (m)	1960	1961	1962	1964	1960-1964	
						Moy.	%
Volumes (m ³ /m ³)	0-40	0.33	0.20	0.37	0.34	0.31	19.3
	40-80	0.56	0.44	0.63	0.63	0.57	35.4
	80-110	0.78	0.58	1.03	0.59	0.73	45.3
Nombres (/m ³)	0-40	925	586	1360	846	909	45.8
	40-80	426	604	935	692	655	32.9
	80-110	481	560	535	532	423	21.3

Afin de fournir des indications sur ces pertes, nous avons, au cours de l'année 1964, effectué, dans l'étage supérieur, en même temps que les prélèvements réguliers, une série de prélèvements parallèles avec les échantillons Clarke-Bumpus, munis de soies no 8. Nous avons consigné, au tableau XII, les volumes moyens obtenus dans les deux séries d'échantillons et déterminé le rapport entre ces volumes pour chacune des croisières. De façon générale, les échantillons prélevés par filtration sur des soies no 8 ont permis d'obtenir, pendant l'été, des volumes planctoniques de deux à trois fois élevés que ceux mesurés à partir des échantillons prélevés sur des soies no 2. À la fin de mai cependant, le volume découlant du prélèvement fait à l'aide de la soie plus fine est 11 fois plus élevé que celui provenant du prélèvement réalisé par une soie no 2. À la fin d'octobre, le volume de l'échantillon prélevé par une soie no 8 est d'environ 4 fois plus élevé que l'échantillon parallèle obtenu par filtration sur soie no 2. Les pertes de zooplancton sont donc considérables pendant toute la saison, mais elles ont probablement tendance à être énormes au moment des profusions printanières de larves.

TABLEAU XII

Comparaison entre les volumes planctoniques obtenus dans l'étage supérieur (0-40 mètres) en 1964, par filtration sur des soies no 2 et sur des soies no 8.

Date	Volumes moyens en ml/m ³		Rapport $\frac{\text{soies no 8}}{\text{soies no 2}}$
	Soies no 8	Soies no 2	
12-13 mai	0.49	0.21	2.3
29-30 mai	1.13	0.10	11.3
17-18 juin	0.59	0.34	1.7
6-7 juillet	1.12	0.89	1.3
27-28 juillet	1.25	0.52	2.4
11-12 août	0.77	0.34	2.3
31 août — 1 sept.	0.83	0.28	3.0
28 sept. — 1 oct.	0.99	0.30	3.3
26-27 oct.	0.22	0.06	3.7

Discussion et conclusion

L'examen des variations horizontales, saisonnières et verticales des conditions hydrothermiques a mis en évidence certaines caractéristiques hydroclimatiques annuelles des eaux de la Baie-des-Chaleurs entre 1960 et 1964. L'année 1960 était notable par son réchauffement printanier et estival accéléré, mais également par une chute brusque et prématurée des températures au cours du mois de juillet. Un autre fait caractéristique de 1960 était la disparité spatiale très nette observée eu égard à l'intensité du réchauffement vernal. La partie septentrionale de la baie des Chaleurs était encore occupée en juin par des masses d'eaux très froides (inférieures à 5° C en surface) alors que les eaux de la partie méridionale étaient au contraire très chaudes (entre 10 et 14° C en surface). Maximale en juin et août, cette divergence suggère l'existence de remontées d'eaux profondes, car la circulation horizontale de l'est vers l'ouest, du nord de la région des bancs de pêche vers la baie des Chaleurs, ne peut, à elle seule, fournir une explication suffisante. Les températures du nord de la région des bancs de pêche (8.3 à 11.3° C en surface) étaient en effet à un niveau beaucoup plus comparable à celui des stations du sud de la baie qu'à celui des stations du nord. De ces conditions remarquables de 1960 résulta donc, en dernière analyse, un été hydrographique bref, venant à la suite d'un printemps hâtif et chaud dans toute la région, sauf au nord de la baie des Chaleurs.

Les conditions hydrothermiques de 1961 se présentaient de façon beaucoup plus schématique. Après un printemps tardif au réchauffement remarquablement lent, se produisit un réchauffement estival fort rapide, portant les températures de surface d'août à un niveau très élevé. Dans la nappe d'eau froide intermédiaire, les températures négatives persistèrent durant toute la saison, ce qui n'était pas le cas en 1960. Sur le plan horizontal, nous retrouvions en 1961 des différences nord-sud dans la baie des Chaleurs, mais ces différences n'avaient rien de comparable aux écarts correspondants de 1960. Nous pouvons parler ici d'un été chaud mais bref, suite à un printemps tardif et lent.

Quant aux conditions hydroclimatiques, l'année 1962 différait autant de 1961 que 1961 différait de 1960. À la suite d'un réchauffement printanier modérément hâtif, nous avons pu observer en 1962 une élévation constante des températures de toutes les couches, élévation se poursuivant jusqu'en septembre, alors qu'est atteinte tardivement la valeur maximale, tant dans la baie des Chaleurs que dans la région des bancs de pêche. Notons de plus deux points très particuliers à 1962: 1) une circulation verticale intense, permettant la formation d'une épithalassa plus épaisse qu'en 1960 et 1961, et permettant également la réduction progressive du volume des eaux très froides (à températures négatives) jusqu'à leur disparition complète en septembre; 2) une homogénéité horizontale remarquable, les écarts entre le nord et le sud d'une part, entre l'est et l'ouest d'autre part, étant particulièrement réduits. Eu égard à *toute la colonne*

d'eau, nous croyons pouvoir affirmer que des années 1960 à 1962, l'année 1962 apparaît comme le type même d'un été hydrographique chaud et prolongé.

L'année 1964 présente peu de traits particuliers en ce qui touche l'hydroclimat, si l'on s'en tient aux observations partielles que nous y avons faites. Le réchauffement vernal fut modérément rapide et les moyennes maximales estivales obtenues hâtivement en juillet, comme ce fut le cas en 1960. Le nombre réduit de nos stations d'échantillonnage n'a cependant pas permis une analyse de la situation sur le plan spatial comme nous avons pu le faire pour les trois autres années.

Par l'analyse des stocks actuels de zooplancton, il nous fut possible de reconnaître, au cours de nos quatre années d'échantillonnage, une année particulièrement riche en zooplancton, une année particulièrement pauvre et une année intermédiaire. Nos résultats ont en effet démontré que l'année 1962 présentait une moyenne volumétrique annuelle significativement plus élevée que celle des années 1960 et 1961 et que l'année 1961 présentait une moyenne volumétrique significativement plus faible que celle des années 1960, 1962 et 1964. Il ne fut cependant pas possible de déceler de différence significative entre les moyennes volumétriques annuelles des années 1960 et 1964, non plus qu'entre les années 1962 et 1964. Nous avons déjà noté toutefois que l'échantillonnage de 1964 — axé principalement sur les fluctuations saisonnières — était très limité spatialement et ne nous avait permis d'obtenir qu'une moyenne volumétrique statistiquement fragile, de toute façon peu comparable aux moyennes annuelles des années 1960, 1961 et 1962. Par ailleurs, ces trois dernières années étaient parfaitement comparables sur le plan méthodologique.

En somme, à un été hydrographique chaud et long (1962), fruit d'un printemps "normal" et d'un mélange intensif des eaux tout au long du réchauffement estival, correspondaient des stocks très élevés de zooplancton. À un été hydrographique bref, limité temporellement par un printemps tardif et froid (1961) correspondaient les stocks les plus faibles que nous ayons mesurés durant notre période quadriennale d'observation. Enfin, à un été hydrographique bref, limité temporellement par un refroidissement hâtif (1960) correspondaient des stocks intermédiaires par rapport aux deux précédents.

Les années 1960, 1961, 1962 et 1964 diffèrent non seulement quant au niveau moyen annuel des stocks de zooplancton, mais également par le type de régime saisonnier qu'illustrent les différents stocks moyens mensuels. Les courbes de fluctuations saisonnières des volumes planctoniques sont parfois unimodales (1960, couche de surface; 1961, couche intermédiaire), parfois confusément bimodales (1961, couche de surface; 1962, couche de surface, 1964, couche de surface) ou nettement bimodales (1960, couche de surface; 1962, couche intermédiaire; 1964, couche intermédiaire). La plupart des cour-

bes de fluctuations saisonnières des nombres totaux sont, à toutes fins pratiques, unimodales, à l'exception des fluctuations numériques de la couche de surface en 1962. Aucune des courbes de 1961 n'est du type nettement bimodal.

Les prélèvements faits en mai 1964 par filtration sur des soies no 8 ont permis de révéler une valeur maximale printanière que ne montraient pas les prélèvements parallèles par filtration sur des soies no 2. Si l'on s'en tient cependant aux prélèvements effectués au moyen de soies no 2 (en somme tous les prélèvements des années 1960, 1961 et 1962), on constate que le premier mode volumétrique est toujours estival. Il se situe en *juillet* 1960, 1962 et 1964, mais en *août* 1961 dans la couche de surface et en *septembre* 1961 dans la couche intermédiaire. Aux valeurs volumétriques maximales de 1960, 1962 et 1964 correspondent des valeurs numériques maximales. Le second mode volumétrique est parfois estival (*août* 1964 dans la couche intermédiaire; *septembre* 1962 dans la couche de surface et dans la couche intermédiaire) ou automnal (*octobre* 1961 dans la couche de surface; *novembre* 1960 dans la couche de surface et dans la couche intermédiaire). Ce second mode n'apparaît dans la courbe des nombres totaux d'organismes qu'en *novembre* 1960, dans la couche intermédiaire, et qu'en *septembre* 1962, dans la couche de surface.

Quant aux fluctuations saisonnières des volumes planctoniques et des nombres totaux d'organismes, on peut donc constater que l'année 1961 — année très pauvre en zooplancton — se distingue nettement des trois autres années : 1) elle ne présente pas de valeur volumétrique maximale avant octobre (dans les eaux de la couche de surface) ou septembre (dans les eaux de la couche intermédiaire), alors que les trois autres années affichaient un premier mode dès juillet; 2) les valeurs volumétriques maximales de septembre et octobre sont plus faibles que celles de juillet 1960, 1962 et 1964; 3) les nombres moyens mensuels d'individus sont toujours à un niveau très bas, par comparaison avec ceux des autres années.

L'année la plus riche en zooplancton, l'année 1962, présente également plusieurs traits distinctifs : 1) les volumes planctoniques mensuels de 1962 montrent deux valeurs maximales estivales (juillet et septembre), ce qui n'était le cas ni en 1960, ni en 1961; 2) pendant tout l'été et une partie de l'automne 1962, les volumes moyens sont à un niveau élevé, ce qui contraste notablement avec la situation des années 1960 et 1961; 3) les nombres moyens d'organismes, comme les volumes de 1962, comportent deux valeurs maximales estivales dans les eaux de la couche de surface, et la valeur maximale la plus élevée de 1962 (celle de juillet) est beaucoup plus grande que les valeurs maximales de 1960 et *a fortiori* de 1961; 4) les nombres moyens de la couche intermédiaire ne montrent en 1962 qu'un seul mode (en août), mais la valeur de celui-ci est beaucoup plus forte que la valeur maximale de la couche intermédiaire des années 1960 et 1961.

Enfin, l'année 1960 est surtout remarquable sur le plan des fluctuations saisonnières par: 1) les valeurs volumétriques très élevées de juin — les plus élevées des quatre années d'observation — tant dans la couche de surface que dans la couche intermédiaire; 2) la décroissance rapide et continue des valeurs volumétriques et des nombres moyens à compter du mois de juillet.

Suggérer, à partir de là, une relation définie entre les régimes saisonniers de production de zooplancton et les conditions hydroclimatiques ne nous apparaît pas comme une démarche arbitraire. La persistance de stocks élevés durant tout l'été et une partie de l'automne 1962 cadre bien avec ce que nous avons décrit comme un été hydrographique chaud et prolongé (par rapport à toute la colonne d'eau). En effet, un mélange intensif et soutenu des eaux de surface, maintenant des eaux relativement chaudes sur une plus grande étendue verticale peut être plus propice à une haute production de zooplancton dans les quarante mètres supérieurs que la stabilité engendrée en 1960 et 1964 par une stratification thermique plus accentuée et plus hâtive. Le décalage dans l'obtention d'un stock maximal en 1961, de même que les faibles valeurs volumétriques et numériques qu'on y a observées peuvent découler assez normalement d'un printemps tardif et d'un été bref, par suite des retards dans le développement et la croissance des larves appartenant aux espèces à reproduction printanière. Enfin, la décroissance rapide des volumes et nombres, venant à la suite de la production printanière intensive de 1960 peut fort bien tirer son explication des phénomènes de refroidissement prématuré de cette année-là, qui aurait restreint prématurément la prolifération des espèces à reproduction estivale, et ralenti le développement et la croissance des espèces à reproduction printanière.

De telles hypothèses exigent des vérifications au niveau des populations elles-mêmes, car il faudra déterminer si d'autres facteurs plus ou moins indépendants des variations hydroclimatiques — fluctuations annuelles de production primaire, variations dans la pression prédatrice exercée sur les organismes du zooplancton — peuvent avoir joué un rôle plus décisif que les variations hydroclimatiques.

En utilisant ces hypothèses comme toile de fond dans l'examen des fluctuations temporelles des populations particulières, nous tiendrons évidemment compte des hétérogénéités spatiales partielles révélées par l'analyse des variations hydroclimatiques et des fluctuations des stocks actuels de zooplancton.

Références

- Anonyme, 1965. Observations sur la température superficielle de l'eau de mer à Grande-Rivière en 1964. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1964: 27-29.
- BERGERON, J. et G. LACROIX, 1963. Prélèvements de larves de poissons dans le sud-ouest du golfe Saint-Laurent, en 1962. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1962: 69-79.

- BIGELOW, H. B. and M. SEARS, 1959. Studies of the waters of the continental shelf, Cape Cod to Chesapeake Bay. III. A volumetric study of the zooplankton. *Mem. Mus. comp. Zool. Harvard*, **54** (4): 189-378.
- BLACK, W.A., 1960. Gulf of St. Lawrence ice survey, winter 1960. *Geogr. Paper geogr. Br. Dep. Mines tech. Surv. Canada*, (25): 1-64.
- BLACK, W.A., 1961. Gulf of St. Lawrence ice survey, winter 1961. *Geogr. Paper geogr. Br. Dep. Mines tech. Surv. Canada*, (32): 1-52.
- BLACK, W.A., 1963. Gulf of St. Lawrence ice survey, winter 1962. *Geogr. Paper geogr. Br. Dep. Mines tech. Surv. Canada*, (36): 1-56.
- BOUDREAU, F.-R., 1967. Régime thermique saisonnier d'une station-pilote à l'entrée de la baie des Chaleurs. *Naturaliste canadien*, **94** (6): 695-698.
- BOUSFIELD, E.L., 1951. Pelagic Amphipola of the Belle Isle Strait region. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **8** (3): 134-162.
- BOUSFIELD, E.L., 1955. Ecological control of the occurrence of barnacles in the Miramichi Estuary. *Bull. nat. Mus. Canada*, (137): 1-69.
- BRUNEL, P., 1959. Le zooplancton de la baie des Chaleurs en 1955: distribution horizontale quantitative et corrélations hydroclimatiques. *Contr. Dépt Pêch. Québec*, (73): 1-65.
- BRUNEL, P., 1961. Efficacité comparée de la succion et de la plongée pour le subéchantillonnage du zooplancton à la pipette graduée. *Cah. Inf. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, (13): 1-24.
- CLARKE, G.L. and D.F. BUMPUS, 1950. The plankton sampler - An instrument for quantitative plankton investigations. *Spec. Publ. Amer. Soc. Limn. Oceanogr.*, (5): 1-8.
- DANNEVIG, A., 1919. Canadian fish-eggs and larvae. *Can. Fish. Exp. 1914-1915*: 3-74.
- DAVIDSON, W.M., 1925. The distribution of certain marine Ostracoda in the Canadian waters of the eastern coast. *Contr. Canadian Biol.*, n.s., **2** (13): 297-306.
- FILTEAU, G., 1946. Les Copépodes marins de la Baie des Chaleurs. *Rapp. gén. Sta. biol. St-Laurent Univ. Laval*, 1943-45 (5ième rapport), appendice no 4, pp. 88-96.
- FILTEAU, G., 1947. Les Copépodes marins de la Baie-des-Chaleurs. *Rapp. gén. Sta. biol. St-Laurent Univ. Laval*, 1946 (6ième rapport), appendice no 4, pp. 61-68.
- FILTEAU, G., 1948. Recherches sur les Copépodes marins de la Baie des Chaleurs. *Rapp. pré-l. Sta. biol. St-Laurent Univ. Laval*, 1947, (7ième rapport), appendice no 7, pp. 69-76.
- FILTEAU, G., 1949. Les Copépodes marins de la Baie des Chaleurs. *Rapp. Sta. biol. St-Laurent Univ. Laval*, 1948 (8ième rapport), appendice no 3, pp. 55-65.
- FILTEAU, G., 1951 ms. Étude écologique des copépodes pélagiques de la baie des Chaleurs. Thèse présentée à l'École des Gradués de l'Université Laval, pp. 1-236.
- FILTEAU, G. et J.-L. TREMBLAY, 1953. Écologie de *Calanus finmarchicus* dans la Baie des Chaleurs. *Naturaliste canadien*, **80** (1-2): 1-82.
- FROST, N., 1937. Hydrographic and biological investigations. I. Further plankton investigations. *Ann. Rep. Newfoundland Fish. Res. Lab.*, 1936-37: 25-27.

- FROST, N., S.T. LINDSAY and H. THOMPSON, 1933. Hydrographic and biological investigations. B. Plankton more abundant in 1932 than 1931. *Rep. Newfoundland Fish. Res. Comm.*, **2** (1): 58-74.
- FROST, N., S.T. LINDSAY and H. THOMPSON, 1934. Hydrographic and biological investigations. B. Plankton. *Rep. Newfoundland Fish. Res. Comm.*, **2** (2): 47-59.
- HUNTSMAN, A.G., 1919. A special study of the Canadian Chaetognaths, their distribution, etc., in the waters of the eastern coast. *Canadian Fish. Exp.*, 1914-15: 421-485.
- HUNTSMAN, A.G., 1921 a. Eastern canadian plankton. — The distribution of the Tomopteridae obtained during the Canadian Fisheries Expedition, 1914-1915. *Contr. Canadian Biol.*, 85-91.
- HUNTSMAN, A.G., 1921 b. Eastern canadian plankton. — The distribution of floating Tunicates (Thaliacea) obtained during the Canadian Fisheries Expedition, 1914-1915. *Contr. Canadian Biol.*, 1918-1920: 93-97.
- KERSWILL, C.J., 1940. The distribution of Pteropoda in the waters of eastern Canada and Newfoundland. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **5** (1) : 23-31.
- LACROIX, G., 1960. Reproduction cyclique des Cladocères marins dans le golfe Saint-Laurent. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1959: 17-23.
- LACROIX, G., 1961 a. Les migrations verticales journalières des Euphausides à l'entrée de la baie des Chaleurs. *Naturaliste canadien*, **88**: (11): 257-316.
- LACROIX, G., 1961 b. Catalogue des échantillons de zooplancton du Musée de la Station de Biologie marine de Grande-Rivière, 1951-1961. *Cah. Inf. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, (8): 1-131.
- LACROIX, G. et J. BERGERON, 1964. Prélèvements de larves de poissons dans le sud-ouest du golfe Saint-Laurent en 1963. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1963: 25-37.
- LACROIX, G. et L. MÉTHOT, 1967. Deuxième catalogue des échantillons de zooplancton du Musée de la Station de Biologie marine (1962-1964), additions au premier catalogue (1951-1961) et sommaire des observations pour la période 1951-1964. *Cah. Inf. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, (41): 1-70.
- LACROIX, G. et P. MORISSET, 1962. Observations sur les migrations verticales de *Sagitta elegans* Verrill. *Cah. Inf. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, (14): 33-38.
- LAUZIER, L.M. et A. MARCOTTE, 1966. Comparaison du climat marin de Grande-Rivière (Baie des Chaleurs) avec celui d'autres stations de la côte atlantique. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **22** (6): 1321-1334.
- LAUZIER, L.M., R.W. TRITES and H.B. HACHEY, 1957. Some features of the surface layer of the Gulf of St. Lawrence. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, (11): 195-212.
- MARCOTTE, A., 1964. Observations quotidiennes sur la température superficielle de l'eau de mer à Grande-Rivière (Baie des Chaleurs), 1951-1962. *Cah. Inf. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, (20) [sans pagination].
- MCHARDY, R.A., 1961. Calibration of Clarke-Bumpus plankton samplers in the field. *Ms Rep. Inst. Oceangr. Univ. British Columbia*, (8): 1-10.
- PENNELL, W., 1967. Preliminary report on a study of neuston in the Gulf of St. Lawrence. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1967: 55-61.

- PINHEY, K.F., 1926. Entomostraca of Belle Isle Strait Expedition 1923, with notes on other planktonic species. Part I. *Contr. Canadian Biol. Fish.*, n.s., **3** (6): 181-233.
- PINHEY, F.K., 1927. Entomostraca of the Belle Isle Strait Expedition 1923, with notes on other planktonic species: part II; and a record of other collections in the region. *Contr. Canadian Biol.*, n.s., **3** (13): 333-346.
- THOMPSON, H. and N. FROST, 1935. Hydrographic and biological investigations. B. The plankton in 1934. *Rep. Newfoundland Fish. Res. Lab.*, **2** (3): 19-23.
- THOMPSON, H. and N. FROST, 1936. Hydrographic investigations. *Ann. Rep. Newfoundland Fish. Res. Comm.*, 1935: 25-29.
- TIPHANE, M., 1963. Étude des températures des eaux de la région de la Baie des Chaleurs, 1961-1962. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1962: 19-31.
- TIPHANE, M., 1965 a. Topographie de la Baie des Chaleurs. *Cah. Inf. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, (29): 1-3, 1 carte hors-texte.
- TIPHANE, M. 1965 b. Topographie de la région des bancs de pêche gaspésien. *Cah. Inf. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, (33): 1-4, 1 carte hors-texte.
- TREMBLAY, J.-L., 1943. Revue des travaux. Hydrographie. In: Rapport général sur les activités de la Station biologique du Saint-Laurent pendant les années 1936-1942, Université Laval, Québec, pp. 48-51.
- UDVARDY, M.D.F., 1954. Distribution of appendicularians in relation to the Strait of Belle Isle. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **11** (4): 431-453.
- WARD, J., 1955. A description of a new zooplankton counter. *Quart. J. microsc. Sci.*, **96**: 371-373.
- WILLEY, A., 1919. Report on the Copepoda obtained in the Gulf of St. Lawrence and adjacent waters, 1915. *Canadian Fish. Exp.*, 1914-1915, pp. 173-220.
- WINSOR, C.P. and G.L. CLARKE, 1940. A statistical study of variation in the catch of plankton nets. *J. mar. Res.*, **3** (1): 1-34.
- YENTSCH, C. and A.C. DUXBURY, 1956. Some of the factors affecting the calibration number of the Clarke-Bumpus quantitative plankton sampler. *Limn. Oceanogr.*, **1** (4): 268-273.



NOUVELLE FAUNE ICHTHYOLOGIQUE DU DÉVONIEN MOYEN DANS LES GRÈS DE GASPÉ (QUÉBEC)

II — MORPHOLOGIE ET SYSTÉMATIQUE ^{1, 2}

Première section :

A. — Euryptérides, B. — Ostracodermes, C. — Acanthodiens et Sélaciens

YVON PAGEAU ³

Collège d'enseignement général et professionnel, Gaspé, Québec.

Résumé

Nous décrivons dans le présent travail une partie de la faune recueillie dans les Grès de Gaspé, à savoir des Ostracodermes (*Cephalaspis dawsoni* Lankester, *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves, *Cephalaspis westolli* Russell, *Cephalaspis jexi* Traquair, *Cephalaspis lunata* n.sp., *Cephalaspis peninsulae* n.sp. et *Cephalaspis sydenhami* n.sp.), des Acanthodiens *Climatius latispinosus* (Whiteaves), *Mesacanthus semistriatus* (Woodward), *Cheiracanthus costellatus* Traquair, *Machaeracanthus major* Newberry, *Machaeracanthus* sp. A et sp. B., et un Sélacien mal défini (? *Ctenacanthus ? ornatus* Agassiz). Parmi les Invertébrés, quelques Euryptérides (*Pterygotus gaspésiensis* Russell) sont également décrits à cause de leur association fréquente avec certains poissons du silurien et du dévonien et à cause de leur importance du point de vue écologique.

Abstract

In the present paper a part of the fauna discovered in the Gaspé Sandstone is described: the Ostracoderms (*Cephalaspis dawsoni* Lankester, *Cephalaspis cambelltonensis* Whiteaves, *Cephalaspis westolli* Russell, *Cephalaspis jexi* Traquair, *Cephalaspis lunata* n.sp., *Cephalaspis peninsulae* n.sp. et *Cephalaspis sydenhami* n.sp.), the Acanthodians: *Climatius latispinosus* (Whiteaves), *Mesacanthus semistriatus* (Woodward), *Cheiracanthus costellatus* Traquair, *Machaeracanthus major* Newberry, *Machaeracanthus* sp. A et sp. B., and some badly known Selacians (? *Ctenacanthus ? ornatus* Agassiz). Among the Invertebrates, some Eurypterids (*Pterygotus gaspésiensis* Russell) are described because of their association with certain fossil fishes of the Silurian and Devonian ages and of their importance from an ecological standpoint.

1. Extrait d'une thèse de doctorat soutenue à l'université de Paris, le 7 juin 1968 et préparée sous la direction du professeur J.-P. Lehman, à l'Institut de Paléontologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

2. La réalisation de ce travail ainsi que sa publication ont été rendues possible grâce à l'aide financière du Musée national des sciences naturelles, Ottawa.

3. Adresse actuelle : Département de Géologie, Université du Québec, Montréal.

Introduction

L'aspect géologique et écologique des Grès de Gaspé a été étudié dans un article précédent (Pageau, 1968). Dans le présent article, nous décrirons d'abord des Euryptérides, Invertébrés de la classe des Mérostomes; ensuite, des Vertébrés inférieurs du groupe des Ostracodermes et enfin des Acanthodiens et Sélaciens. Dans ce dernier cas, il s'agit de genres déjà connus. Aussi notre étude se limitera-t-elle à la description des structures qui n'étaient pas connues.

La troisième tranche de notre travail qui sera publiée subséquemment, portera sur le groupe des Arthrodiens.

Techniques et méthodes employées

L'état de conservation des fossiles vertébrés des Grès de Gaspé fait que la structure osseuse de l'exosquelette s'effrite souvent sous le coup de la cassure pour ne laisser que des fragments dans les empreintes. Il a donc fallu faire de nombreux moulages de ces empreintes pour obtenir l'ornementation externe de l'exosquelette. Heureusement, la plupart des fossiles proviennent de schistes non feuilletés à grains grossiers qui ne contiennent pas de carbonate de chaux, de sorte qu'on obtient des moulages très fidèles de l'ornementation superficielle. La fidélité est un peu moins grande pour les moulages de fossiles contenus dans les grès à gros grains et pour ceux qui proviennent du lit de « mudstone » à *Cephalaspis* de D'Aiguillon (Pageau, 1968, zone 1, figures 1 et 2), où des traces incontestables de carbonate de chaux sont présentes bien qu'en très faibles proportions. Parfois, des fragments d'os sont demeurés attachés à l'empreinte des spécimens. Dans ces cas, avant de faire le moulage, l'os a été enlevé soit à l'aiguille, soit en le dissolvant avec de l'acide acétique ou de l'acide chlorhydrique dilué à 10%.

Pour les moulages, l'Élastomère² RTV III blanc a été utilisé. C'est un organochlorosilane (un silicone), vulcanisant à température ambiante sous l'action d'un catalyseur, le catalyseur C-7207,² un composé organo-stannique. Cet Élastomère blanc a été coloré en gris plus ou moins foncé par l'adjonction d'une petite quantité de noir de fumée. Ceci le rend moins réfléchissant pour l'observation directe sous la loupe binoculaire, tout en lui conservant les qualités lumineuses suffisantes pour la photographie. Enfin, on l'a souvent mélangé avec une quantité d'huile (Rhodorsil - Huile 47V20) allant parfois jusqu'à des proportions de 50 pour cent afin de rendre l'Élastomère plus plastique encore, lui permettant de reproduire avec la plus grande fidélité les moindres détails. Les avantages de cet Élastomère sont nombreux : il se coule en

2. Produits fabriqués par la Société Rhône-Poulenc de France.

une seule fois; il peut être manipulé à température ambiante ordinaire; il durcit en quelques heures ou quelques jours selon la quantité de catalyseur qu'on lui ajoute; il forme des moulages qui se détachent avec la plus grande facilité, surtout si on a, au préalable, badigeonné le fossile avec un savon liquide comme le Teepol.

Les photographies ont toujours été faites avec l'éclairage principal venant du coin gauche en haut et le contre-éclairage venant du côté droit. La plupart des photographies ont été prises à sec. Quelques-unes ont été prises sous liquide, comme l'eau ordinaire, ou, quelques rares fois, sous xylol, mais ces cas sont signalés chaque fois qu'il y a lieu dans les figures des planches. Les photographies ont toujours été tirées à plusieurs fois la grandeur naturelle des spécimens. Cette méthode permet de faire des retouches ou des dessins à partir des photographies qui, à la réduction sur la dimension définitive des planches, demeurent très discrètes. Quelques radiographies ont été prises sur certains spécimens de boucliers céphaliques de *Cephalaspis* et de toits craniens d'Arthroires. Malheureusement, la gangue fait écran et rend impossible toute lecture des structures endocraniennes sur les négatifs obtenus.

Une soixantaine de lames minces ont été réalisées. Quelques-unes ont été faites dans des épines et des écailles d'Acanthodiens, quelques-unes aussi dans des plaques d'Arthroires, mais la plupart dans des cornes de *Cephalaspis*. Seulement une dizaine de ces lames ont été photographiées et reproduites ici. Ce nombre limité vient du fait que l'état de conservation de la structure osseuse est déplorable. En effet, cette structure est si écrasée que les canaux vasculaires, par exemple, n'apparaissent pas. De plus, comme la plupart des coupes ont été faites dans des cornes de *Cephalaspis*, car l'exosquelette des boucliers céphaliques était presque toujours brisé, on n'arrive à rien de bien concluant, car les mêmes structures se répètent.

En général, il n'a pas été possible de dégager l'endosquelette des boucliers céphaliques des *Cephalaspis* comme celui des espèces du même genre en provenance de Grande-Bretagne (Stensiö, 1932), ni non plus celui des toits craniens d'Arthroires. Cela est dû soit à l'état défectueux des fossiles eux-mêmes, soit à la résistance particulière de la gangue. Dans certains cas toutefois, il a été possible de dégager certaines structures de l'endosquelette et alors nous l'indiquons dans la description détaillée des spécimens impliqués.

L'essentiel du dégagement a été effectué au marteau-piqueur tandis que pour le détail, c'est l'aiguille qui a été utilisée. L'observation s'est opérée sous la loupe binoculaire à des grossissements allant de 6 à 30 fois selon les besoins. L'observation des coupes minces a été faite sous le microscope à des grossissements allant de 40 à 200 fois et en utilisant la lumière polarisée ou même le contraste de phase, chaque fois que ces techniques pouvaient mettre en lumière des détails autrement impossibles à discerner.

EURYPTÉRIDES

Phylum : *ARTHROPODES*; sous-phylum : *CHÉLICÉRATES*

Classe : *MEROSTOMATES*

Sous-classe: *EURYPTÉRIDES* (Størmer, 1955) ou *GIGANTOSTRACÉS* (Grassé, 1961)

Les spécimens d'Euryptérides de la présente collection portent des numéros provisoires, car les Invertébrés ne sont pas conservés dans les collections du Musée National du Canada, mais dans celles de la Commission géologique du Canada. Ils recevront un numéro définitif s'ils font l'objet d'une étude spéciale par quelque chercheur de la dite Commission (*Geological Survey of Canada*).

En conséquence, à l'exception des spécimens qui proviennent du lit de schiste à Euryptérides, à D'Aiguillon, et qui sont ici rapportés à l'espèce décrite par Russell (1952-53) *Pterygotus gaspésiensis*, aucun autre spécimen d'Euryptérides n'a été identifié précisément. Nous nous contenterons donc ici de donner une description très sommaire des spécimens d'Euryptérides ainsi que des gisements d'où ils proviennent. Quelques indications sur l'habitat des Euryptérides ainsi que sur leur évolution au Paléozoïque ont été données en traitant du problème écologique dans un précédent article (Pageau, 1968). Avant d'entrer dans le détail, rappelons que Dawson (1871) a signalé des fragments de *Pterygotus* dans les Grès de Gaspé. Une seule espèce est décrite formellement et c'est *Pterygotus gaspésiensis* Russell (1952-53). Copeland (1960) signale aussi que des fragments de *Pterygotus* ont été trouvés à Campbellton, mais ils pourraient appartenir à une autre espèce : *P. atlanticus* Ruedemann ; donc cette attribution demeure hypothétique pour le moment.

ZONE 1 (D'Aiguillon)

Le lit de schiste à Euryptérides de la zone 1 à D'Aiguillon (Pageau, 1968) a donné quatre abdomens de 10 à 14 segments, comprenant des segments du mesosoma et du metasoma, et un grand nombre d'autres fragments. Les quatre spécimens numérotés : 650, 651, 652 et 653 sont rapportés à *Pterygotus gaspésiensis* Russell. De plus, un chélicère à dents striées a été trouvé. La striation des dents est un caractère qui correspond à la description de l'espèce rapportée par Russell (1952-53), mais qui se trouve aussi sur *Pterygotus rhenaniae* Jaekel (Moore et Størmer, 1955).

Dans le lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, des fragments d'Euryptérides, ont aussi été trouvés, mais ils étaient très rares et insignifiants. Nous avons toutefois conservé un fragment parce qu'il est associé à un bouclier céphalique

de *Cephalaspis westolli* Russell qui porte le numéro : NMC – 10930. Ce fragment semble être le bord d'un segment ou peut-être même d'un telson (pl. XXXI, fig. 6, à paraître dans le prochain article).

ZONE 6B

Plusieurs fragments de segments d'Euryptérides ont été trouvés dans le lit de grès à grains grossiers au contact avec un lit de schiste qui renfermait des Pélécy-podes. Notons les spécimens 633, 664, mais surtout un magnifique segment à écailles semi-lunaires d'un gros animal, le spécimen 662 (et l'empreinte, 662A et 662B (pl. XXXI, fig. 7, à paraître dans le prochain article).

ZONE 6A, Cap-aux-os

Plusieurs fragments d'Euryptérides proviennent de l'horizon fossilifère de cette zone 6A, mais s'ils sont nombreux, ils sont cependant toujours très partiels. Notons d'abord un spécimen qui porte en propre le n° NMC – 10710, parce qu'il est associé à une corne de *Cephalaspis sydenhami* n. sp. Ce fragment suggère un bord de telson comme celui du spécimen 10930 ci-haut décrit.

Voici une liste de quelques fragments d'Euryptérides :

- 665 – telson (associé à une épine de *Climatus latispinosus* Whiteaves).
- 666 – patte natatoire ?
- 667 – chélicère avec dents
- 668 – chélicère d'un gros animal avec dents lisses : on aurait ici une espèce différente de *Pterygotus gaspesiensis* Russell ?
- 669 – chélicère ? plus probablement coxa de patte ambulatoire avec dents.
- 670 – chélicère ?
- 671 – chélicère ? ou coxa avec dents (dans le grès).
- 672 – segment d'un petit animal
- 673 – patte natatoire ?
- 674 – fragment d'Euryptéride
- 675 – petit segment
- 676 – assez gros segment (incomplet)
- 677 – fragment de segment
- 678 – " " "
- 679, 680, 681 : fragments de segments

ANSE-À-BRILLANT

Des fragments d'Euryptérides ont aussi été relevés dans l'horizon fossilifère de l'Anse-à-Brillant.

656 – Oeil ? d'Euryptéride

657 – fragment de segment associé à des Ostracodes et à des Brachiopodes d'un genre de la super-Famille des Discinacea.

658 – partie de tête ?

659 – fragment d'Euryptéride ?

660 – impression de chélicère à dents lisses, donc, probablement, une espèce différente de *Pterygotus gaspesiensis* Russell et *P. rhenaniae* (Jaekel) associé à une plaque cleithrale-antéro-ventrale (AVL) ; à cause de cette association, le spécimen porte en propre le n° NMC – 10955.

CAMPBELLTON (N.-B.)

A Campbellton, Nouveau-Brunswick, on a trouvé quelques fragments d'Euryptérides associés à *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves et des plaques de *Phlyctaenaspis*. Le fragment le plus important consiste en un segment à quatre faces formant une sorte d'anneau fermé; c'est le spécimen 654.

CYCLOSTOMES – OSTRACODERMES, CÉPHALASPIDES. AGNATHES

Super-classe : *CYCLOSTOMES* fossiles ou *OSTRACODERMES*

Classe : *CEPHALASPIDOMORPHI*

Super-Ordre : *Osteostraci*

Stensiö (1964) a divisé les *Osteostraci* en trois ordres. Sa classification est basée sur la forme de l'orifice oral : (1) les Orthobranchiata ont l'orifice buccal et les fosses branchiales antérieures transversaux ; (2) les Oligobranchiata ont l'orifice buccal rostrocaudal et les fosses branchiales obliques ; (3) les Nectaspiformes ont l'orifice buccal circulaire. L'ordre des Oligobranchiata est subdivisé en deux sous-ordres : a—les *Cephalaspida* et b—les *Aceraspida*.

Cette classification est probablement fondamentale, mais elle a l'inconvénient de rendre très difficile l'attribution des nombreuses espèces connues du genre « *Cephalaspis* » à un ordre plutôt qu'à un autre, puisqu'elle repose en partie sur des structures endocraniennes. Or, souvent, l'endocrâne est plus ou moins ossifié ou bien, l'état des fossiles ne permet pas d'en observer les structures caractéristiques.

Bien que l'on puisse penser qu'un bon nombre d'espèces de « *Cephalaspis* » appartiennent à l'ordre des Oligobranchiata, sous-ordre des Cephalaspida et famille des Cephalaspidae, comme par exemple *Cephalaspis lyelli* et *C. salweyi* White, Stensiö, (1964) rapporte le type « *Cephalaspis* » *hoeli*, maintenant du genre *Mimetaspis*, à la famille des Mimetaspidae de l'ordre des Orthobranchiata.

L'état de conservation des spécimens d'Osteostraci de la présente collection ne permet pas de préciser à quels types de *Cephalaspis* ils appartiennent. Mais comme leur forme générale et leurs principaux caractères sont conformes aux *Cephalaspis* décrits dans le passé (Stensiö, 1927, 1932 ; Wängsjö, 1952) pour la faune du Spitzberg et de l'Angleterre, nous retiendrons provisoirement le nom de ce genre mis entre guillemets pour bien souligner que nous ne préjugeons pas de leur position systématique, ni au niveau de l'ordre, ni même au niveau de la famille.

Commençons donc par décrire quatre espèces déjà connues dans les Grès de Gaspé : *Cephalaspis dawsoni* Lankester, *C. campbelltonensis* Whiteaves, *C. jexi* Traquair et *C. westolli* Russell.

Cephalaspis campbelltonensis Whiteaves (Reconstitution, fig. 10, 2)

Spécimens décrits et illustrés :

- NMC - 10688 - (Pl. III, fig. 4)
- NMC - 10689 - (Pl. III, fig. 1, 2 ; et pl. V, fig. 1, 2)
- NMC - 10690 - (Pl. III, fig. 1, 2 ; pl. IV, fig. 1, 2)
- NMC - 10712 - (Pl. XVII, fig. 1).

Gisement : Campbellton, N.B. (en fait, dans la municipalité d'Atholville), Canada. Grès de Gaspé, dévonien moyen ancien.

Gardiner (1966) cite tous les travaux qui ont été publiés sur cette espèce. Il est donc inutile de les rappeler ici, sauf ceux auxquels nous référerons au cours de la description. Bien que cette espèce ait été décrite plusieurs fois, il a semblé impérieux de représenter les spécimens de la présente collection parce qu'ils montrent des détails inconnus jusqu'alors ou, en tout cas, non cités dans la littérature.

Tout d'abord rappelons que *Cephalaspis canadensis* et *C. acadica* Robertson sont des synonymes de *C. campbelltonensis* Whiteaves (Denison, 1952 b). Il n'est pas étonnant que Robertson (1936) ait fait cette confusion quand on compare le présent spécimen NMC - 10689 (pl. III, fig. 1 et 2) au spécimen RSM - 1897 51 - 113. Dans le premier cas, on trouve un bouclier céphalique conservé dans les trois dimensions, puis dans le second, un bouclier céphalique dont le contour est parfaitement conservé, mais qui est si écrasé que la dimension verticale a complètement disparue. Pourtant, le spécimen du

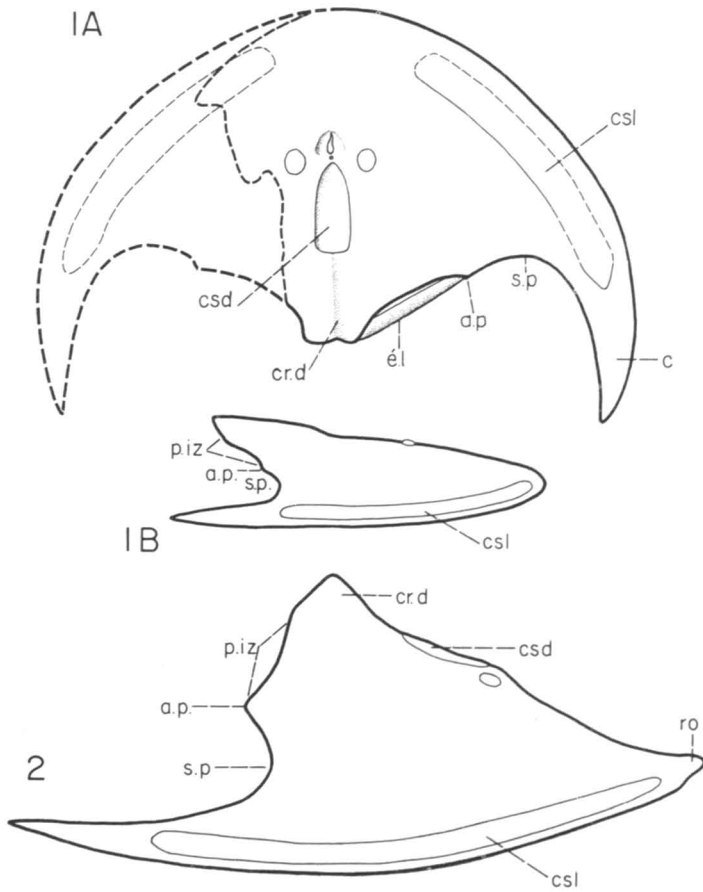


FIG. 10. 1A–1B—*Cephalaspis lunata* n.sp. (A) Vue dorsale, (B) Vue latérale. Reconstitution basée sur le spécimen-type (unique) NMC-10697; $\times \frac{1}{2}$ (cf. pl. XIV, fig. 1 et pl. XV, fig. 1).

2—*Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves. Vue latérale. Reconstitution, basée sur le spécimen NMC-10689; $\times \frac{1}{2}$. (cf. pl. III, fig. 1 et 2).

Abréviations : *a.p.*, angle postérieur ; *c.*, corne ; *cr.d.*, crête dorsale ; *cs.d.* et *cs.l.*, champs sensoriels dorsal et latéral ; *él.*, écaille latérale ; *p.iz.*, partie interzonale ; *ro.*, rostre ; *s.p.*, sinus pectoral.

NOTA BENE : La pagination des figures fait suite à celle du premier article (voir Pageau, 1968).

Royal Scottish Museum ne présente aucune cassure. Cet état montre bien la grande plasticité que peut avoir un tel bouclier osseux et les déformations qu'il peut prendre sous l'action d'une pression lente et continue sur un sédiment schisteux.

Le caractère le plus frappant de cette espèce réside dans le fait que le bord antérieur du bouclier céphalique forme un rostre très accentué, mais au contour plus ou moins anguleux selon l'état de conservation du fossile (voir

pl. III, fig. 1, 2 et pl. IV, fig. 2). Le bouclier céphalique est relativement étroit, ce qui est particulièrement manifeste sur le spécimen NMC-10689 (pl. III, fig. 1, 2), car il forme un angle de 25 degrés environ au point le plus avancé du bord-antérieur. Les champs sensoriels latéraux sont étroits (pl. III, fig. 1, 2) et s'avancent loin en avant (pl. IV, fig. 2) ; vers l'arrière, ils s'étendent sur les cornes au-delà du niveau du sinus pectoral, en fait jusqu'à la moitié de leur longueur totale (pl. III, fig. 4). Le sinus pectoral est assez profond, mais pas très large ; tandis que la région interzonale est assez développée : 1,3 cm de largeur par rapport à la hauteur totale du bouclier qui est de 5 cm depuis la base de la corne jusqu'au sommet de la crête dorsale quand le spécimen est placé en position horizontale (pl. III, fig. 1). La crête dorsale s'élève de un centimètre à son plus haut sommet qui est à l'arrière, par rapport au plan horizontal du champ sensoriel dorsal. Cette crête s'élève lentement vers l'arrière depuis la région postérieure du champ sensoriel dorsal, formant un angle d'environ 15 degrés par rapport au plan horizontal de ce champ sensoriel. Le champ sensoriel dorsal est étroit, mais proportionné au bouclier qui est également étroit ; sa longueur égale à peu près celle de la crête dorsale. Les orbites sont situées un peu plus en arrière que la moitié de la longueur totale du spécimen (longueur : bord antérieur-rostre jusqu'à la partie postérieure de la crête dorsale : 6,5 cm). La région orbitale et nasohypophysaire du spécimen NMC-10689 étant endommagée, on n'en peut donc dire rien de précis.

Le second caractère le plus important concernant cette espèce est l'ornementation et la structure de l'exosquelette. Sur le spécimen : NMC-10689 (pl. III, fig. 1, 2 et surtout pl. XXIII, fig. 1, 2), l'ornementation de la couche superficielle est bien conservée sur la majeure partie du bouclier céphalique, mais plus particulièrement sur le côté droit près du champ sensoriel latéral et sur la partie de la corne qui a été conservée. La surface externe est lisse et brillante, la couleur est d'un brun foncé presque noir sur le bouclier, mais franchement noire sur la corne. On distingue nettement la forme polygonale des « tesserae » que limitent les canaux muqueux circum-aréaux (Gross, 1935 et Wängsjö 1952) (ou, « interareal canals » de Stensiö, 1932, ou « mucous canals » de Stensiö, 1927). Les plaques polygonales ou « tesserae » présentent cependant des contours plus ou moins réguliers qui sont manifestement dus à la croissance inégalement rapide des plaques les unes par rapport aux autres, de sorte que le contour d'une plaque est déterminé par la résistance rencontrée au contact des plaques limitrophes. Stensiö (1932) a déjà souligné que *C. campbelltonensis* présente des canaux muqueux circum-aréaux subdivisés qui manifestent une croissance concentrique à partir d'un centre à l'instar des écailles cyclomoriales (Stensiö, 1964). Cette subdivision est apparente sur la figure 2 de la planche XXIII. De plus, sous le xylol et à un grossissement de 40 fois, on peut voir le réseau des canaux intra-aréaux à l'intérieur de chaque « tessera ». Stensiö (1964) pense que si, sur le bouclier, les plaques poly-

gonales se soudent les unes aux autres, sur les champs sensoriels par contre, elles sont indépendantes, sur tous les Osteostraci, du moins sur un grand nombre de formes appartenant à ce groupe. Cette explication est, en tout cas, conforme à ce que l'on observe sur le spécimen NMC-10689 (pl. III, fig. 1) dont les champs sensoriels ne comportent aucun reste d'exosquelette et, par conséquent, aucune trace de plaques polygonales, alors qu'il est si bien conservé sur le reste du bouclier céphalique.

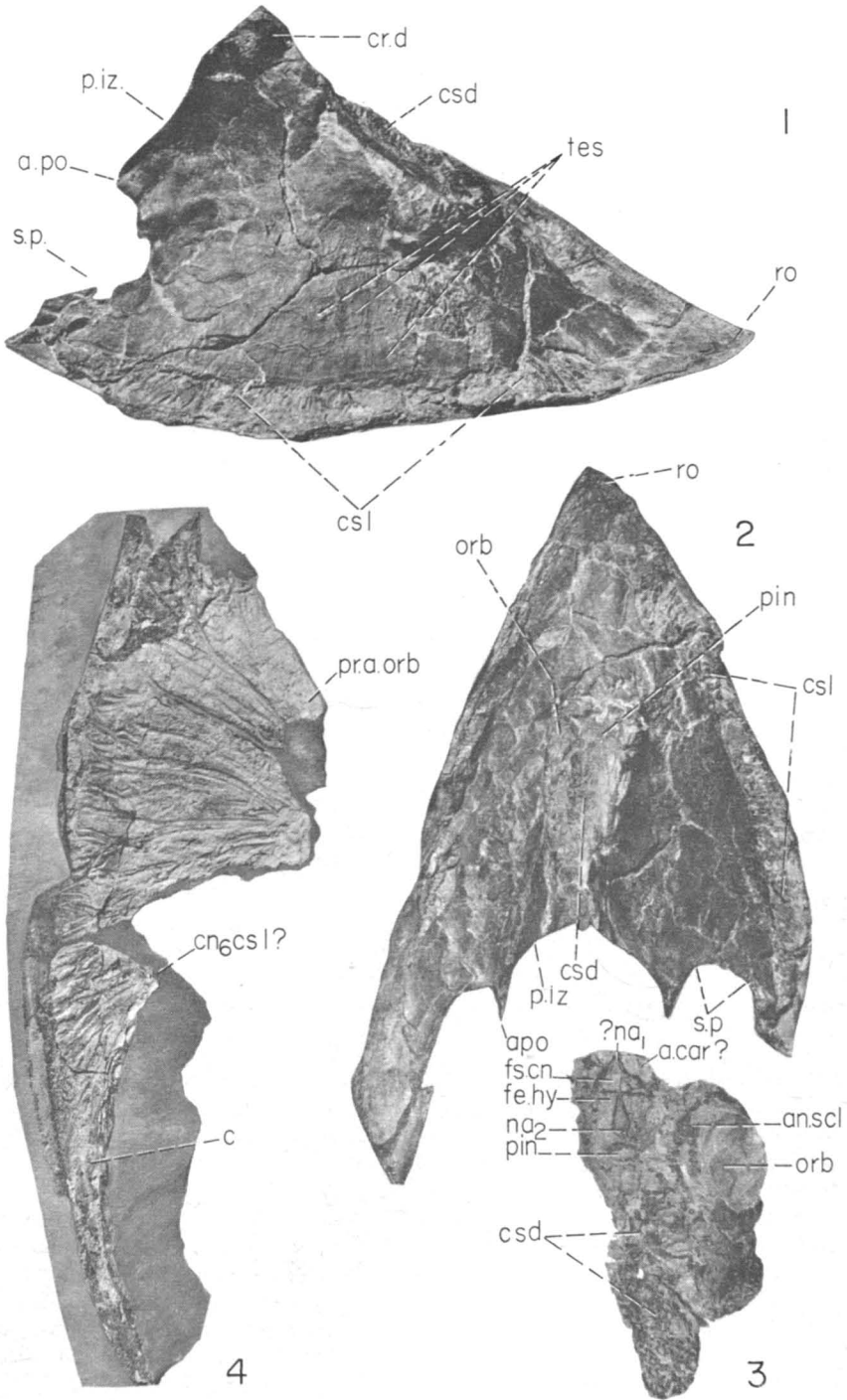
Un autre caractère extrêmement intéressant et qui concerne encore la surface externe de l'exosquelette, c'est la présence de quelques excroissances sur le bouclier céphalique (cf. pl. V, fig. 2). Elles rappellent les « blisters » décrits par Jarvik (1950) sur les Ostéolépides. Il se peut que de telles excroissances soient également analogues aux générations superposées de tubercules qu'Orvig a observées sur un *Cephalaspis* sp. (Orvig, 1951 et Denison, 1952a), sur un Arthrodire comme *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) (Orvig, 1951 et Gross, 1957) et aussi sur *Cephalaspis salveyi* (Stensiö, 1932). Mais ici, on a affaire à une forme dont l'ornementation superficielle est lisse et ne comporte donc pas de tubercules. Wängsjö (1952) note que de tels cas de croissance appositionnelle de tubercules sont très rares chez les Céphalaspides

PLANCHE III¹ – *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves. Spécimen NMC-10689. Gisement : Campbellton (Atholville) N.B., Canada, Grès de Gaspé, probablement dévonien moyen ancien.

fig. 1 – vue dorsale du bouclier céphalique; la couche superficielle (*c. sup.*) de l'exosquelette est bien conservée et on peut observer les « tesserae » ou plaques polygonales et les canaux muqueux circum-aréaux subdivisés en plusieurs canaux, enfin des excroissances qui rappellent les « blisters » (*bli*). x 1. fig. 2 – vue dorsale qui permet d'apprécier la forme du rostre (*ro.*) la forme de l'angle postérieur (*a.po.*) et la longueur ou l'extension du champ sensoriel latéral (*cs.l.*) x 1. fig. 3 – Spécimen NMC-10690 (voir pl. IV, fig. 1 et 2). Région orbitale et naso-hypophysaire droite qui a été dégagée du spécimen 10690. L'orifice nasal (*na₂*) proprement dit est au sommet d'une petite élévation, tandis que l'orifice naso-hypophysaire (*na₁*) n'apparaît pas bien, mais il doit être situé près de la pointe antérieure de la fosse circum-nasale (*fs, cn.*). L'orifice pinéal (*pin.*), de forme ovale, a son grand axe transversal au bouclier céphalique. On ne peut voir la plaque pinéale, x 2,5. fig. 4 – Spécimen NMC-10688; partie gauche d'un fragment bouclier céphalique en vue dorsale avec la corne dans toute sa longueur. Noter que le champ sensoriel latéral s'étend sur la corne postérieurement jusqu'au tiers de sa longueur. x 1.

Abréviations : *a. car.*, canal de l'artère carotide ? (plutôt le canal de l'artère faciale). *a. po.*, angle postérieur; *an. scl.*, anneau sclérotique; *cn₆cs.l.*?, canal du nerf 6 (possible) du champ sensoriel latéral; *csd, cs.l.*, champs sensoriels dorsal et latéral; *cr.d.*, crête dorsale; *fe.hy.*, fente hypophysaire; *fs, cn.*, fosse circum-nasale; *na₁*, position présumée de l'orifice hypophysaire; *na₂*, orifice nasal proprement dit.

1. La pagination des planches fait suite à celle du premier article (Pageau, 1968).



et conclut qu'ils n'ont pas grande signification quant au problème de la croissance générale de l'exosquelette sur lequel nous savons très peu de choses (Denison, 1947). Cette conclusion est plausible. Toutefois, il est possible que les excroissances présentes — qui diffèrent, semble-t-il, (mais seule une lame mince pourrait nous fixer sur ce point) de la croissance appositionnelle de tubercules, — manifestent un déséquilibre dans le métabolisme qui empêchait l'individu d'assimiler un surplus de matériel. Il se peut également que le déséquilibre métabolique soit dû à un environnement spécial, mais alors, on devrait retrouver ces excroissances sur d'autres individus. Or, ce détail n'a pas été observé, du moins sur un certain nombre de spécimens du *British Museum* et du *Royal Scottish Museum*.

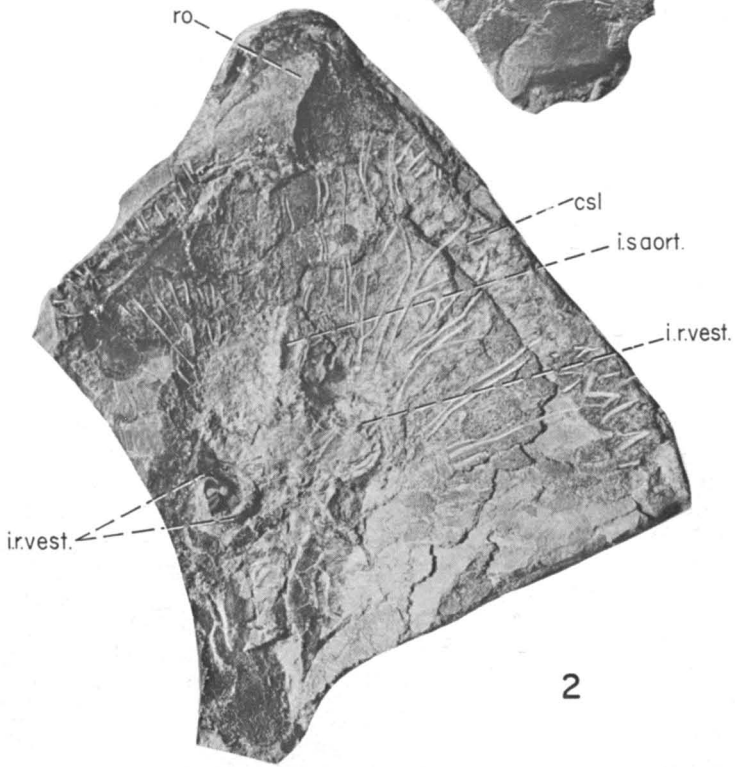
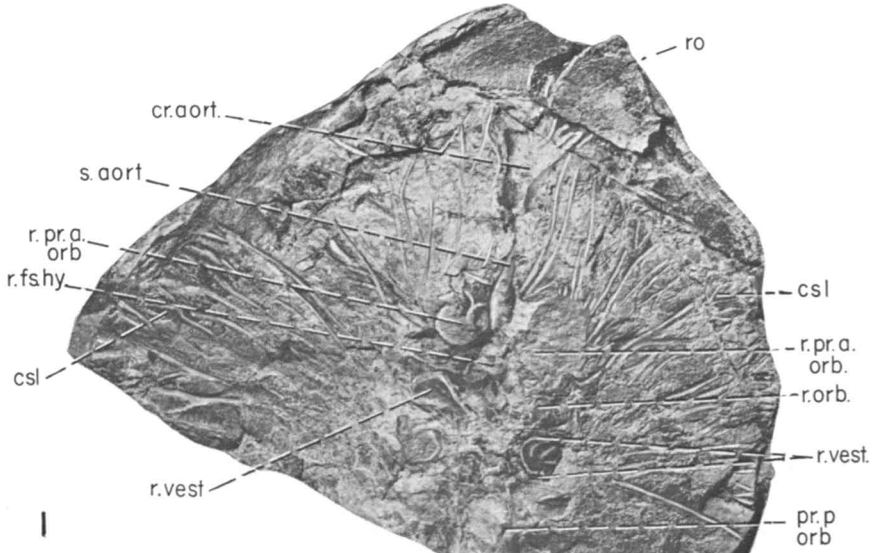
CARACTÈRES ENDOSQUELETTIQUES ET STRUCTURES ENDOCRANIENNES

Le spécimen NMC-10688 (pl. III, fig. 4) présente la partie gauche d'un bouclier céphalique en vue dorsale et la corne presque complète dont l'exosquelette n'est plus conservé que sur une petite partie de la corne dans la contrepartie du fossile. C'est l'érosion qui est la cause du dégagement des canaux des nerfs et des vaisseaux sanguins. Mais il n'est pas possible de déterminer avec quelque précision que ce soit le parcours de l'un ou l'autre de ces canaux. Toutefois, on peut déterminer par le parcours des canaux des nerfs postérieurs (5 et 6), que le champ sensoriel latéral s'étendait vers l'arrière sur la corne jusque vers la moitié de sa longueur. Ce spécimen montre aussi que la corne est longue (5 cm) et étroite.

Le spécimen NMC-10690 (pl. III, fig. 3 et pl. IV, fig. 1, 2) consiste en un bouclier céphalique presque complet, en vue dorsale, montrant certains détails des régions orbitale, naso-hypophysaire ainsi que certaines structures de l'endocrâne, comme la région otique.

PLANCHE IV — *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves. Spécimen NMC-10690; Bouclier céphalique, en vue dorsale (fig. 1), et sa contre-partie (fig. 2) dont l'érosion a dégagé en partie le parcours des canaux de certains vaisseaux sanguins et de nerfs et même certaines structures de l'endocrâne. Sur la contre-partie (fig. 2), on a dégagé la région orbitale droite (voir pl. 6, fig. 3). x 1.

Abréviations : *csd*, et *csl*, champs sensoriels dorsal et latéral; *i. cr. aort*, impression de la crête aortique (vue comme un sillon en face dorsale); *i.r.vest*, impression de la base de la région vestibulaire (le dessin exact de la base du vestibule est impossible à déterminer, car il est évident que l'érosion a brisé l'os péricondral de la base du vestibule à différents niveaux); *i.s.aort*, impression du sillon aortique (vue comme une crête en face dorsale); *r. orb*, région orbitale; *r. pr. a. orb*, région de la proéminence antéro-orbitaire; *pr. p. orb*, proéminence postéro-orbitaire.



Sur la contrepartie de ce spécimen (pl. IV, fig. 2), l'ornementation superficielle de l'exosquelette fait face à la gangue de sorte qu'en surface on voit la base de l'exosquelette et, probablement, par endroit, des restes de l'endosquelette, avec traces des canaux des nerfs et des vaisseaux sanguins. Grâce à l'empreinte, l'extension du champ sensoriel gauche est bien définie. La forme du rostre, formant un angle d'environ 25 degrés, est également nette. Dans les régions orbitale et otique, on peut reconnaître l'empreinte de la base des vestibules, mais sans qu'on puisse en déterminer la forme et le contour précis. Il a été possible de dégager à l'aiguille l'orbite droite (à gauche sur la contrepartie, pl. IV, fig. 2), la région naso-hypophysaire et la partie antérieure du champ sensoriel dorsal (pl. III, fig. 3). L'orbite est presque ronde et, à en juger par l'impression laissée sur le spécimen, est entourée d'un anneau sclérotique d'os dermique à ossification unique. La fosse circum-nasale (Wängsjö, 1952) forme un triangle dont la base est tournée vers l'arrière, près de l'orifice nasal (na_2) proprement dit, et la pointe en avant, près de l'orifice hypophysaire. L'orifice nasal (na_2) est logé au sommet d'une élévation en forme de pyramide. L'orifice hypophysaire (na_1) n'est pas visible, mais il devait s'ouvrir à l'extrémité antérieure de la fente (*fe.hy.*) très mince qui s'avance depuis l'orifice nasal comme c'est souvent le cas. L'orifice pinéal (*pin*) est situé sur une petite crête transversale. Il était bordé d'os dermique épais, de forme ovale, dont le grand axe était transversal par rapport à l'orifice nasal. Il est difficile de dire si la plaque pinéale est indépendante.

La partie positive du même spécimen (NMC-10690, pl. IV, fig. 1) montre le bouclier céphalique en vue dorsale. La cassure s'est faite dans le plan horizontal de telle façon que certaines structures de l'endocrâne sont à découvert. Comme sur la contrepartie, on distingue le tracé de certains canaux des nerfs et des vaisseaux sanguins et particulièrement de ceux qui innervent et irriguent le champ sensoriel latéral, mais sans qu'on puisse suivre leur par-

PLANCHE V — *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves. Spécimen NMC-10689 (cf. pl. III, fig. 1 et 2). Ornementation de la couche superficielle de l'exosquelette; fig. 1 — sur la corne et sur une partie du bord latéral; fig. 2 — sur le bouclier céphalique, côté droit, entre l'orbite et le champ sensoriel latéral. Noter les canaux muqueux circum-aréaux (*cm.ca.*) subdivisés et les excroissances de l'exosquelette (couche superficielle) qui rappellent les « blisters » (Jarvik, 1950) (*blis*). x 6. fig. 3 — *Cephalaspis westolli* Russell. Spécimen NMC-10816 — Empreinte dans la gangue de l'ornementation de surface (couche superficielle de l'exosquelette), d'un fragment de bouclier céphalique. Comme c'est l'empreinte, les pores de la couche superficielle apparaissent comme des tubercules et les canaux muqueux circum-aréaux comme un léger renflement. x 6.

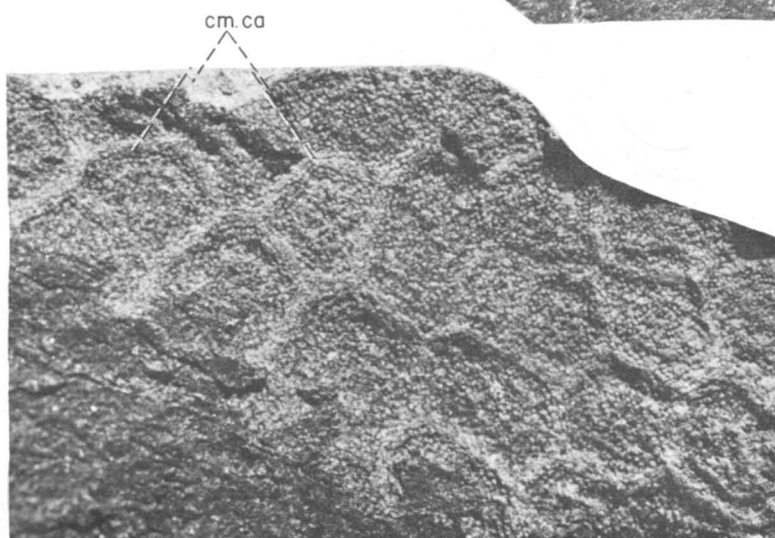
Abréviations : *cm. ca.*, canal muqueux circum-aréal (= « inter-aréal canal » de Stensiö, 1932) *bli*, « blisters » (Jarvik, 1950, p. 21), excroissance de la couche superficielle de l'exosquelette. x 6.



1



2



3

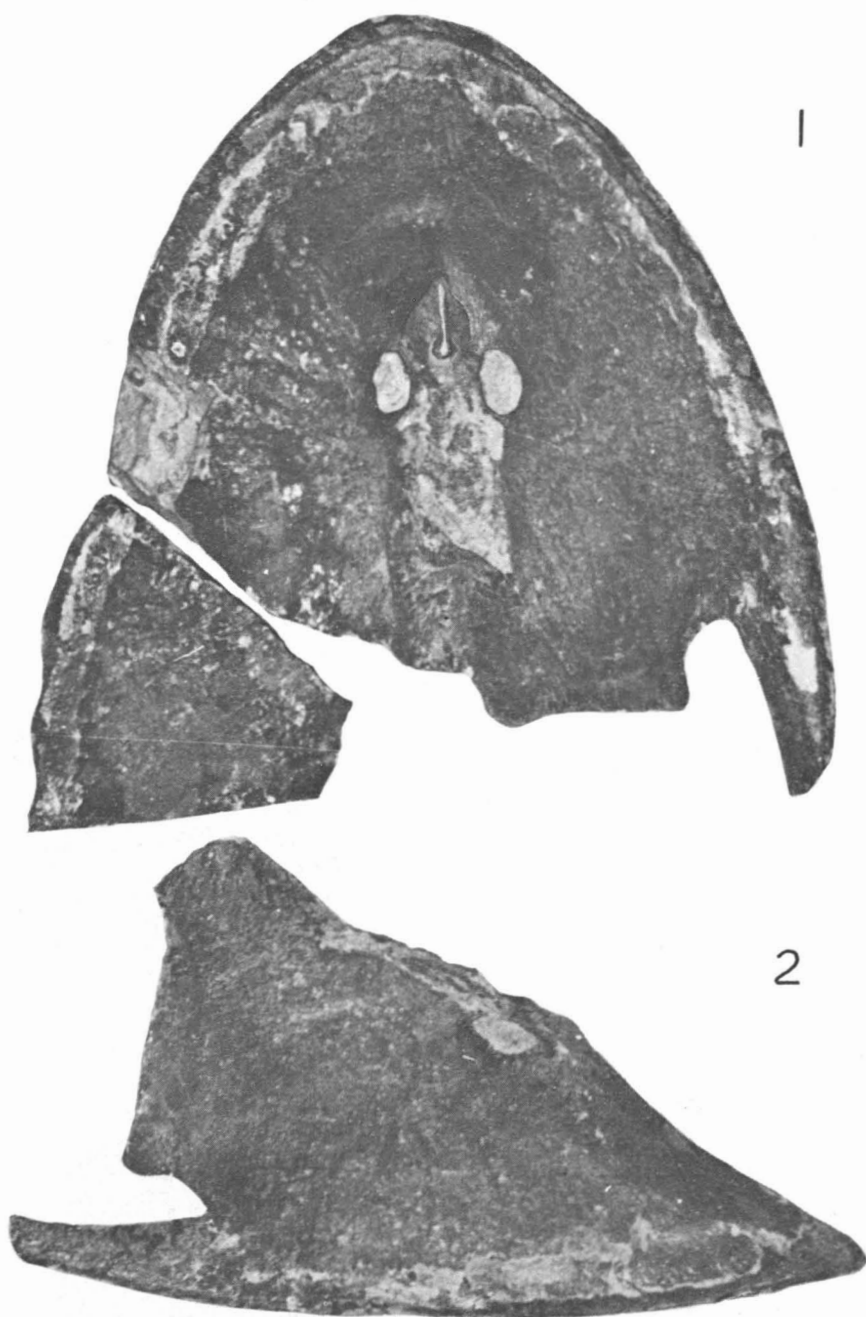


PLANCHE VI - *Cephalaspis westolli* Russell. Spécimen NMC-10693, bouclier céphalique, (fig. 1) en vue dorsale et (fig. 2) en vue latérale. Gisement : lit de « mudstone » à *Céphaspsis*, zone 1, d'Aiguillon, Baie de Gaspé, Québec, Canada; Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 1.

cours exact. La cassure est si mauvaise dans le plan horizontal (ou tangentiel) de l'endocrâne, qu'on ne peut déterminer avec certitude que les limites des régions orbitale et otique et la position relative des proéminences antéro et postéro-orbitaires (Wängsjö, 1952). Le sillon aortique (*s. aort.*) est par contre visible en avant et au milieu des proéminences antéro-orbitaires. Sur le côté droit, la base de la région vestibulaire est visible, mais ici encore, la cassure s'est faite de telle façon que ce sont différents niveaux de la base du vestibule qui apparaissent. Toutefois, il semble bien que la base du vestibule n'est pas lisse comme dans le type *Nectaspis areolata* Wängsjö (Stensiö, 1964) mais présente un dessin ornementé, causé par les racines des nerfs du champ électrique latéral, du type de *Kiaeraspis auchenaspidoides* (Stensiö 1964) ou de *Procephalaspis* (Lehman, 1959). Quant à la forme de l'orifice buccal, on n'en peut rien dire, sinon que l'évasement vers l'avant du sillon aortique avant d'atteindre le rostre, suggère une parenté avec les *Cephalaspis* du type *lyelli* et *salweyi* White, de la famille des Cephalaspidae, du sous-ordre des Cephalaspida, et de l'ordre des Oligobranchiata, à orifice buccal rostrocaudal et à fosses branchiales antérieures obliques.

L'état du spécimen n'a pas semblé favorable à la poursuite d'un dégagement plus poussé pour trouver, par exemple, la forme des fosses branchiales. D'ailleurs, une cassure transversale nous a convaincu que l'endocrâne n'était pas ossifié à un niveau plus bas que ce qui en apparaît en vue dorsale, et cela tout au moins dans la région antérieure à la fosse circum-nasale.

On attribue à *C. campbelltonensis* un spécimen qui provient de l'horizon de schiste de la zone 6A de la Baie de Gaspé (Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien). Il s'agit du spécimen NMC-10712 qui représente une corne avec une partie du bord latéral et du champ sensoriel latéral en vue dorsale. C'est une corne de 5 cm de long et le champ sensoriel latéral s'étend sur la corne comme sur celle du spécimen 10688 (pl. III, fig. 4). Pour autant qu'on puisse juger par l'impression de restes de l'ornementation superficielle, ce spécimen peut très plausiblement appartenir à *C. campbelltonensis*. À cause de son importance stratigraphique, ce spécimen (NMC-10712) est représenté ici (cf. pl. XVII, fig. 1 et pl. XXI, fig. 1).

Cephalaspis westolli Russell

Type : Russell (1954) donne les références suivantes à propos de cette espèce : holotype n°1478 ROM (Royal Ontario Museum, Canada) ; un bord de bouclier céphalique incomplet.

Gisement : D'Aiguillon, Comté de Gaspé-sud, Québec, Canada.

Age : Série des Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ou possiblement dévonien inférieur.

Pour les principales illustrations de cette espèce, on pourra consulter les planches suivantes: VI, VII, VIII, X, XI, XII, XIII et XV et Fig. 11A, 12A et 12B.

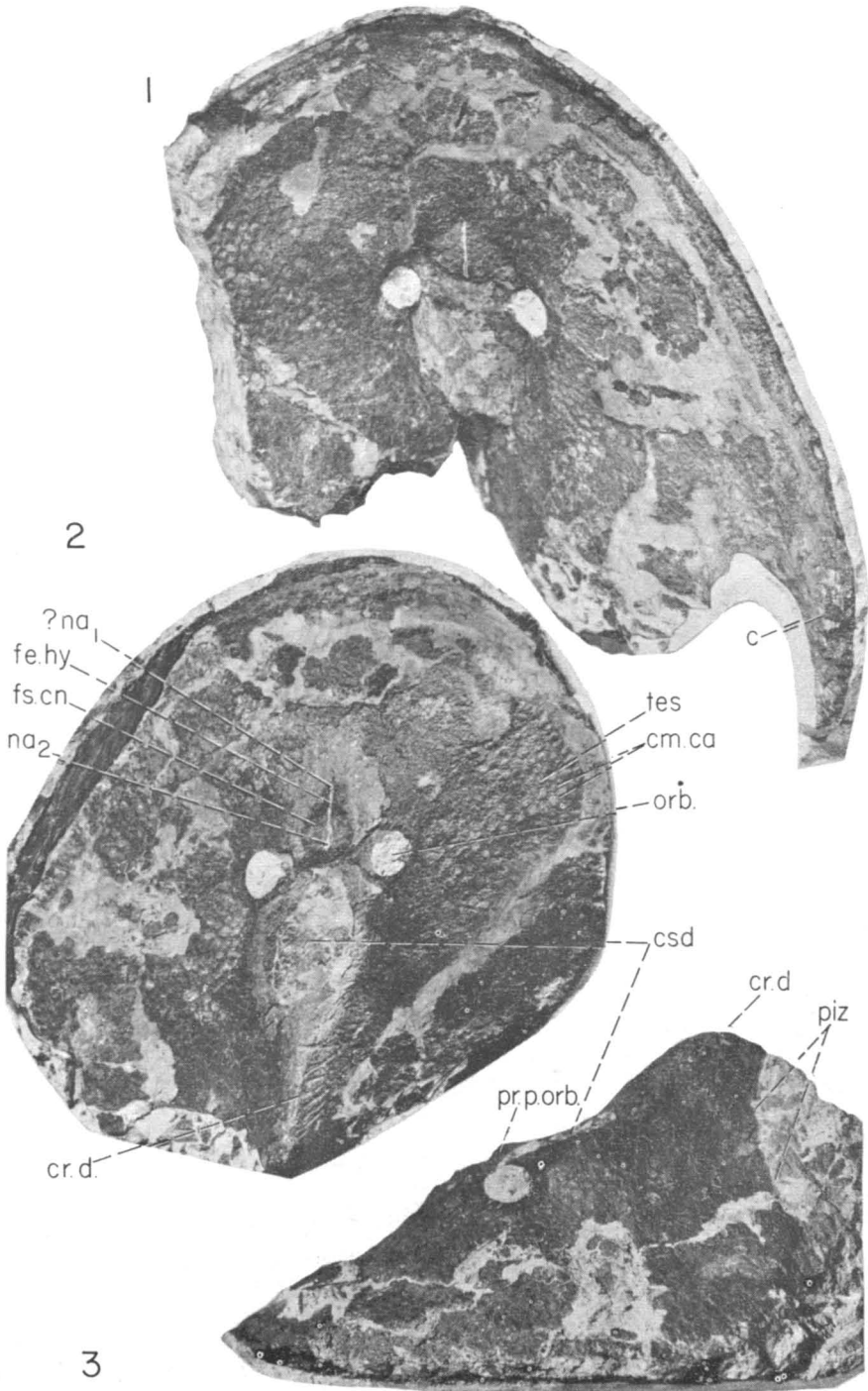
Grâce à quelques autres spécimens, tous fragmentaires, de bords de boucliers céphaliques et de cornes, Russell (1954) a donné une reconstitution qui est étonnamment fidèle aux spécimens particulièrement bien conservés de la présente collection. Pourtant, les spécimens de notre collection apportent des éléments nouveaux et importants qui vont compléter la description de cette espèce.

FORME GÉNÉRALE ET CARACTÈRES GÉNÉRAUX

La forme générale de la reconstitution de Russell (1954) que nous reproduisons ici (fig. 11A) est conforme à celle des meilleurs spécimens de boucliers céphaliques de la présente collection. Le bord antérieur légèrement ovale, la longueur des boucliers céphaliques, la longueur des cornes, les proportions entre la position antéro-postérieure des orbites et le bord antérieur, les longueurs du champ sensoriel dorsal et de la crête dorsale sont, à peu de choses près, exactes (voir fig. 12A, B). Voici pourtant, qu'on peut ajouter plusieurs précisions à la description qu'en a donnée Russell, en ce qui concerne la forme du sinus pectoral, la forme de la partie interzonale (*p.iz.*), la forme des champs sensoriels latéral et dorsal, les régions orbitale et naso-hypophysaire et la forme du bouclier céphalique en vue latérale (profil).

La vue latérale du bouclier céphalique, basée sur les spécimens NMC-10698 et 10693 (pl. VII, fig. 3 et pl. VI, fig. 2) permet d'apprécier la dimension verticale de cette espèce et la forme de la crête dorsale. La hauteur du bouclier céphalique depuis la base, quand le spécimen est en position horizontale, jusqu'au plus haut point de la crête dorsale, est d'environ 6 cm, i.e. 3/5 de la longueur médiane du bouclier céphalique (du bord antérieur à la partie postérieure de la crête dorsale). La crête dorsale s'élève en son plus

PLANCHE VII — *Cephalaspis westolli* Russell. Spécimen NMC-10698; gisement : lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon, Baie de Gaspé, Québec, Canada. Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. Magnifique bouclier céphalique, en vue dorsale, dont la forme est très bien conservée et n'a à peu près pas subi de déformation, sauf une légère distorsion au niveau des orbites. x 1. Fig. 1 — empreinte de la face dorsale avec, en place, des fragments de l'exosquelette; une partie de la corne gauche est conservée. Fig. 2 — Vue dorsale. Il ne reste plus que des fragments de la couche basale lamellaire de l'exosquelette. On voit bien cependant, l'empreinte des canaux muqueux circum-aréaux qui marquent les limites des « tesserae » ou plaques polygonales. Fig. 3 — Vue latérale gauche du même spécimen qui met en valeur la forme de la crête dorsale et de la partie interzonale (*p. iz.*).
Abréviations : *cm.ca*, canaux muqueux circum-aréaux (= canaux inter-aréaux de Stensiö, 1932; *tes*, « tesserae » ou plaques polygonales délimitées par les canaux muqueux. Pour les autres abréviations, voir la planche 1.



haut point, à environ 1,2 cm par rapport au plan horizontal du champ sensoriel dorsal. Elle s'élève à partir de la région postérieure du champ sensoriel dorsal en formant un angle de 40 à 45 degrés par rapport au plan horizontal de ce même champ. Puis, dans le dernier tiers de sa longueur, où elle atteint son sommet, elle s'incline postérieurement vers le bas en formant une douce courbe avec un angle de 45 degrés.

La partie interzonale (*p. iz.*) est longue, car elle représente les 2/3 de la hauteur maximum et sa direction transversale est à peu près à 90 degrés par

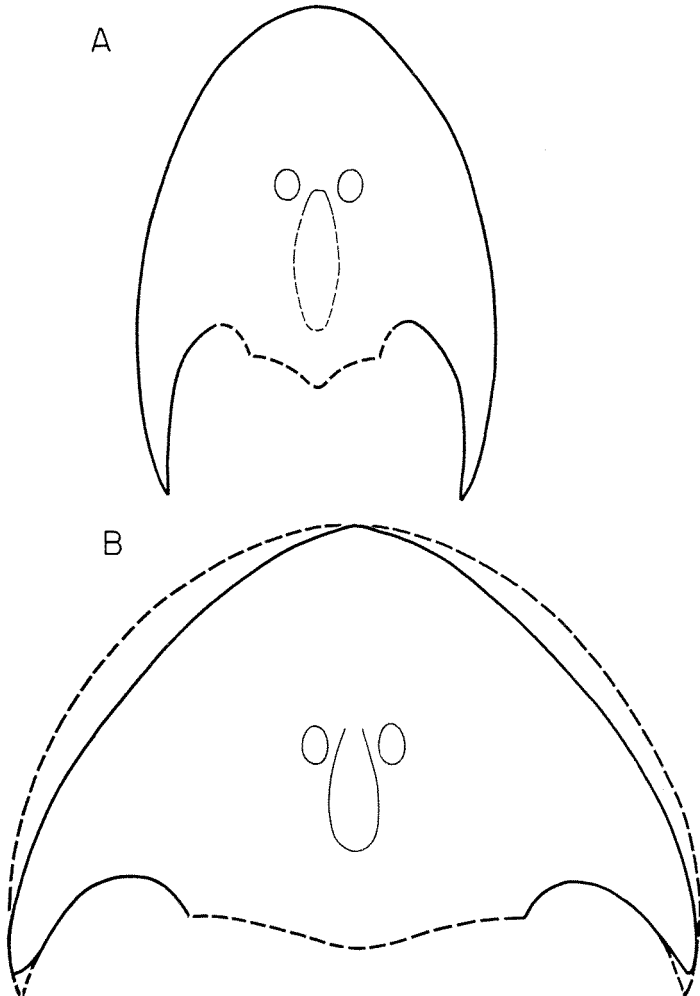


Fig. 11. (A) *Cephalaspis westolli* Russell. Reconstitution de Russell (1954, fig. 11). Comparer avec notre reconstitution, fig. 12A, 12B; $\times \frac{1}{2}$. (B) *Cephalaspis jexi* Traquair. Reconstitution de Russell (1954, fig. 7); en pointillé, notre reconstitution, basée sur le spécimen RSM-1897-51-113, associé à un toit cranien de *Phlyctae-naspis atholi* n.sp. et *C. campbelltonensis* Whiteaves; le spécimen présente un bord antérieur beaucoup moins anguleux que dans la reconstitution de Russell. $\times \frac{1}{2}$.

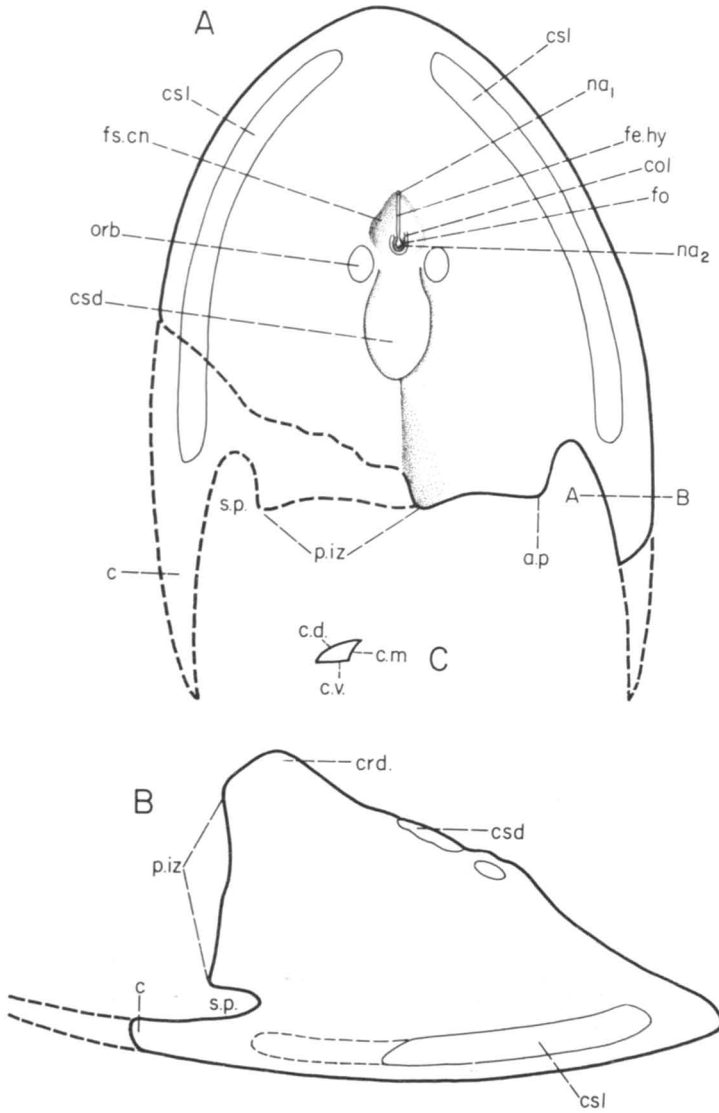


FIG. 12. *Cephalaspis westolli* Russell. Reconstitution de bouclier céphalique, basée sur le spécimen NMC-10693 (cf. pl. VI, fig. 1 et 2). (A) Vue dorsale; (B) Vue latérale; (C) Coupe transversale de la corne en A-B; $\times \frac{3}{4}$.

Abréviations : *a.p.*, angle postérieur ; *c.*, corne ; *col.*, collet ; *cr.d.*, crête dorsale ; *csd.* et *csl.*, champs sensoriels dorsal et latéral ; *fe.hy.*, fente hypophysaire ; *fo.*, fossé ; *fs.cn.*, fosse circum-nasale ; *na₁*, orifice hypophysaire ; *na₂*, orifice nasal proprement dit ; *orb.*, orbite ; *p.iz.*, partie interzonale ; *s.p.*, sinus pectoral.

rapport au spécimen placé en position horizontale (fig. 12B), encore qu'elle présente une très légère déviation vers l'arrière près de l'angle postérieur (*a. po.*).

Si le sinus pectoral est de profondeur moyenne, il est par contre franchement étroit, formant une sorte d'échancrure resserrée. Cette disposition est d'autant plus surprenante que la nageoire pectorale forme une grande pagaie (pl. VIII, fig. 4).

Le champ sensoriel latéral (*csl*) est d'une bonne longueur, mais ne s'étend pas vers l'arrière sur les cornes au-delà de la hauteur du sinus pectoral. Vers l'avant, il s'étend jusqu'à un centimètre d'une ligne médiane imaginaire qui passerait par la fente naso-hypophysaire (*fe. hy*). Le champ sensoriel dorsal (*csd*) est un peu plus large et d'une forme un peu différente de ce que montre la reconstitution de Russell (1954) (ici, fig. 11A). La longueur du champ sensoriel dorsal est à peu près égale à celle de la crête dorsale. Sa forme comporte un élargissement à mi-longueur qui se resserre doucement vers l'arrière de sorte que postérieurement on est en présence d'une forme ovale douce (fig. 12A).

Les orbites sont un peu plus longues que larges, en fait, dans un rapport de 1,46 plus longues que larges. Elles comportent les proéminences antéro – et postero – orbitaires (Wängsjö, 1952) si communes chez les *Cephalaspis*.

La fosse circum-nasale (*fs. cn.*) forme un triangle dont le sommet est dirigé vers l'avant et la base vers la région antérieure des orbites. Les orifices naso-hypophysaires sont réunis par une fente (*fe. hy.*) qui a une longueur moyenne de 9,8 mm. L'orifice naso-hypophysaire (*na₁*) est situé à l'extrémité antérieure de la fente naso-hypophysaire (*fe. hy*), au sommet du triangle formé par la fosse circum-nasale (*fs. cn.*), tandis que l'orifice nasal proprement dit (*na₂*) est situé entre les orbites à l'extrémité postérieure de la fente naso-hypophysaire (*fe. hy.*), au sommet d'une petite élévation en forme de pyramide, mais logé dans une dépression de ce sommet, comme sur un cratère de volcan. Mais ce cratère, qui correspond à l'orifice nasal, est lui-même entouré d'un fossé qui s'avance sur une petite distance vers l'orifice hypophysaire de chaque côté de la fente naso-hypophysaire (*fe. hy.*) (pl. VIII, fig. 1).

L'orifice pinéal est parfaitement rond et relativement gros ; tout au moins à la base de l'exosquelette, il possède un diamètre de 2 mm (pl. VIII, fig. 2).

La nageoire pectorale forme une sorte de lobe ou grande pagaie. Elle est recouverte de plaques polygonales, semblables à celles qui recouvrent le bouclier céphalique (voir pl. VIII, fig. 4, et pl. XII, fig. 3). Cette nageoire était isolée ; il n'y avait en place que quelques écailles latérales du

bouclier thoracique. Il est donc impossible de connaître comment elle était attachée (au tronc ou au bouclier céphalique) et dans quelle relation elle était avec la corne. Il est également difficile de savoir si les « tesserae » ou plaques polygonales étaient indépendantes comme c'est le cas sur les champs sensoriels, ou soudées comme c'est le cas sur le bouclier céphalique. En tout cas, cela nous amène à parler de l'exosquelette.

EXOSQUELETTE

L'exosquelette de *Cephalaspis westolli* Russell est bien développé. La surface externe est lisse sans aucune espèce de tuberculation, bien que d'un aspect poreux. La couleur est d'un brun foncé. Là où la surface de ce qui semble bien être la couche superficielle de l'exosquelette est en place, on ne distingue à peu près pas les plaques polygonales (ou « tesserae »), car les canaux muqueux circum-aréaux qui les limitent sont à peine visibles. C'est qu'ils ne débouchent à la surface que par des séries de pores alignés, mais discontinus. D'ailleurs, ils se confondent plus ou moins avec les pores adjacents qui sont également distribués sur toute la surface. Le contour des pores n'est pas parfaitement rond. De plus, sur les cornes, sur les bords latéraux et antérieurs, les pores sont plus grands que ceux qui apparaissent sur le bouclier céphalique lui-même (comparer, par exemple, les figures 1, 2, 3, 4 de la planche X).

En général, l'exosquelette n'est pas conservé sauf pour des fragments de quelques rares spécimens (voir par exemple, pl. VIII, fig. 1 et pl. XII, fig. 1).

Un des caractères les plus frappants touchant les structures de l'exosquelette de cette espèce est la situation exceptionnellement profonde dans l'exosquelette des canaux muqueux circum-aréaux (*cm. ca.*). En effet, alors qu'en surface ces mêmes canaux n'apparaissent que discontinus, — quand ils apparaissent — sous la forme de pores alignés, mais perdus ou plus ou moins confondus avec le nombre incalculable de pores avoisinants, ils sont extrêmement développés en profondeur. Trois spécimens (pl. XI, fig. 1,2,4) montrent bien l'empreinte importante qu'ils laissent dans la gangue. Déjà au niveau des canaux radiaires³, c'est-à-dire au niveau de la couche moyenne, les canaux

3. Les canaux du réseau vasculaire de la couche moyenne ont été appelés canaux radiaires par Stensiö (1927, 1932), mais Wängsjö (1946) les appelle canaux vasculaires submuqueux horizontaux, car ces canaux ne sont pas toujours radiaires (Denison, 1951 b), par exemple chez *Tremataspis*. De plus, si, originellement, les canaux radiaires sont à la base de la couche moyenne comme chez *Tremataspis* et *Dartmuthia*, ils peuvent occuper une épaisseur considérable de la structure osseuse chez un genre comme *Cephalaspis* (Denison, 1951). Nous retenons ici, l'appellation canal radiaire, car elle est simple et décrit bien la situation chez *C. westolli*. Enfin, il semble que chez *C. westolli*, les canaux radiaires occupent la base de la couche superficielle, toute la couche moyenne et, peut-être même, la partie supérieure de la couche basal lamellaire.

muqueux n'apparaissent plus que comme de minces lignes (pl. XI, fig. 3). Au niveau même de la base de la couche superficielle, c'est-à-dire là où est développé le réseau des canaux intra-aréaux, les canaux muqueux circum-aréaux (*cm. ca.*) ne sont plus que des traces infimes (pl. XII, fig. 1). Et si on les voit bien sur les spécimens 10933 et 11074 (pl. XII, fig. 3 et 4), c'est qu'ils sont en creux et, en fait, plus profonds que n'est la surface même des polygones qui montrent le niveaux des canaux intra-aréaux. En vérité, ces deux figures représentent des moulages où la couche superficielle et la partie supérieure de la couche moyenne ont disparu sous l'action de l'acide. De toute façon, le spécimen 10815 (pl. X, fig. 1) dissipe tous les doutes qui pourraient s'élever à ce sujet.

Bon nombre de lames minces ont été faites pour essayer de situer le plus exactement possible la position des canaux muqueux circum-aréaux. Nous avons alors constaté que ces canaux étaient en fait composites, c'est-à-dire des canaux comportant un canal supérieur (ou externe) dans les couches moyenne et superficielle, et un canal inférieur (ou interne), séparé du premier par un septum, dans la couche basale lamellaire. En un mot, une situation analogue à celle décrite par Denison (1951 et 1947) pour *Tremataspis mammillata*. Wängsjö (1952) croit que ce que Denison décrit comme canal inférieur (interne) est en réalité un canal du plexus vasculaire submuqueux horizontal. Pourtant, en ce qui concerne *C. westolli*, il n'y a pas de doute que l'observation microscopique des coupes minces confirme et corrobore les observations macroscopiques. En effet, la coupe mince a été pratiquée dans le spécimen NMC-10815 — dont nous donnons des illustrations macroscopique et microscopique

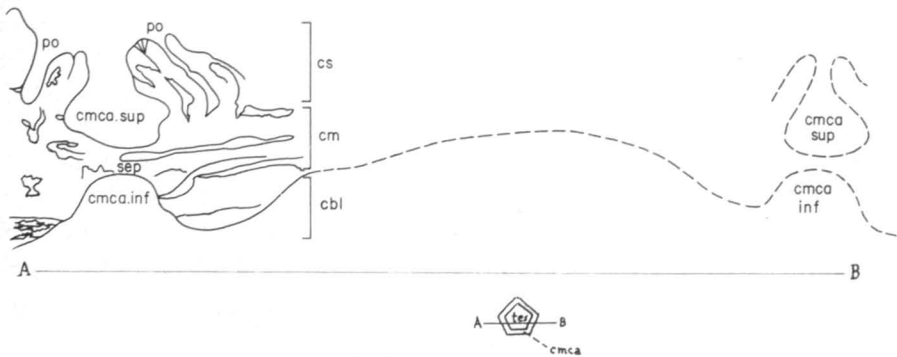


FIG. 13. Schéma représentant à gauche (A) le dessin de la lame mince du spécimen NMC - 10815 (cf. pl. XIII, fig. 1) *Cephalaspis westolli* Russell et à droite (B), en pointillés, et à l'échelle, le canal circumaréal diamétralement opposé. Le tout constitue une coupe transversale (A-B) dans une plaque polygonale (« tessera »). $\times 100$.

Abréviations : *cbl*, couche basale lamellaire ; *cm*, couche moyenne ; *cmca*, canal circum-aréal, *sup*, supérieur, *inf*, inférieur ; *cs*, couche superficielle ; *sep*, septum ; *tes*, « tessera » ou plaque polygonale.

(pl. XI, fig. 1 et p. XIII, fig. 1). De plus, un dessin (fig. 13) à l'échelle de la coupe mince, situe bien le canal muqueux circum-aréal dans la géographie générale du réseau.

Pour terminer la description de cette espèce, nous rapportons dans le tableau I la compilation de quelques mensurations de la longueur de la fente hypophysaire, de la largeur et de la longueur des orbites, ainsi que de la longueur médiane obtenue en mesurant à partir du rebord antérieur jusqu'à la partie postérieure de la crête dorsale.

TABLEAU I

Mensurations de quelques spécimens de *Cephalaspis westolli* Russell

nos d'identification spécimen	longueur de la fente hypophysaire	orbites		longueur médiane
		largeur	longueur	
NMC ¹ 10693	10.5 mm	—	—	100 mm
NMC 10694	7. mm	—	—	
NMC 10695	10. mm	7 mm	8 mm	100 mm
NMC 10698	12. mm	—	—	85 mm
NMC 10699	—	8 mm	7 mm	80 mm
NMC 10700	—	—	—	70 mm
NMC 10701	—	8 mm	8 mm	80 mm
NMC 10702	10. mm	—	—	90 mm
NMC 10703	10. mm	—	—	80 mm
NMC 10704	12. mm	8 mm	11 mm	92 mm
NMC 10706	—	—	—	80 mm
NMC 10707	7. mm	—	—	—
	9.5 mm	6 mm	9 mm	80 mm
	10. mm	7 mm	8 mm	—
	12. mm	6 mm	9 mm	—
	8. mm	6 mm	8 mm	—
		7 mm	10 mm	—
		6 mm	9 mm	—
Moyenne	9,8 mm	6,9 mm	9.7 mm	85 mm

1) NMC = sigle du Musée National du Canada.

TABLEAU II

Liste des spécimens de *Cephalaspis westolli* Russell figurés dans ce travail avec indication du gisement

Nos des spécimens	Nos de la figure et de la planche	Zone
NMC 10698	pl. VII, figs 1, 2, 3	1
NMC 10699	pl. XV, fig. 2 pl. X, fig. 2	1
NMC 10703	pl. VIII, fig. 1	1
NMC 10704	pl. VIII, fig. 2	1
NMC 10694	pl. VIII, fig. 3	1
NMC 10933	pl. VIII, fig. 4 pl. XII, fig. 3	1
NMC 10789	pl. XVIII, fig. 2	1
NMC 11042	pl. XVII, fig. 7	6A
NMC 10693	pl. VI, figs 1, 2	1
NMC 10847	pl. X, fig. 1	1
NMC 10974	pl. X, fig. 3	6B
NMC 11107	pl. X, fig. 4	6A
NMC 10815	pl. XI, figs 1, 2 pl. XIII, fig. 1	1
NMC 10709	pl. XI, fig. 3	1
NMC 10971	pl. XI, fig. 4	6B
NMC 10813	pl. XII, fig. 1	1
NMC 11074	pl. XII, fig. 4	
NMC 10906	pl. XIII, fig. 2	

N.B. La plupart des spécimens de *Cephalaspis westolli* Russell de la présente collection proviennent de la zone 1; une dizaine de spécimens (des fragments) proviennent de l'horizon de schiste de la zone 6B et une dizaine également de l'horizon de schiste de la zone 6A : les n° NMC-11042, 11107, 11106, 10830, 11068, 11043, 11040, 11052.

Comme nous l'avons vu, cette espèce est abondamment représentée dans le lit de « mudstone » à *Cephalaspis* de la zone 1 de D'Aiguillon, à l'exclusion de toute autre espèce de *Cephalaspis*. L'unique spécimen de *Cephalaspis lunata* n. sp. (n° NMC-10697) provient de la même zone 1, mais du lit de schiste à Euryptrérides au-dessus du lit de « mudstone ». Par contre, quelques spécimens qui appartiennent indubitablement à *C. westolli* ont été trouvés aux zones 6A et 6B. A la zone 6A, dans l'horizon de schiste, on peut mentionner deux spécimens: le n° NMC-11042 qui représente une corne reliée au bord latéral (pl. XVII, fig. 7) et le n° NMC-11107 qui représente un bord latéral avec la surface de l'exosquelette poreuse caractéristique de *C. westolli* (pl. X, fig. 4).

A la zone 6B, dans l'horizon de schiste, on peut également mentionner deux spécimens : le n° NMC-10974 qui représente un fragment de bord antérieur avec la surface de l'exosquelette poreuse caractéristique (pl. X, fig. 3) et le n° NMC-10971 qui représente un fragment de bouclier céphalique en vue dorsale un peu en avant du sinus pectoral dont l'empreinte montre les gros canaux muqueux circum-aréaux tout à fait à la base de la couche moyenne et même, en partie, dans la couche basale lamellaire (pl. XI, fig. 4).

Cephalaspis westolli Russell possède donc un bouclier céphalique au bord antérieur ovale assez aigu, qui est aussi large que sa longueur médiane. Les cornes sont étroites et longues, dépassant largement la crête dorsale postérieurement. Le sinus pectoral est très étroit bien que relativement profond seulement. La partie interzonale est longue et, transversalement, presque droite. Le champ sensoriel latéral est étroit et relativement long seulement, car il ne dépasse pas la hauteur du sinus pectoral. La crête dorsale est assez forte. En vue latérale le bouclier céphalique montre une hauteur développée ; plus des $\frac{2}{3}$ de la longueur médiane. Cette espèce possède une grande nageoire pectorale en forme de pagaie, recouverte de « tesserae » polygonales en tout semblables à celles qui recouvrent le bouclier céphalique. L'exosquelette est très épais. La coupe superficielle est continue, mais criblée de pores. Les canaux circum-aréaux sont situés à un niveau très profond, jusque dans la couche basale, car ils sont composés de deux canaux superposés, un supérieur (externe), l'autre inférieur (interne).

Cephalaspis dawsoni Lankester (pl. VIII, fig. 5 ; pl. IX, fig. 1)

Type : spécimen unique : R 1828 – Redpath Museum, McGill University, Montréal, Québec, Canada.

Gisement : Grès de Gaspé, Baie de Gaspé, rive nord. Très probablement formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

Cette espèce est la plus vieille connue de l'Amérique du Nord. Elle a été trouvée en 1853 par M. Kennedy, un assistant de Dawson (1871) (Lankester, 1870). Bien que Lankester donne une figure de cette espèce, nous avons jugé utile d'en donner une photographie ici, en raison de son importance. Elle représente, en effet, le premier Vertébré connu des Grès de Gaspé. Wängsjö (1952) la compare avec *C. moy-thomasi*. Il trouve que le contour général de ces deux espèces offre une ressemblance frappante. Pourtant, il a créé la nouvelle espèce *C. moy-thomasi* parce que c'est une forme un peu plus grande et que le bord antérieur forme une courbe plus fermée que celui de *C. dawsoni*.

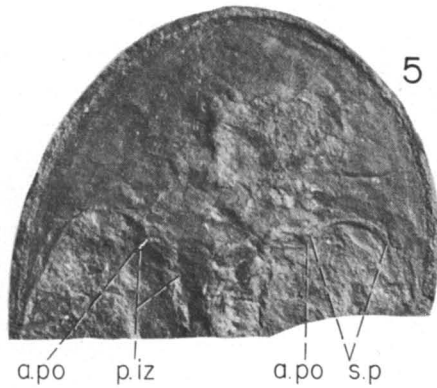
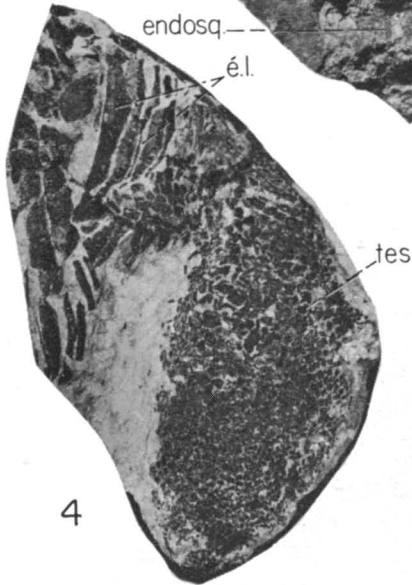
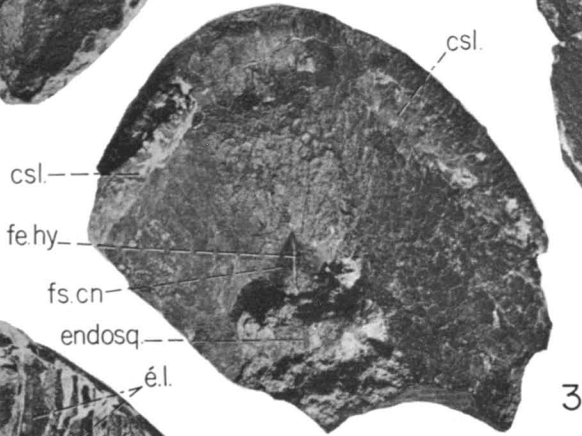
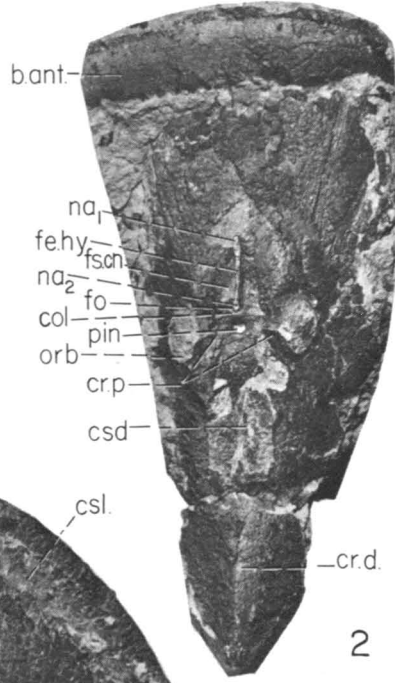
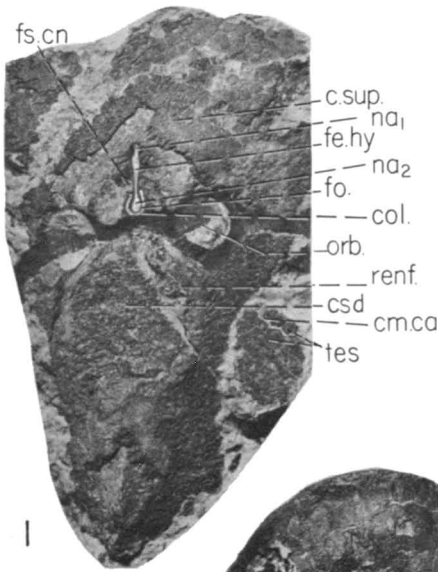
Il est vrai que le contour général de ces deux espèces est très ressemblant ; si ressemblant que nous ne trouvons pas, quant à nous, de différence significative dans la courbe du bord antérieur de l'une et l'autre espèce. Par contre, la différence de dimensions que note Wängsjö (1952), est exacte : *C. moy-thomasi* et *C. dawsoni* ont comme longueurs maximales respectives : 9,75 et

7 cm. Il y a donc une différence de dimensions, mais elle n'est pas très significative.

Il y a pourtant deux différences qui méritent d'être soulignées. *C. moythomasi*, pour autant que la reconstitution soit exacte (Wängsjö, 1952), comporte des champs sensoriels latéraux très longs qui s'étendent vers l'arrière presque jusqu'à l'extrémité des cornes. De plus, sur l'holotype de cette espèce, la surface de l'exosquelette ne semble pas être ornée d'une tuberculation granulée (« coarse »), alors que sur le spécimen n° 583, la surface est ornée de tubercules dont un, assez gros, est au centre de chaque plaque polygonale.

Or, chez *C. dawsoni*, on ne peut rien dire de la dimension des champs sensoriels latéraux, car ils ne sont pas apparents (voir pl. VIII, fig 5 et pl. IX, fig. 1). Enfin, l'ornementation de la surface externe de l'exosquelette est finement tuberculée, ce qui donne un aspect granulé au spécimen. Mais tous les tubercules sont à peu près de même taille et uniformément répandus, même sur les plaques polygonales dont le contour est bien délimité.

PLANCHE VIII — *Cephalaspis westolli* Russell. Fig. 1 — Spécimen NMC-10703; fragment de bouclier céphalique, en vue dorsale, avec restes de la couche superficielle (*c. sup.*) de l'exosquelette. L'orifice nasal (*na₂*) est situé au sommet d'une élévation entourée d'un fossé (*fo.*) lui-même limité par un collet (*col.*). Noter l'épaisseur exceptionnelle de l'exosquelette, là où la couche superficielle (*c. sup.*) est présente, x 1. Fig. 2 — Spécimen NMC-10704; fragment de bouclier céphalique, en vue dorsale, dont l'exosquelette est à peu près complètement disparu. Noter le large bord antérieur (*b. ant.*), le trou pinéal gros et rond et, du côté médian de chaque orbite, une petite crête (*cr. pin.*) qui suggère un point d'appui pour une plaque pinéale qui devait être indépendante. x 1. Fig. 3 — Spécimen NMC-10694; bouclier céphalique incomplet en vue dorsale, avec quelques restes de la couche basale de l'exosquelette. Ce spécimen est illustré pour souligner sa taille qui est plus petite que la moyenne et pour montrer que derrière la fosse circumnasale (*fs.cn.*), une cassure a emporté les orbites et mis à nu l'os perichondral (tout au moins son empreinte) de l'endosquelette (*endo*) de la base des orbites et probablement d'une partie des vestibules. x 1. Fig. 4 — NMC-10933; nageoire pectorale isolée, reliée à quelques écailles latérales (*é.l.*) du tronc, également isolées; la nageoire est recouverte de « tesseræ » caractéristiques du bouclier céphalique. (pour détail, voir pl. XII, fig. 3). x 1. Fig. 5 — *Cephalaspis dawsoni* Lankester. Spécimen-type, unique n° 1828, Redpath Museum, McGill University, Montréal, Québec, Canada. Gisement : Grès de Gaspé, Baie de Gaspé, rive nord; trouvé par un assistant de Dawson (1871) (cf. Lankester, 1870), x 3/5. Abréviations : *a.p.*, angle postérieur délimitant le sinus pectoral et la partie interzonale; *b. ant.*, bord antérieur du bouclier céphalique; *cm.ca.*, canal muqueux circumaréal; *col.*, collet autour de l'orifice nasal (*na₁*); *csd* et *csl*, champs sensoriels dorsal et latéral; *c. sup.*, couche superficielle de l'exosquelette; *cr. d.*, crête dorsale; *endo*, endosquelette; *é. l.*, écailles latérales du tronc; *fe.hy.*, fente hypophysaire; *fo.*, fossé autour de l'orifice nasal au sommet d'une élévation, *fs.cn.*, fosse circumnasale; *na₁*, orifice hypophysaire; *na₂*, orifice nasal proprement dit; *orb.*, orbite; *pin.*, orifice pinéal; *p.iz.*, partie interzonale; *renf.*, renflement autour du champ sensoriel.



Notons enfin, que l'on distingue le contour de la partie antérieure du thorax en arrière du bouclier céphalique (pl. VIII, fig. 5).

Cephalaspis jexi Traquair (fig. 11, B)

Type : Gardiner (1966) donne comme spécimen-type : n° 1887-20-53 RSM.

Gisement : Grès de Gaspé, Campbellton, N.B. Canada.

Âge : dévonien inférieur.

Bien qu'aucun spécimen de cet espèce ne soit représenté dans la présente collection, il est utile de donner quelques précisions à cause d'une certaine ressemblance qu'a cette espèce avec *Cephalaspis lunata* n. sp. que nous décrivons plus bas.

La forme générale est représentée par Russell (1954). Mais d'après le spécimen RSM 1897-51-113 et de nombreux autres spécimens vus au Royal Scottish Museum et au British Museum (Nat. Hist.), le bord antérieur ne présente pas d'angle même obtus (voir fig. 11, B), mais forme une courbe large et douce.

De plus, il est possible d'observer sur plusieurs spécimens de ces deux Muséums des petites dents du côté médian des cornes. Les cornes sont courtes, le sinus pectoral peu profond et assez large. Le bouclier céphalique est un peu plus large que sa longueur médiane (du bord antérieur à la partie postérieure de la crête dorsale). Mais il existe des différences importantes de dimension. Par exemple, le spécimen BM (NH) P. 6553 est une petite forme de 3 cm de long (du bord antérieur à l'extrémité des cornes) tandis que les spécimens BM (NH) 10236, P.5970 ont des longueurs respectives de 10, 10,5, 10,5 cm (du bord antérieur à la partie postérieure de la crête dorsale). Donc, en ajou-

PLANCHE IX — Fig. 1 — *Cephalaspis dawsoni* Lankester. Spécimen-type (unique) n° 1828, Redpath Museum, McGill University, Montréal, Québec; Baie de Gaspé, rive nord, Grès de Gaspé. Détail d'ornementation en surface sur le bouclier céphalique, près du sinus pectoral (cf. pl. VIII, fig. 5); aspect granuleux. x 6. Fig. 2 — *Cephalaspis jexi* Traquair. Spécimen RSM-1897-51-113 (Royal Scottish Museum). Détail de l'ornementation tuberculée juste en arrière et sur le côté de l'orbite droite. Les tubercules sont gros immédiatement autour de l'orbite, mais plus petits à 5 mm plus loin et ils ne présentent pas la forme allongée caractéristique de *C. lunata* n. sp. Gisement : Grès de Gaspé, affleurement de Campbellton, N.-B., Canada. Dévonien inférieur d'après l'étiquette accompagnant le spécimen, mais plus probablement du dévonien moyen ancien. x 6. Orvig (1966), donne une coupe mince d'un tubercule de *Cephalaspis jexi* où il reconnaît la mésodentine.

Abréviations : *a. po.*, angle postérieur délimitant le sinus pectoral de la partie interzonale; *s.p.*, sinus pectoral.



1

a po.

s.p.

orb.droite



2

tant la longueur des cornes on obtiendrait des longueurs de 11,5 à 12,5 cm, c'est-à-dire, une dimension 4 fois plus grande que celle de P.6553.

C. jexi est une forme tuberculée. Les tubercules sont assez gros autour des orbites (pl. IX, fig. 2) et ont un sommet plus ou moins arrondi. En général, cependant, ils sont disposés concentriquement à l'intérieur de chaque « tessera », tout en ayant une forme allongée. Ils se différencient donc de *C. lunata* n. sp., par leur dimension plus réduite et surtout par leur disposition concentrique (cf. BM (NH) P. 6571 et RSM 1897-51-115).

Nouvelles espèces du genre « *Cephalaspis* ».

« *Cephalaspis* » *lunata* n. sp. (pl. XIV, fig. 1; pl. XV, fig. 1; fig. 10A-B)

Spécimen : unique

Type : N° 10697 – NMC (bouclier céphalique en vue dorsale et son empreinte).

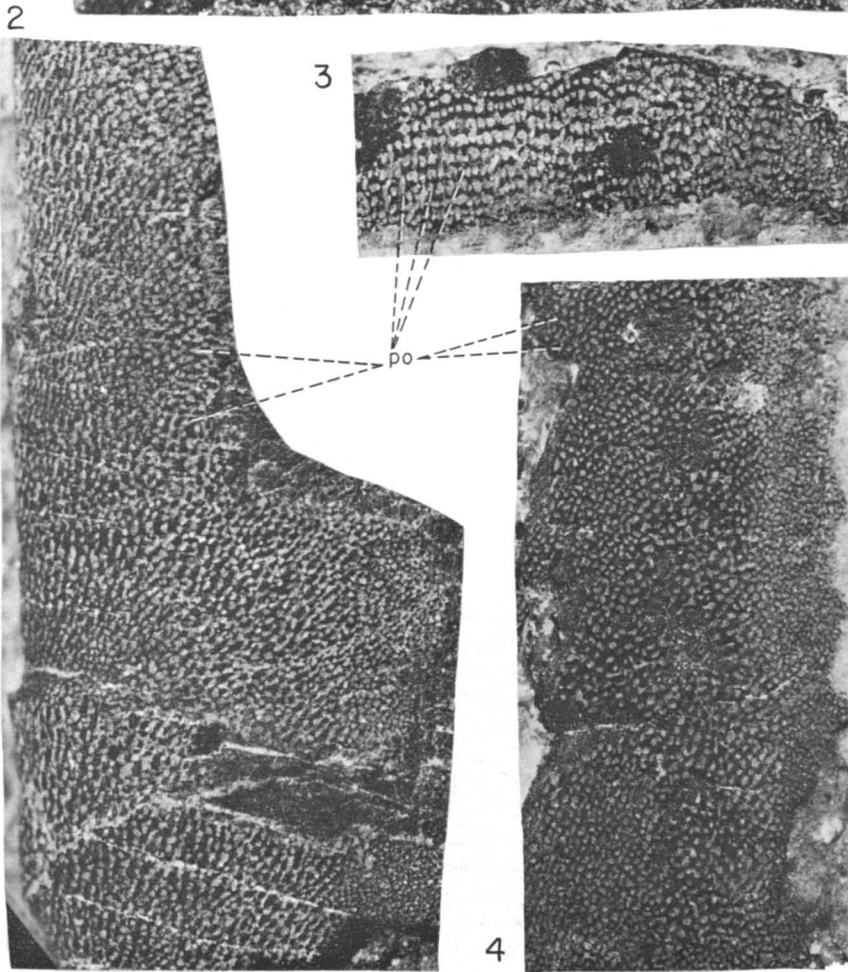
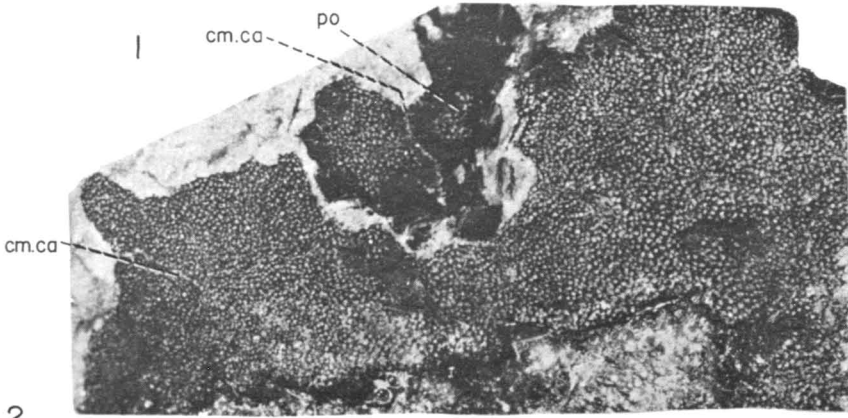
Un autre spécimen NMC – 11015 (pl. XIV, fig 3), appartient possiblement à cette espèce.

Gisement : zone 1, D'Aiguillon, lit de schiste à Euryptérides, à trois centimètres près de la base de ce lit, presque au contact par conséquent avec le lit de « mudstone » sous-jacent.

Âge : formation Battery Point, Grès de Gaspé (région Baie de Gaspé, rive nord), Québec, Canada ; dévonien moyen ancien.

Nom de l'espèce : *lunata*, qui signifie, en forme de lune ou de croissant.

PLANCHE X – *Cephalaspis westolli* Russell. Fig. 1 – Spécimen NMC-10847. Ornementation de la surface (couche superficielle de l'exosquelette), région antérieure aux orbites d'un fragment de bouclier céphalique en vue dorsale. Noter que les canaux muqueux circum-aréaux (*cm.ca.*), sont à peine visibles en surface et n'apparaissent que sous forme de pores (*po.*) alignés, de sorte que la forme polygonale des « tesserae » est très difficile à discerner. *Gisement* : lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 6. Fig. 2 – Spécimen NMC-10699 – Ornementation de surface (couche superficielle de l'exosquelette) du bord latéral. Noter l'aspect poreux de l'ornementation, mais les pores sont plus gros que sur le bouclier céphalique lui-même comme on le voit sur le spécimen de la fig. 1. *Gisement* : comme spécimen de la fig. 1. x 6. Fig. 3 – Spécimen NMC-10914. Ornementation de surface (couche superficielle de l'exosquelette) du bord antérieur (fragment). Noter que les pores sont ici aussi très gros. *Gisement* : lit de schiste de la zone 6B, Baie de Gaspé, rive nord, formation Battery Point, Grès de Gaspé dévonien moyen ancien. x 6. Fig. 4 – Spécimen NMC-11107 – Ornementation de surface (couche superficielle de l'exosquelette) du bord latéral. *Gisement* : lit de schiste de la zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 6.



DESCRIPTION

Bouclier céphalique, en vue dorsale, presque complet ; la corne gauche manque, ainsi qu'une partie du côté gauche. C'est une forme large, plus large que longue, dans un rapport largeur-longueur (longueur médiane) de 7 à 4.

Voici quelques mesures :

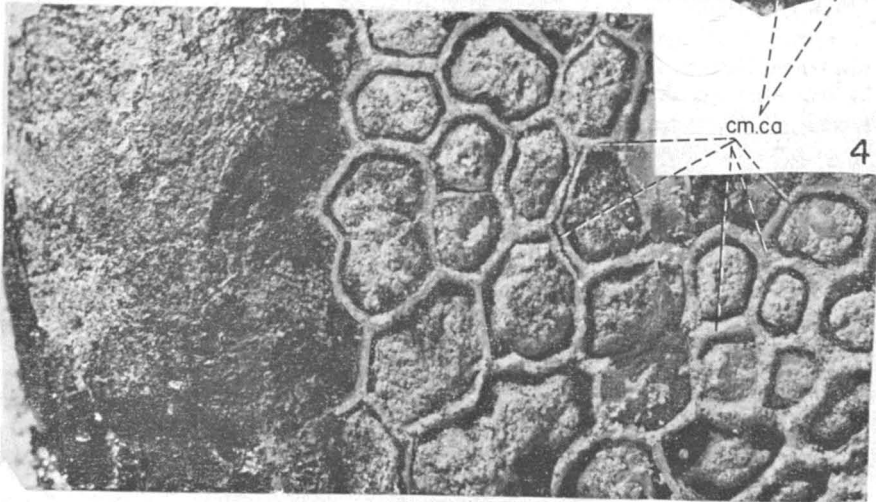
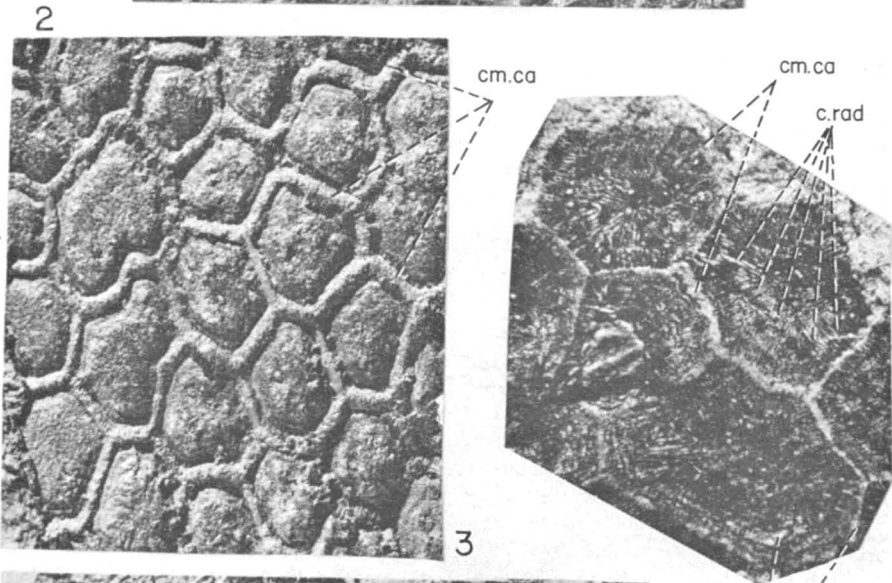
Longueur totale ⁴	:	10	cm
Longueur médiane ⁵	:	8	cm
Largeur maximale	:	14	cm
Distance entre orbites	:	1,3	cm
Diamètre des orbites	:	0,6	cm

Le bord antérieur est très arrondi, formant une courbe douce qui pourrait correspondre à peu près à un arc de cercle dont le rayon serait de 17 cm. Évidemment, le spécimen est légèrement écrasé de sorte que la largeur est aussi légèrement exagérée. Les cornes ont une longueur de 4 cm (depuis leur extrémité jusqu'à la hauteur du sinus pectoral) et dépassent la partie postérieure de la crête dorsale par 2 cm. Par rapport à la longueur totale, la longueur des cornes est dans un rapport de 2 à 5. Donc, ce sont des cornes de longueur moyenne, ni particulièrement longues, ni particulièrement courtes, et elles sont de plus relativement étroites.

4. La longueur totale est mesurée depuis le bord antérieur jusqu'à l'extrémité des cornes.

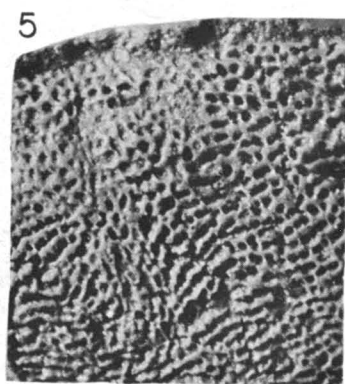
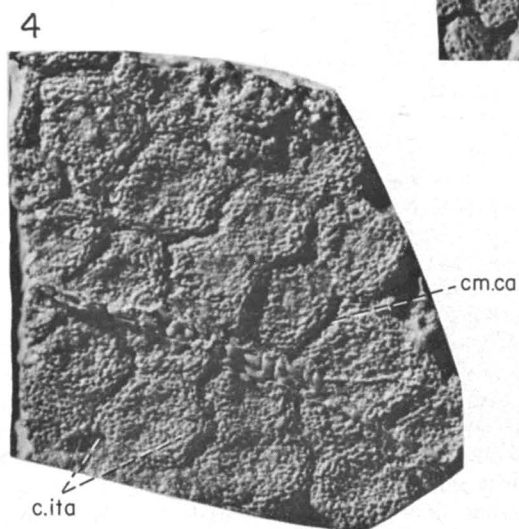
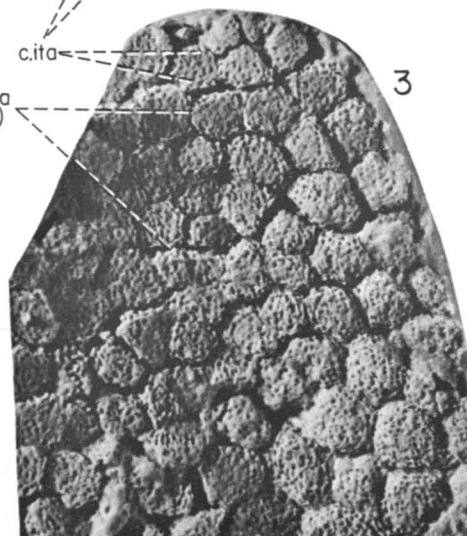
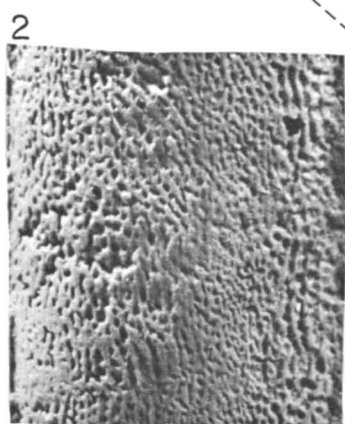
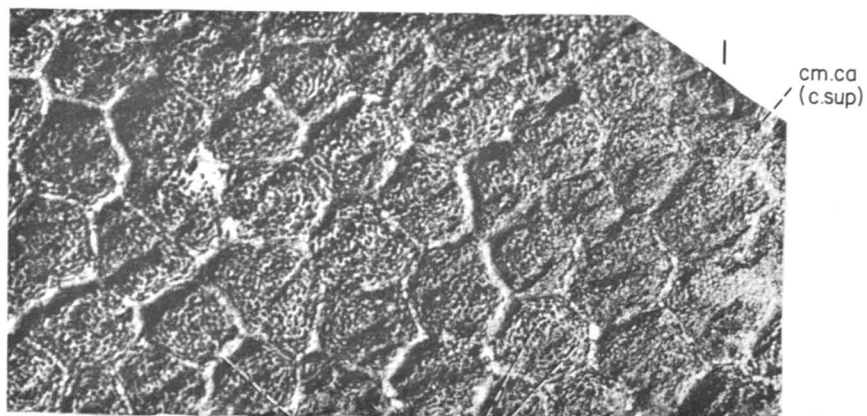
5. La longueur médiane est mesurée depuis le bord antérieur jusqu'à la partie postérieure de la crête dorsale.

PLANCHE XI — *Cephalaspis westolli* Russell. Spécimen NMC-10815. Fig. 1 — Fragment de bouclier céphalique, montrant la base de la couche basale de l'exosquelette (la couche superficielle faisant face à la gangue). x 6. Fig. 2 — Empreinte dans la gangue de la base de la couche basale de l'exosquelette du même spécimen. On voit que les canaux muqueux circum-aréaux (*cm. ca.*) sont gros et situés très profondément dans l'exosquelette. Gisement : lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 6. Fig. 3 — Spécimen NMC-10709. Fragment d'exosquelette montrant les canaux radiaires (*c. rad.*) au niveau de la couche moyenne et jusqu'à un certain point dans la partie basale de la couche superficielle. Noter, qu'à ce niveau, les canaux muqueux sont déjà moins gros qu'en profondeur. Gisement : comme le spécimen des fig. 1 et 2. x 6. Fig. 4 — Spécimen NMC-10971. Même situation qu'en figure 2, sauf que cette fois, la région concernée est contiguë au bord latéral et au sinus pectoral et que ce spécimen provient de la zone 6B, confirmant avec le spécimen NMC-10974 (pl. X, fig. 3), la présence incontestable de *C. westolli* dans l'horizon de schiste de cette zone. Gisement : horizon de schiste, zone 6B, Baie de Gaspé, rive nord. x 6.



Le caractère le plus distinctif de cette espèce est certainement son ornementation tuberculée. Les tubercules sont gros. Ils ont une forme allongée et sont disposés parallèlement les uns par rapport aux autres à l'intérieur de chaque plaque polygnale (« tessera »), encore que leur orientation varie d'une région à l'autre du bouclier céphalique. Par exemple, sur certains polygones de la région antérieure aux orbites, l'orientation des tubercules est à peu près transversale à l'axe antéro-postérieur du bouclier, tandis que sur le côté de la crête dorsale, l'orientation est nettement parallèle à l'axe antéro-postérieur. Mais sur les polygones du champ sensoriel latéral (droit) et sur ceux qui lui sont contigus, l'orientation générale est parallèle au bord latéral, de sorte que vers le bord antérieur, l'orientation est nettement transversale au bouclier céphalique. Au premier coup d'oeil, la distribution des tubercules semble être uniforme sur toute la surface, mais dans le détail, leur nombre peut varier entre 20 et 40 selon la grandeur des polygones qui ne sont d'ailleurs pas parfaitement réguliers. Un autre caractère intéressant, est la présence de plaque polygonales (« tesserae ») sur le champ sensoriel latéral (droit), alors qu'ils sont absents sur le champ dorsal. Ceci est une situation exceptionnelle, tout au moins pour le genre « *Cephalaspis* », car les plaques polygonales sont le plus souvent absentes des champs sensoriels; c'est même un argument pour affirmer que sur les champs sensoriels, les plaques polygonales sont indépendantes et ne sont pas soudées comme c'est le cas sur le reste du bouclier céphalique.

PLANCHE XII — *Cephalaspis westolli* Russell. Fig. 1 — Spécimen NMC-10813. Vue viscérale de la base des canaux intra-aréaux (*c. ita.*) qui forment un réseau vasculaire à la base de la couche superficielle et, en partie, au sommet de la couche moyenne de l'exosquelette. Remarquer que les canaux muqueux circum-aréaux sont beaucoup plus gros dans la couche basale (*cm. ca., c.b.*) que dans la couche superficielle (*cm. ca., c. sup.*) où ils sont à peine perceptibles. Gisement : lit de « Mudstone » à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 6. Fig. 2 — Spécimen NMC-11108. Moulage de l'empreinte d'un bord latéral, montrant le caractère poreux typique de l'ornementation de surface de *C. westolli*. x 6. Gisement : lit de schiste de la zone 6A. Fig. 3 — Spécimen NMC-10933. Moulage de l'empreinte de l'ornementation de surface de la nageoire pectorale. x 6. (Ceci ne représente pas tout à fait la surface de l'ornementation; il est évident que l'acide (HCL) a dissout un peu la structure proprement superficielle; on est toutefois à la base de la couche superficielle avec son réseau de canaux intra-aréaux (*c. ita.*). C'est exactement, en positif, la même situation qu'à la fig. 1). Fig. 4 — Spécimen NMC-11074. Moulage d'empreinte de l'ornementation plus ou moins superficielle d'une partie de bouclier céphalique. Situation, en tous points, semblable à celle du spécimen de la fig. 3. x 6. Gisement : zone 6A. Fig. 5 — Spécimen NMC-11087. Moulage de l'empreinte d'un fragment de bord latéral (ornementation superficielle à caractère poreux typique de *C. westolli*). Gisement : zone 6A. x6. (Les spécimens des fig. 2, 4, et 5 viennent, avec le spécimen 11107 (pl. X, fig. 4), corroborer la présence de *C. westolli* dans le lit de schiste de la zone 6A.)



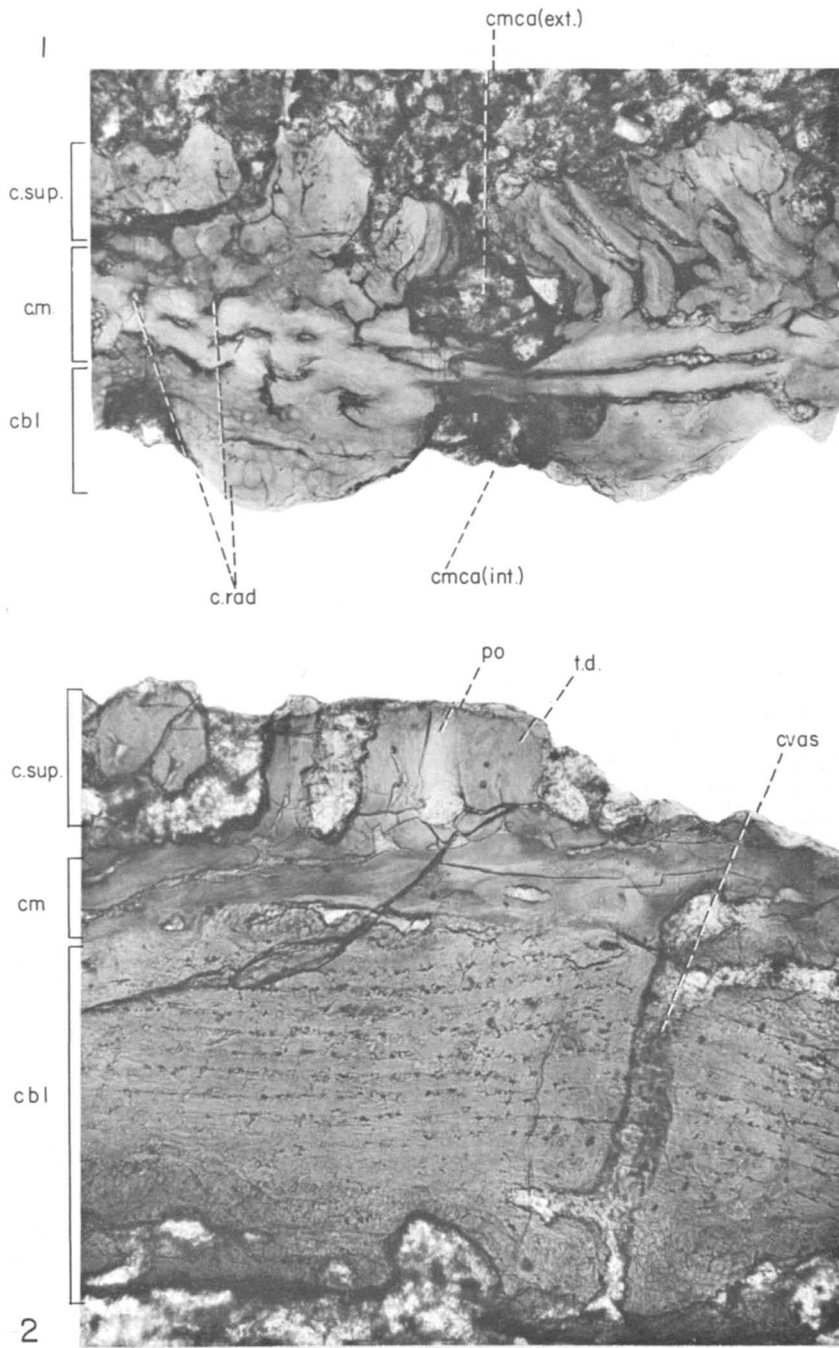
L'extension du champ sensoriel latéral (droit) (*cs/l*) est en partie visible. Une ligne parallèle au bord latéral marque sa limite médiane. A l'avant, il s'étend jusqu'à un centimètre d'une ligne médiane imaginaire qui passerait par la fente naso-hypophysaire et la crête dorsale, tandis que postérieurement, la limite dépasse de quelques millimètres seulement la hauteur du sinus pectoral.

Le champ sensoriel (*csd*) est assez étendu et sa longueur de 2,2 cm égale celle de la crête dorsale. Le sinus pectoral n'est pas profond, mais il est assez large. Le sommet de la crête dorsale est presque horizontal sauf vers l'avant où il s'abaisse doucement vers le champ sensoriel dorsal.

La partie interzonale (*piz*) est assez longue, car elle mesure 4 cm. Elle est franchement dirigée vers l'avant depuis sa partie postérieure à la crête dorsale.

Les orbites ont un contour parfaitement rond (pl. XIV, fig. 1) à la base de l'anneau sclérotique. Mais si on mesure l'orbite au niveau de l'anneau sclérotique (*an.scl.*), du moins de ce qui reste de l'orbite gauche (pl. XV, fig. 1), alors on obtient une mesure un peu plus élevée (de 1,5 à 2mm) pour la longueur. Leur diamètre est de 6 mm et la distance qui les sépare médialement est de 1,3 cm. Elles sont situées à peu près à la moitié de la longueur médiane, mais avec un léger déplacement vers l'avant. En fait, la mesure totale des longueurs : crête dorsale et champ sensoriel dorsal, est de 4,4 cm contre 3,6 cm pour la distance entre la partie antérieure des orbites et le bord antérieur.

PLANCHE XIII – *Cephalaspis westolli* Russell. Fig. 1 – Spécimen NMC-10815. Lame mince (transversale) dans un fragment d'exosquelette de bouclier céphalique dont la couche superficielle fait face à la gangue (voir pl. XI, fig. 1 et 2). Cette coupe montre que le canal muqueux circum-aréal (*cm. ca.*) est composite, i.e. composé d'une division externe (*ext.*) ou supérieure (*sup.*) et d'une division interne (*int.*) ou inférieure (*inf.*) séparés l'un de l'autre par un septum à l'instar de *Tremataspis mammillata*. Cette situation explique qu'en surface, le canal muqueux n'est plus apparent que sous forme d'une légère dépression et qu'en profondeur, jusqu'à la couche basale, il est très gros et laisse une empreinte si forte dans la gangue. Malheureusement, sur ce spécimen, la couche basale lamellaire (*c.b.l.*) est presque complètement disparue sous l'action de l'usure, lors de la fabrication de la couche mince. x 100. Gisement : lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. Fig. 2 – Spécimen NMC-10906. Lame mince (transversale) dans un fragment de bouclier céphalique. On y distingue les tubules caractéristiques de la dentine (*t.d.*) dans les pseudotubercules de la couche superficielle de l'exosquelette. On y voit également les canaux de la couche moyenne (*c.m.*). La couche basale lamellaire est très bien conservée et on distingue un gros canal vasculaire ascendant (*c.vas.*) x 100.



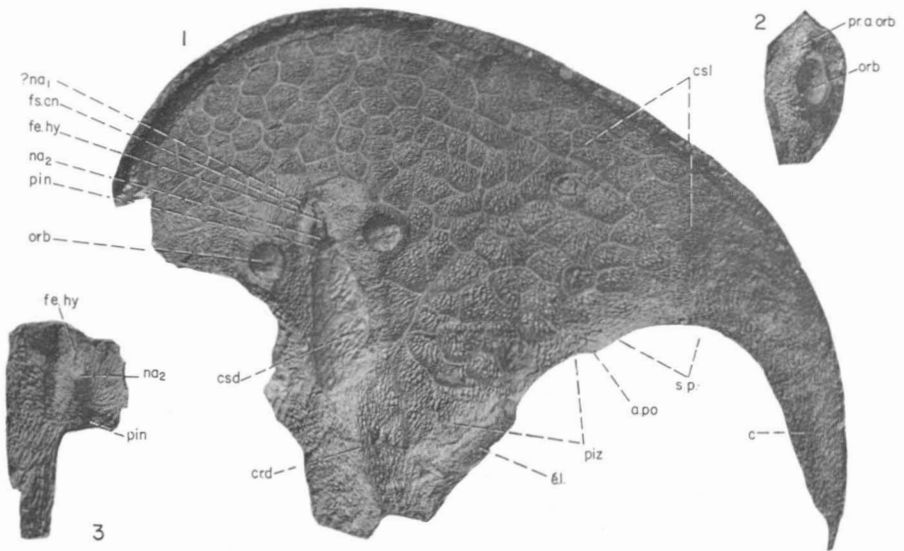


PLANCHE XIV – Fig. 1 – *Cephalaspis lunata* n. sp. Moulage du spécimen NMC-10696; spécimen-type, unique, d'un bouclier céphalique presque complet en vue dorsale. Gisement : lit de schiste à Euryptérides, zone 1, D'Aiguillon, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, formation Battery Point, Grès de Gaspé, dévonien moyen ancien. x $\frac{3}{4}$. Fig. 2 – *Cephalaspis* sp. (? *sydenhami* n. sp.) Moulage de la région d'une orbite, spécimen NMC-10823. Gisement : lit de schiste de la zone 6A, formation Battery Point. Fig. 3 – *Cephalaspis* sp. (? *lunata* n. sp.) Moulage de la région nasohypophysaire, spécimen NMC-11015. Gisement : lit de schiste de la zone 6A, formation Battery Point. x 2.

Abréviations : *a.p.*, angle postérieur; *c.*, corne; *csd.*, champ sensoriel dorsal; *csl.*, champ sensoriel latéral; *cr.d.*, crête dorsale; *él.*, écaille latérale du tronc ou de la partie postérieure du bouclier céphalique; *fe.hy.*, fente reliant les orifices naso-hypophysaires; *fs.cn.*, fosse circumnasale; ? *na₁*, orifice hypophysaire présumé situé à l'extrémité antérieure de la fente naso-hypophysaire (*fe.hy.*); *na₂*, orifice nasal proprement dit; *orb.*, orbite; *pin.*, orifice pinéal; *p.iz.*, partie interzonale; *pr.a. orb.*, proéminence antéro-orbitaire; *s.p.*, sinus pectoral.

La fosse circum-nasale (*fs.cn.*) a la forme d'un triangle dont le sommet est à l'avant près de l'orifice hypophysaire (*na₁*) et la base vers l'arrière, près de l'orifice nasal (*na₂*) proprement dit. Les orifices naso-hypophysaires sont mal conservés et il est difficile de décrire leur forme exacte, mais ils semblent bien être réunis par une fente (*fe.hy.*). L'orifice pinéal a laissé son impression sur le moulage.

DISCUSSION

Cephalaspis lunata n. sp. ressemble à *C. jexi* Traquair quant au contour général et particulièrement au contour du bord antérieur. Les dimensions sont

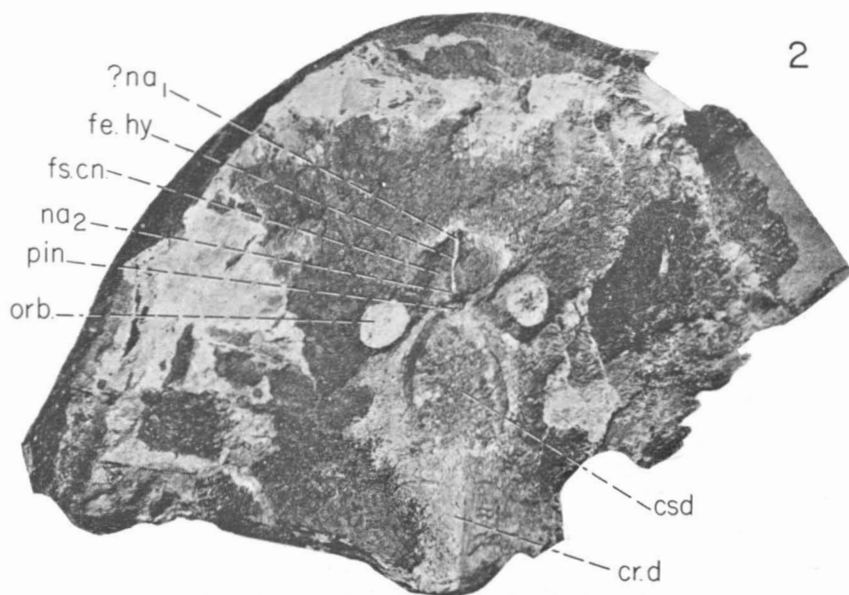
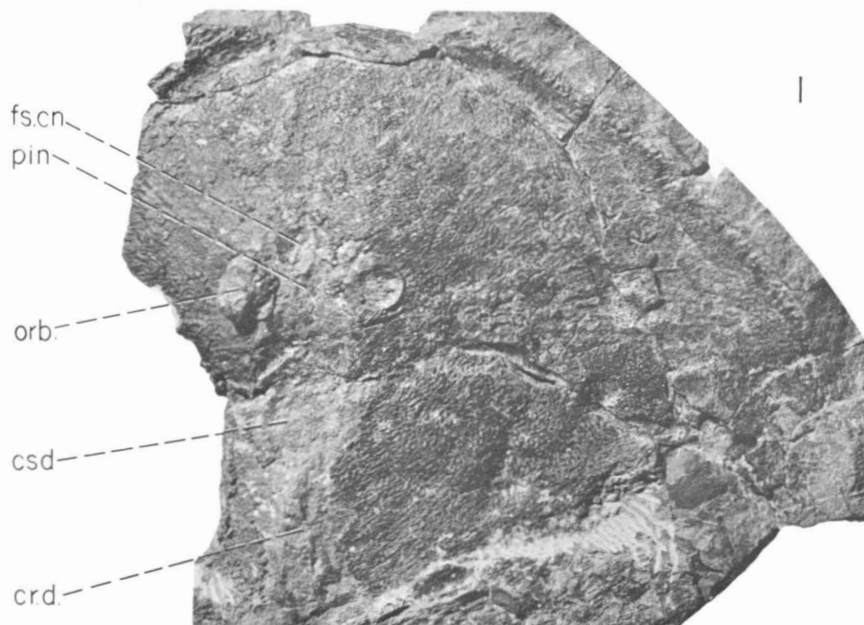


PLANCHE XV - Fig. 1 - *Cephalaspis lunata* n. sp. NMC-10696. Spécimen-type, unique; bouclier céphalique en vue dorsale, avec en place, les fragments de l'ornementation tuberculée de l'exosquelette. Gisement : comme à fig. 1, pl. XIV. x 1. Fig. 2 - *Cephalaspis westolli* Russell. Spécimen NMC-10699. Bouclier céphalique en vue dorsale; l'exosquelette est à peu près complètement disparu sauf, ici et là, quelques restes de la couche basale. Gisement : zone 1, lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, D'Aiguillon, Québec, Canada, formation Battery Point, Grès de Gaspé, dévonien moyen ancien. x 1.

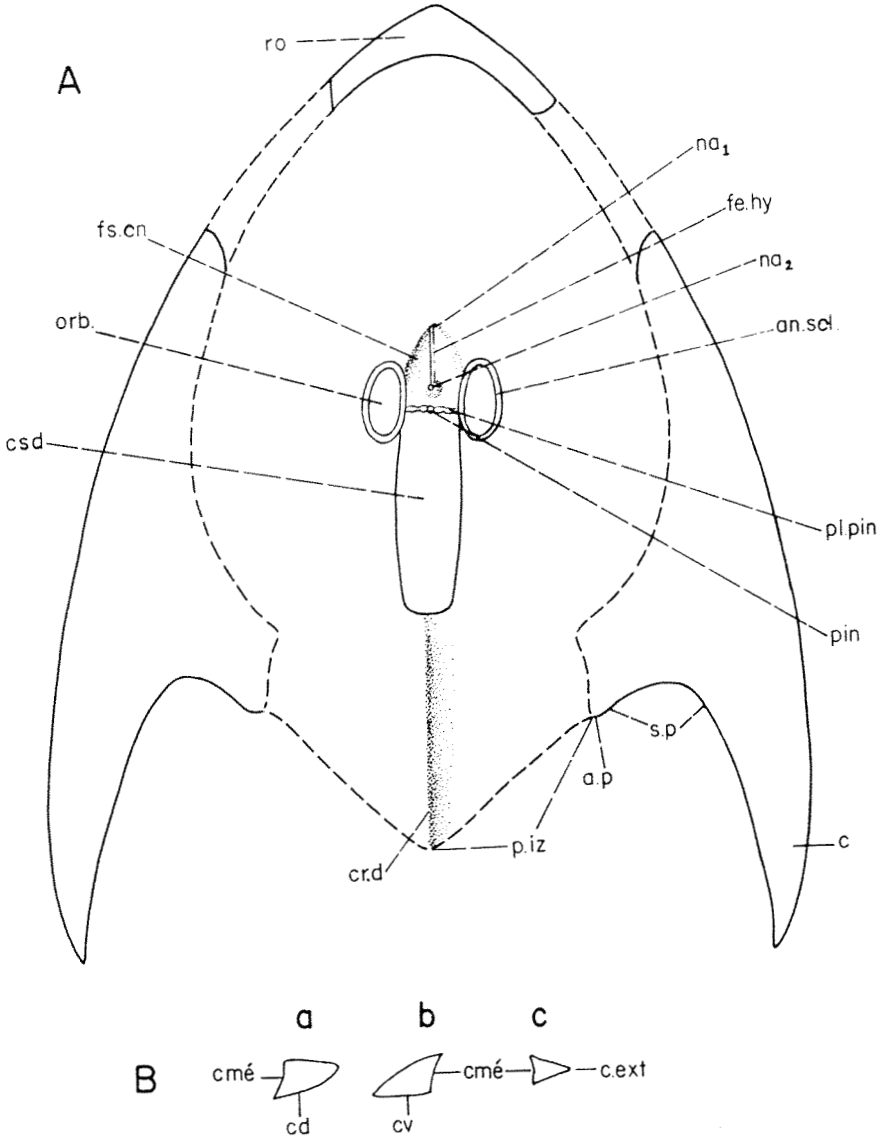


FIG. 14. *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Reconstitution basée sur les spécimens NMC-10647 (rostre, cf. pl. XVI, fig. 2) et 11010, 11013 (régions orbitale et nasale, cf. pl. XVIII, fig. 4, 5) et 11040, 11041 (cornes cf. pl. XVII, fig. 2, 3). x 1. (A) Bouclier céphalique en vue dorsale. (B) Coupe transversale dans la corne, a) et b) au niveau du sinus pectoral, c) coupe transversale dans le bord antérieur près de la partie rostrale.

Abréviations : *an.scl.* anneau sclérotique; *a.p.*, angle postérieur; *c.* corne; *c.d.* *c.ext*, *c.mé*, *c.v.* côtés dorsal, externe, médian et ventral; *cr.d.*, crête dorsale; *csd*, champ électrique dorsal; *fe.hy*, fente hypophysaire; *fs.cn*, fosse circum-nasale; *na₁*, orifice hypophysaire; *na₂*, orifice nasal proprement dit; *orb*, orbite; *pin*, orifice pinéal; *pl.pin*, plaque pinéale; *p.iz*, partie interzonale; *ro*, rostre; *s.p*, sinus pectoral.

également sensiblement les mêmes et ce sont deux formes à ornementation tuberculée. Pourtant, toutes deux comportent des caractères distinctifs.

Les cornes de *C. jexi* sont plus courtes—de moitié— que celles de *C. lunata*. Les tubercules de *C. lunata* ont une forme allongée et sont parallèles les uns aux autres à l'intérieur de chaque « tessera », alors que chez *C. jexi* ils sont disposés concentriquement à l'intérieur de chaque « tessera ». Enfin, les cornes de *C. lunata* ne portent pas, du côté médian, les petites dents caractéristiques des cornes de *C. jexi*. Également, *C. dawsoni* Lankester a une forme générale assez ressemblante à *C. lunata*, mais c'est une espèce beaucoup plus petite et les cornes sont proportionnellement plus larges que celles de *C. lunata*. Enfin, les tubercules sont beaucoup plus petits, au point de donner un aspect finement granuleux à *C. dawsoni* qu'on ne retrouve pas chez *C. lunata*. On peut terminer cette comparaison avec les formes nord-américaines, par exemple avec *C. utahensis* (Branson et Mell) (Denison, 1952b). *C. utahensis* possède une ornementation superficielle tuberculée, mais les tubercules sont très gros, ont un sommet arrondi ou plat et on n'en compte que 4 ou 5 par plaque polygonale. De plus, cette espèce possède des cornes longues et étroites qui s'incurvent postérieurement vers la ligne médiane.

Plusieurs espèces d'Angleterre et du Spitzberg possèdent un contour général qui ressemble à celui de *C. lunata*, encore que les dimensions peuvent être parfois assez différentes. Mais aucune de ces espèces ne porte d'ornementation tuberculée. C'est le cas par exemple de *C. platycephalus* Wängsjö (Wängsjö, 1952), *C. moy-thomasi* Wängsjö (1952) de *C. curta* Wängsjö (1952) de *C. memoïdes* Wängsjö (1952) et de *C. semicircularis* Wängsjö (1952). Par contre, plusieurs espèces possèdent une ornementation tuberculée, mais elles diffèrent de *C. lunata* par d'autres caractères. Par exemple, *C. watsoni* Stensiö (Stensiö, 1932, pl. 19, fig. 4) possède une ornementation tuberculée et de plus une forme générale très ressemblante à celle de *C. lunata* ; pourtant les cornes, courtes et fortes, sont tournées postérieurement vers la ligne médiane, tandis que chez *C. lunata* les cornes sont un peu plus longues et surtout ne s'incurvent pas ou si peu postérieurement vers la ligne médiane. *C. salweyi* Egerton (Stensiö, 1932) porte des tubercules assez gros, mais ronds, avec concentration au centre des « tesserae ». De toute façon, *C. salweyi* ainsi que *C. watsoni* possèdent des cornes avec de petites dents sur le côté médian, ce qui les distingue définitivement de *C. lunata*. De plus, *C. salweyi* porte une crête dorsale très développée, alors que *C. lunata* possède une crête très modeste. *C. pagei* Lankester (Stensiö, 1932) porte aussi des tubercules, mais beaucoup plus espacés et moins nombreux que chez *C. lunata* ; enfin les cornes portent de petites dents sur le côté médian. *C. whitei* Stensiö (Stensiö 1932) porte également des tubercules, mais ils sont ronds et dispersés ; ils ne sont pas aussi serrés que chez *C. lunata*. *C. powrieri* Lankester porte des tubercules allongés comme ceux de *C. lunata*, en particulier sur les écailles du tronc ;

mais sur le bouclier céphalique lui-même, les tubercules sont ronds (cf. RSM 1891-92-163) ou légèrement allongés, et dans la seule direction antéro-postérieure (cf. RSM 1891-92-169). De toute façon, c'est indubitablement une forme différente de *C. lunata*, car le bouclier céphalique est plus étroit que celui de *C. lunata* et, de plus, les cornes portent de petites dents sur le côté médian.

"Cephalaspis" peninsulae n. sp. (Reconstitution, fig. 14A)

Spécimens étudiés :

NMC - 11041, pl. XVII, fig. 2 ; pl. XXI, fig. 2.	NMC - 11085, pl. XVI, fig. 2.
NMC - 10723, pl. XVII, fig. 4 ; pl. XXI, fig. 3.	NMC - 11065, pl. XX, fig. 2, NMC - 11011, pl. XXI, fig. 4.
NMC - 11040, pl. XVII, fig. 5 ; pl. XX, fig. 1.	NMC - 11095, pl. XXXI, fig. 2. NMC - 11010, pl. XVIII, fig. 4.
NMC - 11039, pl. XVII, fig. 6 ;	NMC - 10874, pl. XVIII, fig. 3. NMC - 11012, pl. XVIII, fig. 6.
NMC - 10647, pl. XVI, fig. 1.	NMC - 11013, pl. XVIII, fig. 5.

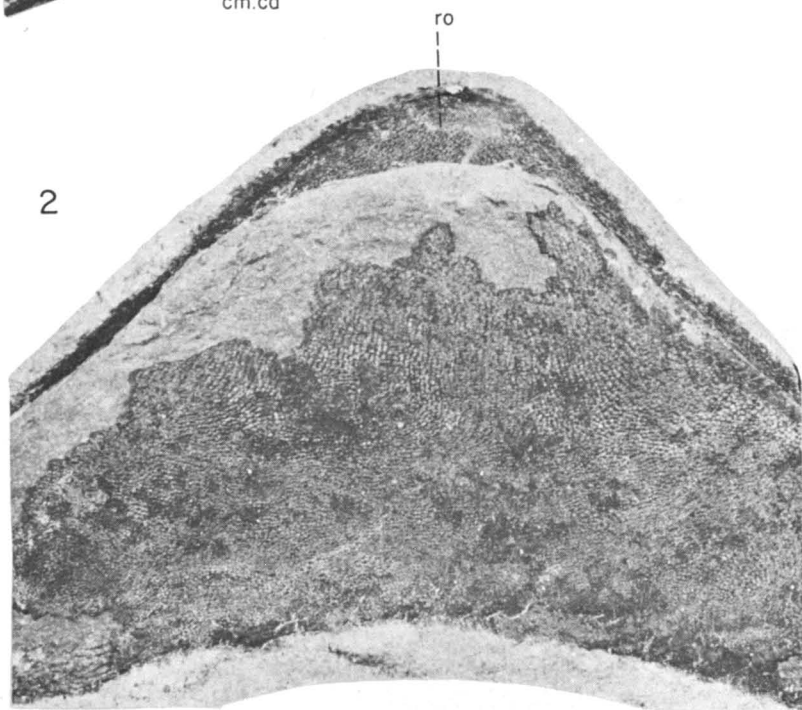
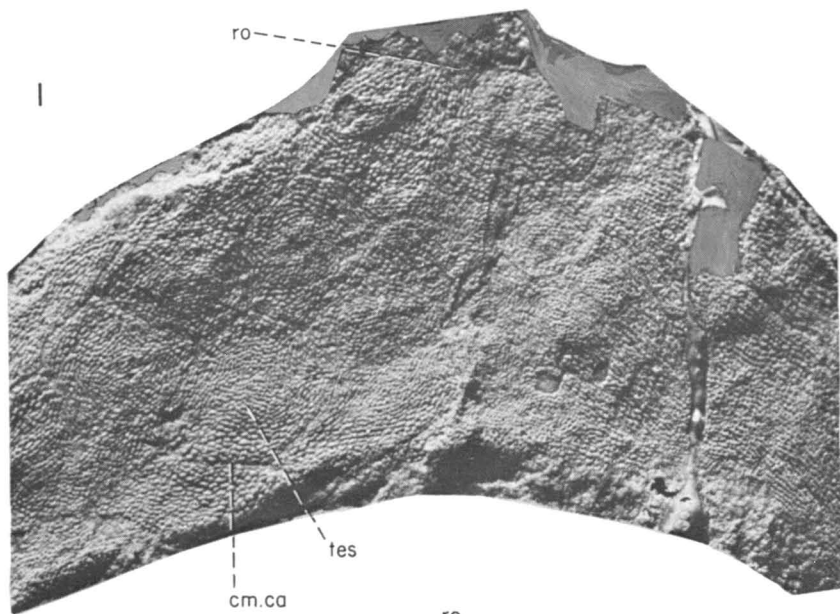
Spécimen-type : NMC - 11041 (pl. 9, fig. 2 ; pl. 29, fig. 2) une corne en vue ventrale et une partie du bord latéral et bord latéral antérieur.

Spécimens complétant la description du type : NMC - 10747 (pl. XVII, fig. 2) rostre ; NMC - 11010 (pl. XVIII, fig. 4) et NMC - 11013 (pl. XVIII, fig. 5) fragments de boucliers céphaliques.

Nom de l'espèce : *peninsulae*, du mot latin : *peninsula* pour la Péninsule de Gaspé en général et, en particulier, pour la petite Péninsule (« Peninsula ») sur la rive nord de la Baie de Gaspé, à 7 km à l'ouest de Cap-aux-Os.

Gisement : zone 6A, horizon de schiste, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

PLANCHE XVI - *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Fig. 1 - Spécimen NMC-11085. Moulage d'un fragment de bord antérieur, en forme de rostre, de bouclier céphalique. Détail de l'ornementation de surface (couche superficielle) de l'exosquelette; il est probable que ce que l'on voit se rapporte au réseau des canaux intra-aréaux de la base de la couche superficielle. x 6. Gisement : lit de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. Fig. 2 - Spécimen NMC-10647. Fragment de bord antérieur, en forme de rostre, de bouclier céphalique. Sur la partie antérieure, on voit le réseau des canaux intra-aréaux de la base de la couche superficielle, mais vers le bord interne, de petites plages semblent bien montrer la surface de l'ornementation de la couche superficielle. Gisement : comme spécimen de la fig. 1. x 6 (sous liquide). Abréviations : *Cm.ca.*, canaux muqueux circum-aréaux; *tes*, « tesserae » ou plaques polygonales; *ro*, rostre.



DESCRIPTION DU SPÉCIMEN TYPE

La corne est étroite et d'une longueur moyenne de 3,5 cm. Le bord latéral et le bord antérieur sont étroits. L'exosquelette est conservé près du sinus pectoral et près de la chambre oralo-branchiale. La couleur est noire. L'exosquelette est mince. La couche superficielle est conservée dans quelques régions très limitées, encore qu'elle semble être discontinue. Mais la plus grande partie de la surface de l'exosquelette est au niveau du réseau des canaux intra-aréaux, par conséquent peut-être à la base de la couche superficielle, mais certainement dans la couche moyenne. On peut noter (détail d'ornementation, pl. XXI fig. 2) que les canaux intra-aréaux sont disposés d'une façon concentrique, bien que cette disposition particulière tende à s'évanouir quelque peu vers le centre des « tesserae ». En coupe transversale, la corne, vers la moitié de sa longueur, présente une face convexe en vue dorsale et une face horizontale en vue ventrale, tandis que le côté médian est presque vertical, sauf que la ligne verticale est légèrement rentrante à la face ventrale (voir fig. 14B, a, b).

On attribue à cette espèce un spécimen (NMC-10647) qui représente un rostre peu développé et qui forme un angle presque droit. En coupe transversale, le bord latéral, juste en arrière du rostre, a la forme d'un triangle dont le sommet est tourné vers l'extérieur et la base orientée vers le bouclier céphalique (cf. fig. 14, B, c). Une coupe mince dans ce spécimen (pl. XVI, fig. 2) est venue corroborer la ressemblance qui existe entre l'ornementation superficielle de ce spécimen et celle du spécimen-type de la corne. Même ressemblance aussi avec le spécimen NMC-11085 (pl. XVI, fig. 1) qui est un fragment de bord antérieur avec angle rostral.

Deux spécimens de fragments de boucliers céphaliques sont aussi attribués à cette espèce et viennent compléter sa description. Le spécimen NMC-11010 (pl. XVIII, fig. 4) est un fragment de bouclier céphalique qui représente toute la partie antérieure (et médiane) aux orbites, mais sans les bords antérieur et latéral. Toutefois, la partie antérieure du bouclier céphalique a une forme anguleuse où l'on verrait très bien s'adapter un bord antérieur en forme de rostre à angle droit tel que décrit plus haut. Par contre, le spécimen NMC-11013 (pl. XVIII, fig. 5) est un fragment de bouclier céphalique dont la partie antérieure est absente, mais où la partie postérieure, depuis la fosse circum-nasale (*fs.cn.*) jusqu'à l'extrémité de la crête dorsale, est conservée. Dans les deux cas, les orbites sont beaucoup plus longues que larges, dans un rapport de 1,6 cm. Dans les deux cas, également, on constate un anneau sclérotique bien développé autour des orbites. Le milieu de la longueur des orbites coïncide avec la plaque pinéale. Si l'on prend ce point comme repère, alors les orbites sont situées à peu près à la moitié de la ligne médiane antéro-postérieure du bouclier céphalique, mais avec décalage de 2 à 3 mm vers le bord antérieur.

La fosse circum-nasale a la forme d'un triangle dont le sommet pointe vers l'avant et la base vers l'arrière, près de la plaque pinéale. L'orifice pinéal a laissé une nette empreinte, mais on ne peut déterminer sa forme exacte. Les orifices naso-hypophysaires sont réunis par une fente (*fe. hy.*); l'orifice nasal s'ouvre au sommet d'une élévation pyramidale, tandis que l'orifice hypophysaire s'ouvre à l'extrémité antérieure de la fente hypophysaire (*fs.hy.*).

Le champ sensoriel dorsal est relativement étroit et assez long, dans un rapport de longueur de 2,5 cm contre 2,8 cm pour la crête dorsale. La forme et la dimension de la partie interzonale (*p. iz.*) est hypothétique. Par contre, le sinus pectoral semble être plutôt étroit, à en juger par le spécimen 11041 (pl. XVII, fig. 2). Une reconstitution est donnée à la fig. 14A.

L'exosquelette : Si l'on considère plusieurs spécimens de cette espèce, on constate qu'à l'oeil nu, la surface de l'exosquelette est lisse. Sous la loupe, on voit que les restes d'exosquelette avec la couche superficielle en place sont rares. Le plus souvent, on est au niveau du réseau des canaux intra-aéreaux dans la couche moyenne ou, tout au plus, à la base de la couche superficielle. Une douzaine de lames minces ont été pratiquées sur des cornes à la moitié de leur longueur, en sorte qu'on a jamais pu mettre en évidence les canaux muqueux circum-aréaux. En tout cas, là où la couche superficielle est conservée, en particulier sur les cornes, elle présente un aspect poreux à des grossissements de 6 à 10. Ce sont des pores très petits entre lesquels s'entrelacent de petites crêtes plus ou moins sinueuses, courtes et discontinues. En ce sens, on peut dire que la couche superficielle est discontinue. La lame mince dans la corne du spécimen 11095 (pl. XIV, fig. 1) montre que ces crêtes appartiennent bien à la couche superficielle à cause des tubules caractéristiques de dentine qui les envahissent (mésodentine, d'après Orvig 1966).

DISCUSSION

Plus d'une centaine de spécimens de cette espèce proviennent de l'horizon de schiste de la zone 6A. La plupart de ces spécimens sont des cornes reliées à une partie du bord latéral. On compte aussi une dizaine de fragments de boucliers céphaliques. L'exosquelette est mince, beaucoup plus mince que celui de *C. westolli* Russell. De plus, la surface de l'exosquelette présente de fines crêtes entourant des pores beaucoup plus petits que ceux de *C. westolli*. La longueur de la corne est d'une constance remarquable : 3,5 cm de son extrémité à la hauteur du sinus pectoral, alors que les cornes de *C. westolli* et *C. campbelltonensis* Whiteaves ont une longueur de 5 cm respectivement. Le bord latéral du bouclier céphalique est étroit et, en coupe transversale, il présente une forme triangulaire, alors que chez *C. westolli*, le bord latéral est beaucoup plus large et présente une forme ovale. Enfin, *C. peninsulae* possède un rostre sur le bord antérieur, mais un rostre beaucoup moins prononcé que chez *C. campbelltonensis*. Par contre, le bord antérieur de *C. westolli* est parfaitement ovale.

Enfin, tous les spécimens (une centaine) attribués à *C. peninsulae* proviennent de l'horizon de schiste de la zone 6A, à l'exclusion de tout autre horizon fossilifère. Alors qu'un certain nombre de *C. westolli*, particulièrement abondants dans le lit de «mudstone» de la zone 1 (D'Aiguillon), ont été trouvés dans les horizons de schiste des zones 6A et 6B, inversement, on aurait pu s'attendre à trouver *C. peninsulae* dans les horizons des zones 1 et 6B. Il n'en est rien. Pour le moment donc, *C. peninsulae* est stratigraphiquement spécifique à l'horizon de schiste de la zone 6A (Pageau, 1968).

Quelques espèces de *Cephalaspis* de la Grande-Bretagne et du Spitzberg possèdent un bord antérieur qui forme un rostre à angle droit assez similaire à celui de *C. peninsulae*. *C. apicalis* Stensiö (Stensiö, 1927) est une espèce créée à partir d'un rostre seulement. Comme Stensiö note que l'exosquelette n'est pas conservé, il n'existe vraiment aucune base solide de discussion. *C. acutirostris* Stensiö (1932) possède un rostre développé qui ressemble davantage à *C. campbelltonensis* qu'à *C. peninsulae*.

Du Spitzberg, Wängsjö (1952) a décrit au moins cinq espèces possédant un rostre très ressemblant à celui de *C. peninsulae*, ce sont: *C. acuminata* (maintenant, *Pattenaspis acuminata*) (Stensiö, 1964), *C. deltoïdes*, *C. eurhynchus*, *C. foyni*, *C. heintzi* (Wängsjö, 1952). Mais toutes ces espèces possèdent entre autres choses, un caractère qui les distingue de *C. peninsulae*, à savoir des petites dents du côté médian des cornes.

PLANCHE XVII — Fig. 1 — *Cephalaspis ?campbelltonensis* Whiteaves. Spécimen NMC-10712. Corne en vue dorsale montrant l'extension du champ sensoriel dorsal (*csd*). Près du sinus pectoral, on observe trois grandes plaques polygonales (pour détail, voir pl. XXI, fig. 1). Fig. 2 — *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Spécimen NMC-11041. Corne et bord latéral en vue ventrale, montrant le contour de la chambre oralo-branchiale (*ch. or. br.*) (pour détail de l'ornementation, voir pl. XXI, fig. 2.) Fig. 3 — *Cephalaspis sydenhami* n. sp. Spécimen NMC-11051. Corne et bord latéral en vue ventrale, montrant le contour de la chambre oralo-branchiale (*ch. or. br.*); (pour détail d'ornementation, voir pl. XX, fig. 3.) Fig. 4 — *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Spécimen NMC-10723. Corne et bord latéral en vue ventrale. Pour détail d'ornementation, voir pl. XXI, fig. 3. Fig. 5 — *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Spécimen NMC-11040. Corne et bord latéral en vue ventrale. Pour détail d'ornementation, pl. XX, fig. 1. Fig. 6 — Spécimen NMC-11039. Corne et bord latéral en vue ventrale de *Cephalaspis peninsulae*, n.sp. Fig. 7 — *Cephalaspis westolli* Russell. Corne et bord latéral en vue ventrale. Noter que le bord latéral est plus large que celui de *C. peninsulae* et la corne beaucoup plus longue. Gisement: tous les spécimens de cette planche proviennent du lit de schiste de la zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. Tous: x 1.

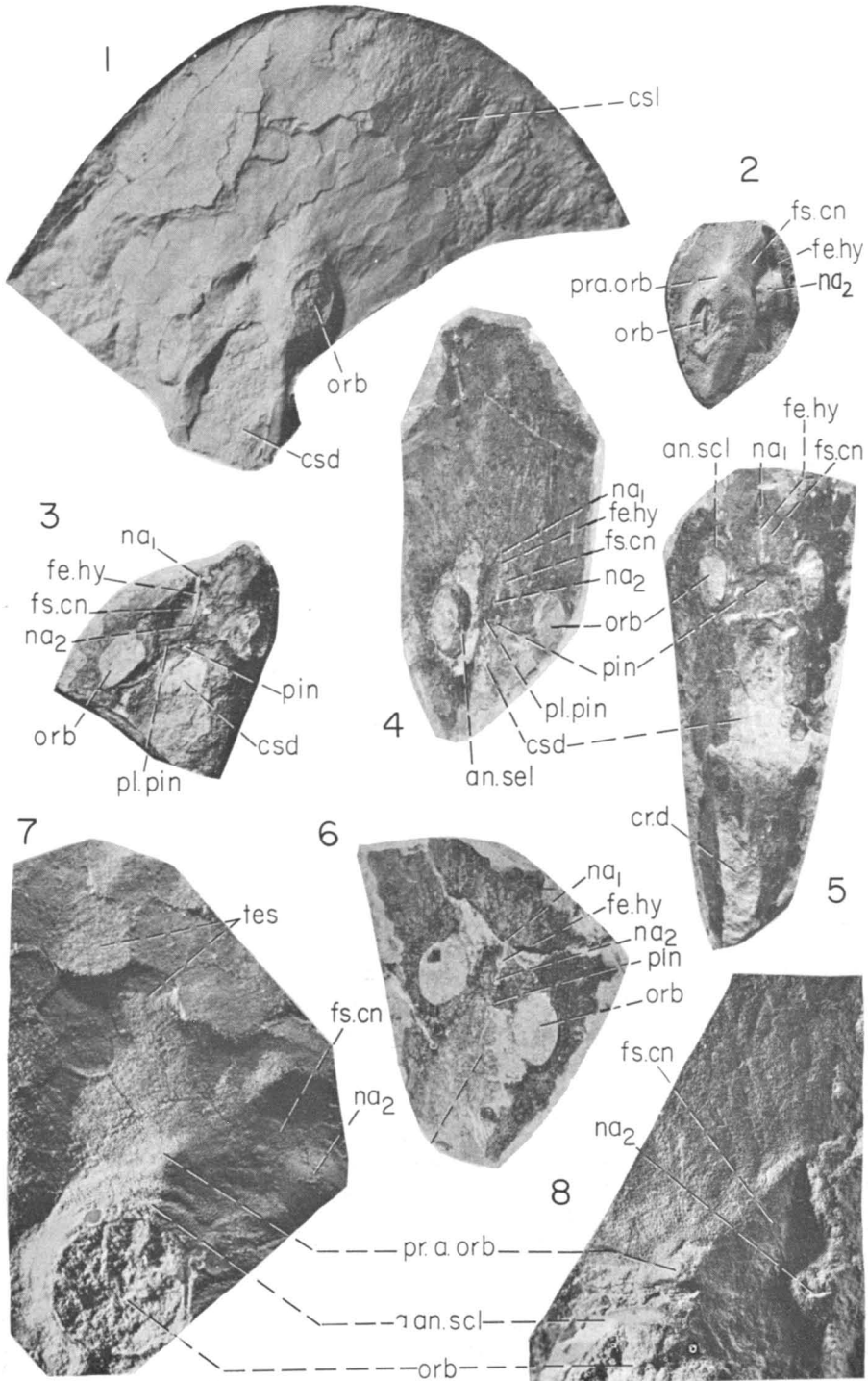


Pour terminer, nous donnons une liste des principaux spécimens de *Cephalaspis peninsulae* n. sp. qui proviennent tous et exclusivement de l'horizon de schiste de la zone 6A. Les numéros sont du Musée National du Canada (NMC). La plupart des spécimens représentent des cornes avec des parties plus ou moins importantes de bord latéral et, à l'exception de 4 spécimens, toutes ces cornes mesurent 3,5 cm de longueur de leur extrémité à la hauteur du sinus pectoral.

NMC – 10715, 10721, 10722, 10726, 10734, 10735, 10730, 11076, 10727, 11077, 10753, 11038, 11044, 11045, 11046, 11047, 11053, 10978, 11057, 11058, 11062, 11056, 11063, 11066, 10793, 10794, 10788; fragments de bords latéraux : 11090, 11094, 11096, 10833.

PLANCHE XVIII – Fig. 1 – *Cephalaspis sydenhami* n. sp. Spécimen-type NMC-10692. Moulage d'empreinte d'une partie de bouclier céphalique en vue dorsale. Gisement : lit de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 1. Fig. 2 – *Cephalaspis westolli* Russell. Spécimen NMC-10789. Moulage d'une région orbitale en vue dorsale avec la surface d'ornementation. Gisement : lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon, formation Battery Point. x 1. Fig. 3 – *Cephalaspis* sp. Spécimen NMC-10874. Partie de bouclier céphalique en vue dorsale, montrant les orbites, la région naso-hypophysaire et le champ sensoriel dorsal (*csd*). Gisement : comme le spécimen de la fig. 1. x 1. Fig. 4 – *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Spécimen NMC-11010. Partie antérieure et médiane d'un bouclier céphalique dont l'exosquelette est complètement disparu sauf quelques fragments sur les anneaux sclérotiques (*an. scl.*). Gisement : comme le spécimen de la fig. 1. x 1. Fig. 5 – *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Spécimen NMC-11013. Partie postérieure et médiane de bouclier céphalique en vue dorsale, puis l'extrémité antérieure de la fosse circum-nasale (*fs.cn.*) jusqu'à la partie postérieure de la crête dorsale (*cr. d.*), avec en place quelques restes de la couche basale de l'exosquelette. Gisement : comme pour le spécimen de la fig. 1. x 1. Fig. 6 – Spécimen NMC-11012. Partie de bouclier céphalique, région orbitale, en vue dorsale. Gisement : comme le spécimen de la fig. 1. x 1. Fig. 7 – *Cephalaspis sydenhami* n. sp. Spécimen NMC-10820. Moulage d'un fragment de bouclier céphalique montrant les plaques polygonales (« tesserae ») disloquées qui semblent être caractéristiques de cette espèce et la surface de l'ornementation finement granulée. Gisement, comme à la fig. 1. x 3. Fig. 8 – *Cephalaspis* sp. Spécimen NMC-11011. Détail d'un fragment de bouclier céphalique en vue dorsale, région orbitale et naso-hypophysaire. Gisement, comme pour fig. 1. x 3.

Abréviations : *an. scl.*, anneau sclérotique; *cr. d.*, crête dorsale; *csd*, et *csl*, champs sensoriels dorsal et latéral; *fe. hy.*, fente naso-hypophysaire; *fs. cn.*, fosse circum-nasale; *na₁*, orifice hypophysaire; *na₂*, orifice nasal proprement dit; *orb.*, orbite; *pin.*, orifice pinéal; *pr. a. orb.*, proéminence antéro-orbitaire; *tes.*, « tesserae » ou plaques polygonales.



En résumé, voici les différents types de « *Cephalaspis* » trouvés à la zone 6A, principalement dans l'horizon de schiste.

- « *Cephalaspis* »
peninsulae n. sp. (un grand nombre de spécimens) (voir la liste ci-haut.).
- « *Cephalaspis* »
sydenhami n. sp. (une dizaine de spécimens appartenant indubitablement à cette espèce et quelques cas douteux).
- C. campbelltonensis* ? Whiteaves (un spécimen, le n° NMC-10712, qui représente une corne).
- « *Cephalaspis* » sp. A (représenté par 3 spécimens).

Un seul spécimen provient de l'horizon de grès sousjacent à l'horizon de schiste, c'est le spécimen 10711 qui représente une corne reliée au bord latéral. La corne est longue (5 cm) et étroite, mais il ne reste rien de l'exosquelette; elle pourrait appartenir à *C. westolli* Russell. Il faut aussi ajouter le spécimen NMC-11308 (fig. 15, 6A et 6B) qui représente (en empreinte seulement) deux bords antérieurs arrondis.

“*Cephalaspis*” *sydenhami* n. sp.

(pl. XVIII, fig. 1, 7; pl. XVII, fig. 3; pl. XX, fig. 3; fig. 15, 1A, 1B, 2, 3, 4, 5).

Spécimen-type : NMC – 10692 (pl. XVIII, fig. 1) : empreinte de bouclier céphalique dont la partie postérieure est absente, associée avec une corne large et relativement courte.

Spécimens complétant la description : NMC – 11051 (pl. XVII, fig. 3, et fig. 15, 2) : un bord latéral et une corne en vue ventrale ; NMC – 11109 (fig. 15, 4), bouclier céphalique incomplet en vue dorsale : NMC – 10710 (fig. 15, 3) (pl. XVIII, fig. 1), corne large et longue de 3,5 cm.

Gisement : les spécimens (une dizaine) attribués à cette espèce proviennent tous de l'horizon de schiste de la zone 6A, Grès de Gaspé, Formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

Nom spécifique : *sydenhami* du nom d'un cours d'eau qui porte le nom de Sydenham sur la rive nord de la Baie de Gaspé (Pageau, 1968, fig. 3).

DESCRIPTION

Cette espèce est caractérisée par les cornes larges et relativement courtes (longueur moyenne de 3,5 cm). Le bord antérieur a une forme ovale douce. Le sinus pectoral est assez large. Le champ sensoriel latéral est large et s'étend vers l'avant jusq'en face de l'orbite.

La surface de l'exosquelette, tout au moins sur la face ventrale, (pl. XVII, fig. 3 et pl. XX, fig. 3) près de la chambre oralobranchiale et postéro-latéralement, possède une ornementation qui se rapproche de celle de *C. peninsulae*,

à petites pores entrelacés de crêtes discontinues et aux contours capricieux. Mais, dans cette région ventrale, les canaux muqueux circum-aréaux semblent se dédoubler, en surface tout au moins, en deux sillons, séparés l'un de l'autre par un renflement de l'exosquelette. Les « tesserae » ne forment pas non plus des polygones réguliers dans cette région. Par contre, les empreintes de boucliers céphaliques en vue dorsale montrent que les plaques polygonales sont grandes. De plus, ces plaques polygonales sont limitées par des canaux muqueux circum-aréaux très ténus, du moins à la surface de l'exosquelette, et elles sont disloquées les unes des autres; un état qui laisse croire qu'elles étaient plus ou moins soudées (cf. pl. XVIII, fig. 1 et 7).

TABLEAU III

Spécimens attribués à "*Cephalaspis*" *sydenhami*,
n.sp., provenant de l'horizon de schiste de la
zone 6A, Grès de Gaspé. Formation Battery
Point, dévonien moyen ancien

No des spécimens	Description
NMC-11109	bouclier céphalique incomplet (fig. 15, 4).
NMC-11009	fragment d'empreinte de bouclier céphalique; champ sensoriel latéral large, « tesserae » disloquées.
NMC-10714	empreinte de fragment de bouclier céphalique; « tesserae » disloquées; champ sensoriel latéral large.
NMC-10820	empreinte de fragment de bouclier céphalique; orbite « tesserae » disloquées (cf. moulage, pl. XVIII, fig. 7).
NMC-10710	corne large, longue de 3,5 cm (cf. fig. 15, 3), associée avec un bord de telson d'Euryptéride.
NMC-10713	corne large, longue de 3,5 cm.
NMC-11050	corne large, longue de 3,5 cm.
NMC-10823 (?)	région orbitale (pl. XIV, fig. 2.)
NMC-11089 (?)	bord antérieur rond (fig. 15, 5).

DISCUSSION

Cette espèce se distingue par une corne relativement courte (3,5 cm) et large à la hauteur du sinus pectoral, alors que la corne de *C. peninsulae*, bien que de même longueur, est étroite à la hauteur du sinus pectoral. Les cornes de *C. campbelltonensis* et *C. westolli* sont étroites et beaucoup plus longues

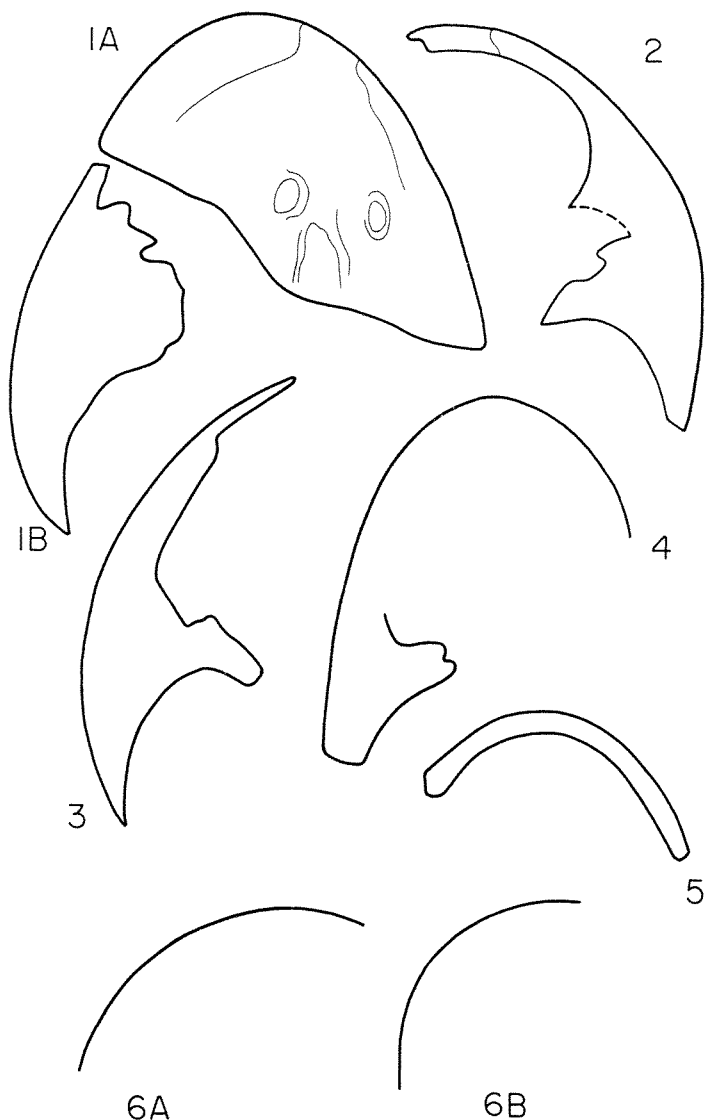


FIG. 15. *Cephalaspis sydenhami* n.sp. (1A-1B) Spécimen NMC-10692. Empreinte d'un fragment de bouclier céphalique dont on a fait un moulage (cf. pl. XVIII, fig. 1) et d'une corne détachée. Spécimen NMC-11051. Face ventrale d'une corne et du bord antérieur (partiel) d'un bouclier céphalique (cf. pl. XVII, fig. 3). Spécimen NMC-10710. Corne et bord latéral antérieur. Spécimen NMC-11109. Contour des bords latéral et antérieur d'un bouclier céphalique. Spécimen NMC-11089. Peut-être *C. sydenhami*? Bord antérieur d'un bouclier céphalique. (6A-6B) Peut-être *Cephalaspis westolli* Russell. Spécimen NMC-11308. Impression du bord externe antérieur de deux boucliers céphaliques.

Gisement : tous les spécimens de cette figure proviennent de la zone 6A, horizon de schiste (sauf le spécimen de la figure 6A, de l'horizon de grès), Baie de Gaspé, Qué., Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien, et ils sont tous de la dimension suivante : x ½.

(5 cm). L'exosquelette est presque aussi mince que celui de *C. peninsulae*, mais les plaques polygonales sont plus grandes que chez *C. peninsulae*. Elle se distingue enfin de *C. dawsoni* Lankester par un bord antérieur arrondi plus fermé, par des cornes plus longues et par ses dimensions plus grandes en particulier par sa largeur qui est de 10 à 11 cm par rapport à 7 cm pour *C. dawsoni* Lankester.

Spécimens attribués à cette espèce (tous de la zone 6A, horizon de schiste).

- NMC - 11109 - bouclier céphalique incomplet (fig. 15,4)
 " 11009 - fragment d'empreinte de bouclier céphalique; champ sensoriel champ sensoriel latéral large, « tesserae » disloquées.
 " 10714 - empreinte de fragment de bouclier céphalique; « tesserae » disloquées; champ sensoriel latéral large.
 " 10820 - empreinte de fragment de bouclier céphalique; orbite; « tesserae » disloquées (cf. moulage, pl. XVIII, fig. 7).
 " 10710 - corne large, longue de 3,5 cm (cf. fig. 15,3), associée à un bord de telson d'Euryptéride.
 " 10713 - corne large, longue de 3,5 cm.
 " 11050 - corne large, longue de 3,5 cm.
 et peut être les spécimens :
 " 10823 - région orbitale (pl. XIV, fig. 2)
 " 11089 - bord antérieur rond (fig. 15. 5)

« *Cephalaspis* » sp. A

À cette espèce provisoire, on attribue trois spécimens qui proviennent de l'horizon de schiste de la zone 6A. L'ornementation de l'exosquelette ressemble beaucoup à celle de *C. westolli* Russell, mais la corne est plus courte (3,5 cm seulement, contre 5 cm pour la corne de *C. westolli*). Une lame mince (coupe transversale) dans la corne du spécimen 11052 (pl. XIX, fig. 1) montre que la couche superficielle ressemble beaucoup à celle de *C. westolli* et que, là où elle apparaît dans la coupe, la couche est envahie par des tubules caractéristiques de la dentine.

Les spécimens provisoirement attribués à cette espèce sont : NMC-11052 (pl. XIX, fig. 1); NMC-10722 (une corne) et NMC-11043 (corne avec bord latéral).

ACANTHODIENS ET SÉLACIENS

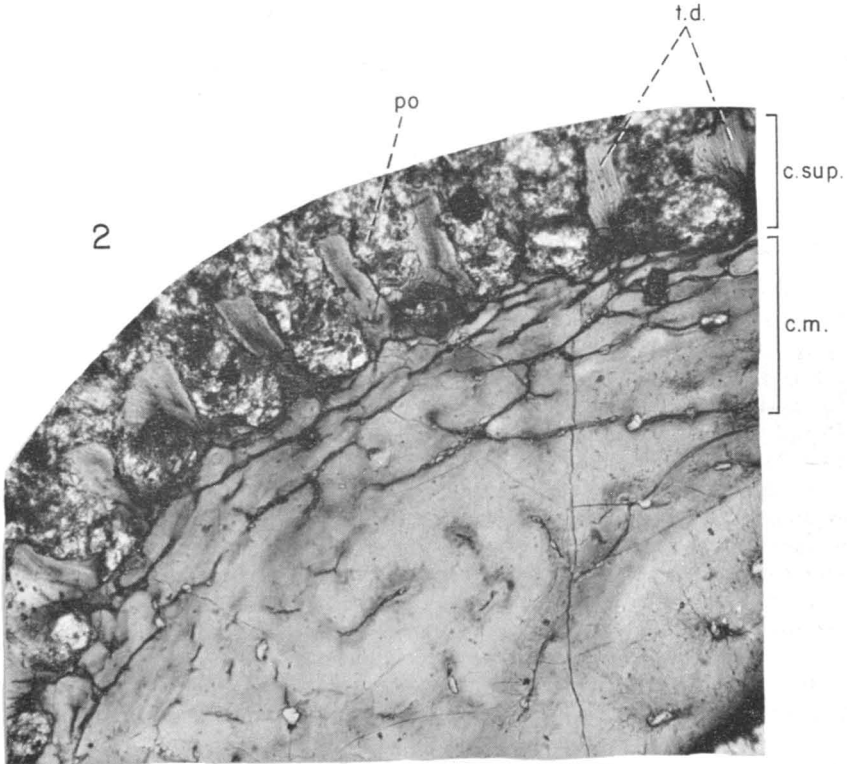
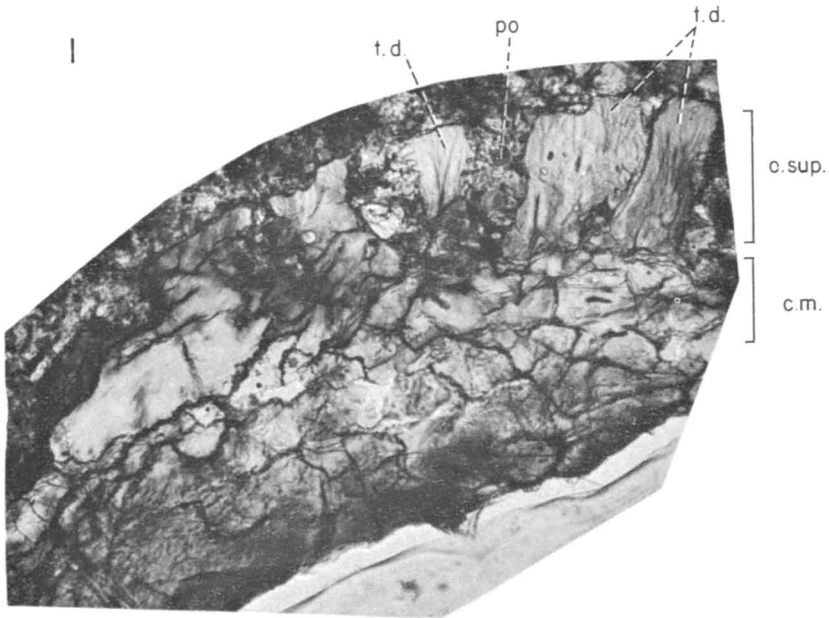
ACANTHODIENS

Les Acanthodiens sont des poissons à petites écailles rhombiques caractéristiques dont on connaît l'existence, au moins par des épines isolées, depuis le silurien supérieur (Stensiö, 1963). De ce fait, ils sont les plus vieux Ver-

tébrés connus à mâchoires véritables. Ils ont atteint leur apogée au dévonien inférieur, mais on les retrouve jusqu'à la fin du carbonifère. Un autre caractère typique des Acanthodiens, en plus des écailles rhombiques, est que leurs nageoires sont supportées par des épines osseuses rigides. Quant au reste, ils possèdent des caractères si disparates qu'on les a classés tour à tour avec les Téléostéens, les Élasmobranches et même avec les Placodermes pour former le groupe des Aphétohyoïdes (Watson, 1938). Souvent aussi, les épines isolées ont été classées dans un groupe spécial, les Ichthyodorulites (Woodward, 1891) surtout quand on doutait de leur appartenance soit aux Élasmobranches, soit aux Téléostéens. La tendance générale aujourd'hui, — surtout depuis que le concept de l'aphétohyoïdie s'est révélé sans fondement sérieux, — est de les considérer comme faisant partie d'une classe propre. C'est l'opinion de Miles (1966) par exemple et de Heyler (1968). En 1945, Romer, en faisait un ordre de la classe des Placodermes. En 1966, il les met au rang de sous-classe (avec point d'interrogation) dans la classe des Osteichthyes.

Si la position systématique de tout le groupe fait difficulté, elle le fait également à l'intérieur même du groupe. Miles (1966) présente une nouvelle classification qui distingue des ordres, des sous-ordres et des familles, mais il ne discute pas la classification au niveau du genre et de l'espèce. La difficulté majeure qui se présente pour l'établissement d'une classification des Acanthodiens aux niveaux générique et spécifique est due au fait que de nombreux fossiles ne sont représentés que par des épines isolées à partir desquelles on a créé de nombreux genres et espèces. Cette manière de faire ne pouvait qu'engendrer la confusion, d'autant qu'on sait que certains Élasmobranches primitifs portaient des épines sur la tête (v.g. *Pleuracanthus*) dont la ressemblance avec les épines d'Acanthodiens est troublante quant à la forme externe et quant à la structure osseuse.

PLANCHE XIX — Fig. 1 — *Cephalaspis* sp. A. Spécimen NMC-11052. Lame mince (transversale) dans une corne à la hauteur du sinus pectoral, côté ventral. La couche superficielle (c. sup.) semble être discontinue, elle est tout simplement trouée de pores (po.) de sorte qu'entre les pores, (po.) la couche superficielle se présente, en lame mince, sous forme de tubercules, envahis de tubules (t.d.) caractéristiques de la dentine. Les canaux vasculaires sont écrasés et méconnaissables. Gisement : lit de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 100. Fig. 2 — *Cephalaspis peninsulæ* n. sp. Spécimen NMC-11095. Lame mince (transversale) dans une corne près du bord latéral. Remarquer que les tubercules sont envahis de tubules caractéristiques de la dentine (t.d.) et qu'ils sont plus petits que ceux du spécimen de la fig. 1. ci-dessus et ceux des spécimens de *C. westolli* (pl. XIII, fig. 1 et 2). x 100. Gisement : identique à celui de la fig. 1.



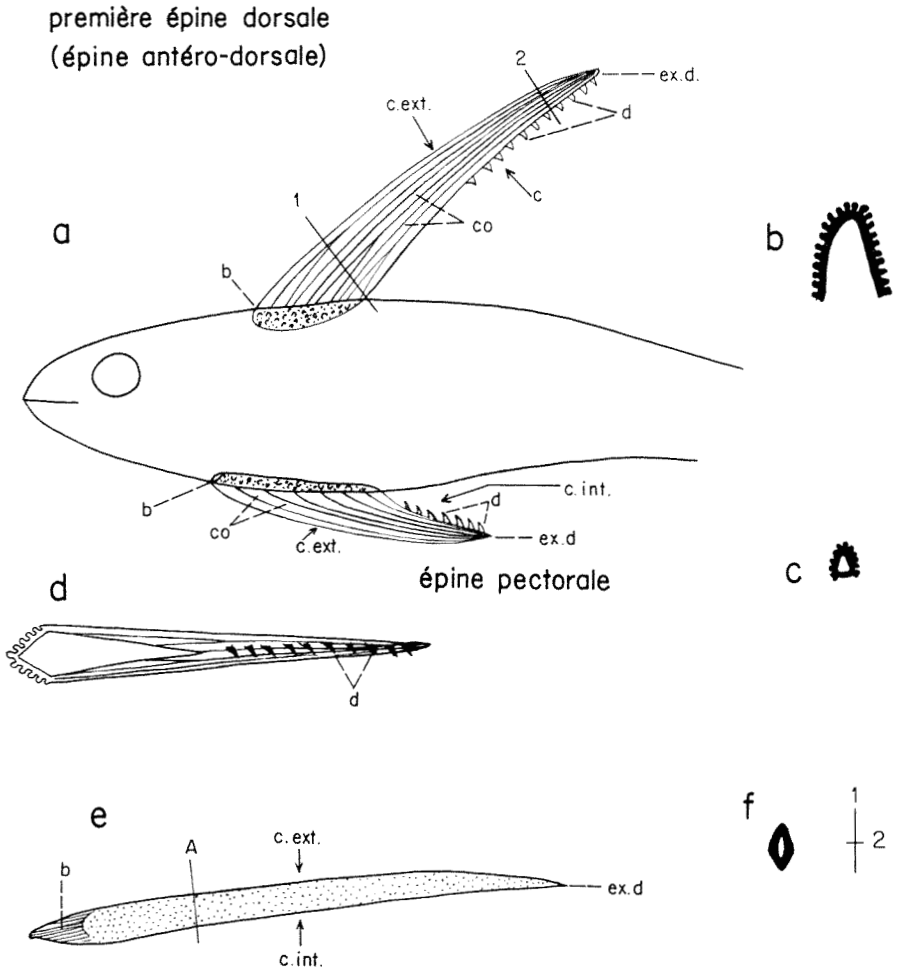


FIG. 16. *Climatius latispinosus* (Whiteaves) ?*Tenacanthus* ? *ornatus* Agassiz. a) schéma hypothétique de corps de poisson avec, en place, la position de l'épine antéro-dorsale (première épine dorsale) et de l'épine pectorale (d'après les spécimens des fig. 1 à 5 et 10, pl. XXII). b) coupe transversale, en 1 — (près de l'extrémité proximale), qui montre bien l'ouverture du côté interne; cette ouverture est fonctionnelle, car elle fournit à l'épine qui est ainsi à cheval sur le dos du poisson, une solidité que la base d'insertion, peu profonde, ne peut assurer complètement, en lui évitant tout glissement latéral, mais en lui permettant une grande liberté pour tous les mouvements antéropostérieurs. c) coupe transversale en 2 — (près de l'extrémité distale); ici, le côté interne est complètement fermé; d'ailleurs, l'ouverture n'a plus de raison fonctionnelle à cette extrémité. d) vue interne de l'épine montrant l'extension de l'ouverture. e) épine en vue latérale. f) coupe transversale en A où l'axe — 1 — est le plus long, car il passe du côté externe au côté interne; l'axe — 2 — est le plus court, car il passe de part en part des côtés latéraux.

Abréviation : *b*, base d'insertion dans le corps (extrémité proximale); *c.ext.* côté externe (ou dorsal) de l'épine (i.e. côté opposé au corps); *c.int.* côté interne (ou ventral) de l'épine (i.e. côté faisant face au corps); *co*, côtes; *d*, dents. Tous les spécimens ici sont de la dimension suivante : $\times \frac{3}{4}$.

Or, justement, la faune d'Acanthodiens de la présente collection n'est représentée que par des épines isolées, en assez grand nombre il est vrai, et par quelques rares écailles. En conséquence, nous n'avons pas jugé bon de créer de nouveaux genres ou de nouvelles espèces, d'abord pour ne pas ajouter à la confusion, mais surtout parce que les différents types qu'on y rencontre sont très ressemblants, voire même identiques, avec des genres et espèces déjà décrits dans le passé. Il s'agit des espèces qui proviennent de l'affleurement des Grès de Gaspé (dévonien inférieur) de Campbellton, N.B., Canada, sauf pour *Machaeracanthus ? sulcatus* Newberry (Lankester, 1870), qui provient des Grès de Gaspé affleurant sur les rives de la baie de Gaspé, Québec. Nous avons déjà donné la faune d'Acanthodiens de Campbellton et, pour fins de comparaisons, celle d'Escuminac (Assises inférieures du dévonien supérieur, Baie des Chaleurs, Québec, Pageau, 1968). Voici donc la description des principaux types de la présente collection.

Climatius latispinosus (Whiteaves)

(Pl XXII, fig. 1-5 et 10 ; pl. XXIV, fig. 1A, 1B ; écailles, pl. XXV, fig. 1 et 2 ; et fig. 16, a-d)

Gardiner (1966) rappelle que cette espèce a d'abord été décrite sous le genre *Ctenacanthus* et note que le type est une épine, conservée au Musée National du Canada sous le n° NMC-3242a, qui provient de la rive sur la rivière Restigouche, à un demi-mille à l'ouest de Campbellton, Nouveau-Brunswick, dans des lits d'argile du dévonien inférieur. Whiteaves (1888) donne quelques figures d'épines de cette espèce et dit : « *Surface marked on each side by from 15 to 20 longitudinal ribs which swell out at regular interval of about one of a line apart, into subangular, equidistant nodes* »

Cette espèce est représentée dans la présente collection par une quarantaine de spécimens, tous des épines, qui proviennent en totalité du gisement de la zone 6A, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. La plupart des spécimens proviennent de l'horizon de schiste non feuilleté à grains grossiers, tandis que quelques-uns ont été extraits de l'horizon de grès sous-jacent, d'abord à grains fins au contact du schiste, puis à gros grains quelques centimètres plus bas. Il est intéressant de noter que des écailles isolées sont associées avec les spécimens d'épines qui proviennent de l'horizon de grès, mais jamais — à moins que cela ait échappé à notre observation, — de l'horizon de schiste. Un fragment d'épine de cette espèce a été trouvé dans le lit Z de la zone 6A.

DESCRIPTION

La surface extérieure des épines porte des côtes longitudinales très marquées, ornementées de « noeuds », eux-mêmes pourvus de petites côtes bifurcantes en direction de l'extrémité proximale (pl. XXII, fig. 10), noeuds qui

rappellent les petites écailles rhombiques caractéristiques du corps des Acanthodiens et de quelques paléonisciformes comme *Cheirolepis canadensis* (Whiteaves) (Lehman, 1947).

Ces noeuds sont particulièrement développés et bien ornements à l'extrémité proximale, alors qu'ils s'amenuisent et deviennent presque lisses à l'extrémité distale. Bien qu'une vingtaine de lames minces aient été pratiquées sur une dizaine de spécimens, il n'a jamais été possible de mettre en lumière aucun de ces noeuds, ni savoir par conséquent, s'ils étaient d'une structure osseuse différente de la côte qui les supportent. En fait, les lames minces (pl. XXIV, fig. 1A, 1B) suggèrent une structure osseuse uniforme pour les côtes comme

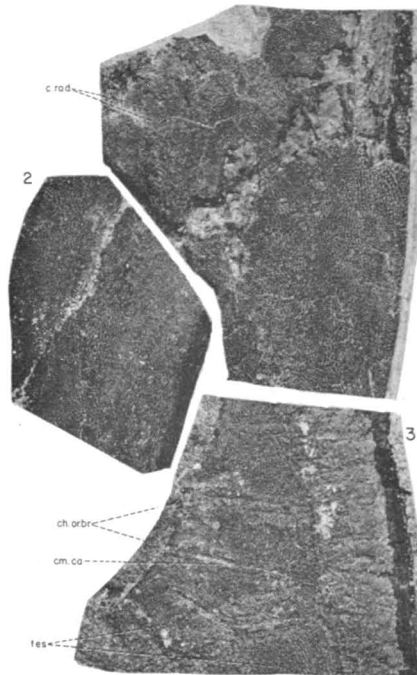


PLANCHE XX — *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Fig. 1 — Spécimen NMC-11040. Détail de l'ornementation près du sinus pectoral d'une corne et d'un bord latéral (voir pl. XVII, fig. 5). Noter la disposition concentrique des canaux intra-aréaux (*c. ita.*) dans la couche superficielle et les canaux radiaires (*c. rad.*) de la couche moyenne. Gisement : lit de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 2 (sous liquide). Fig. 2 — Spécimen NMC-11065. Même situation qu'en figure 1 et même gisement. x 2 (sous liquide). Fig. 3 — Spécimen NMC-11051. *Cephalaspis sydenhami* n. sp. Détail d'ornementation près du sinus pectoral et de la chambre oralo-branchiale (*ch. or. br.*) (postéro-latéralement), en vue ventrale. Noter la forme irrégulière des « tesserae » (*tes.*) dans cette région ventrale; les canaux muqueux circum-aréaux (*cm.ca.*) forment un renflement bordé, de chaque côté, par un sillon. Gisement : comme à la fig. ci-dessus. x 2 (sous liquide).

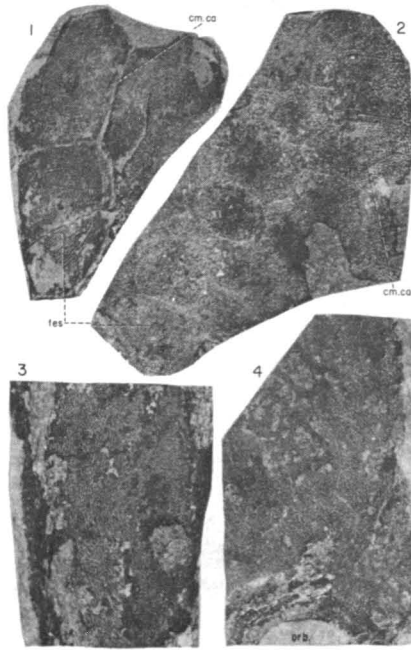


PLANCHE XXI – Fig. 1 – *Cephalaspis ?campbelltonensis* Whiteaves. Spécimen NMC-10712. Détail d'une corne (cf. pl. XVII, fig. 1), vue dorsale, près du sinus pectoral. Noter la disposition concentrique du réseau des canaux intra-aréaux (*c. ita.*) suggérant une croissance concentrique et centrifuge à partir d'un centre à l'instar des écailles cyclomoriales; « les tesserae » (*tes.*) sont particulièrement grandes, en cette région. Gisement : lit de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. x 2. (sous liquide). Fig. 2 – *Cephalaspis peninsulae* n. sp. Spécimen NMC-11041. Détail d'ornementation d'une corne et d'un bord latéral (cf. pl. XVII, fig. 2). Gisement : le même que pour le spécimen de la fig. 1 ci-dessus. x 2 (sous liquide). Fig. 3 – *C. peninsulae* n. sp. Spécimen NMC-10723. Détail d'ornementation de corne près du sinus pectoral (cf. pl. XVII, fig. 4). Gisement : le même que pour le spécimen de la fig. 1 ci-dessus. x 2 (sous liquide). Fig. 4 – *Cephalaspis* sp. (*C. ? peninsulae* n. sp.) Spécimen NMC-11011. Détail d'ornementation, fragment de bouclier céphalique, partie antérieure à l'orbite gauche. Gisement : le même que pour le spécimen de la fig. 1 ci-dessus. x 2 (sous liquide).

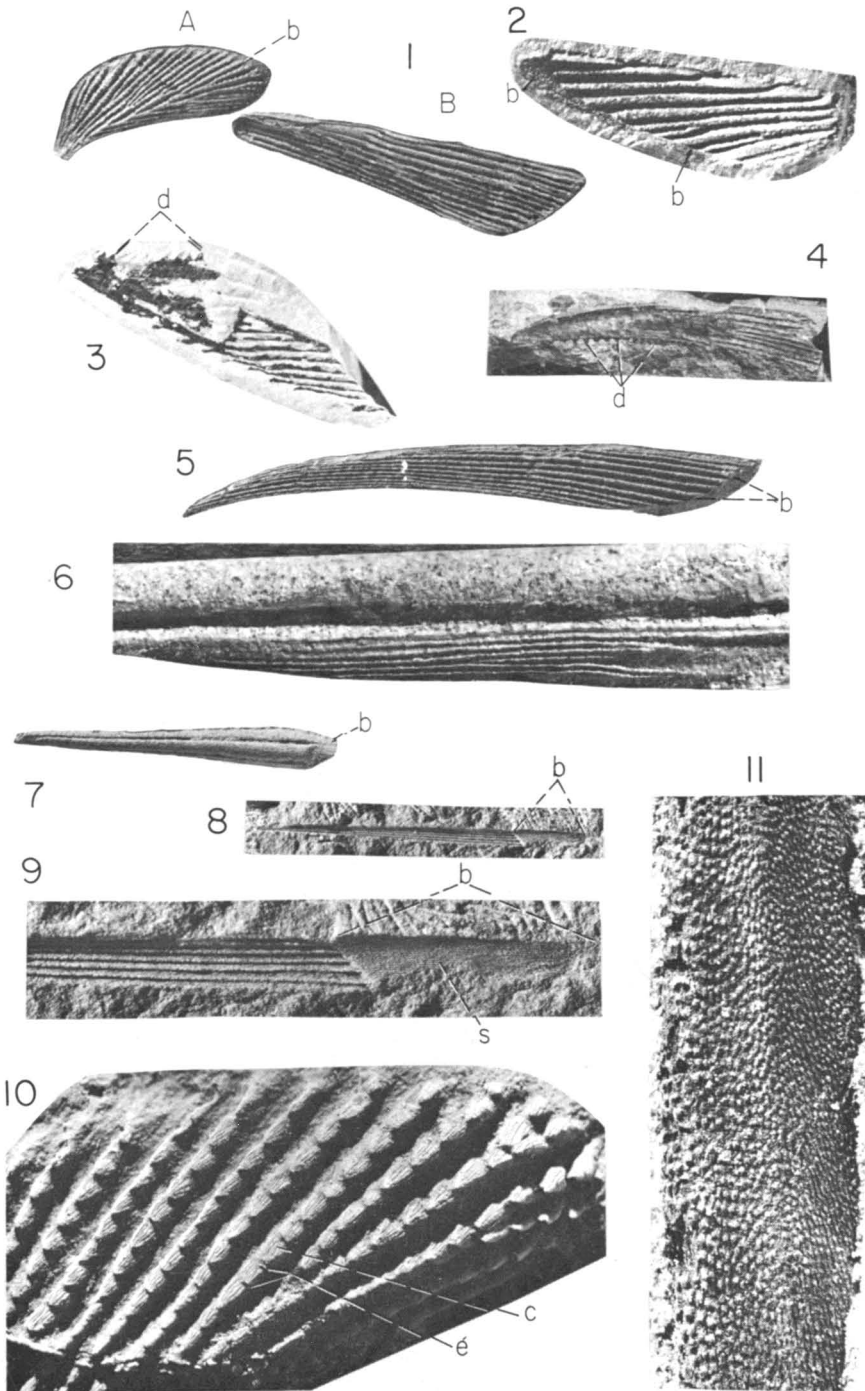
pour la base à laquelle elles sont toutes reliées et fondues en une seule masse osseuse continue. Pourtant, il est intéressant de noter que ces noeuds ressemblent beaucoup aux écailles quant à leur forme et à leur ornementation superficielle et cela, particulièrement près de la base d'insertion de l'épine dans le corps. Cette ressemblance plus étroite à proximité du corps suggère donc une modification à partir des vraies écailles individualisées qui recouvrent le corps, mais une modification qui n'a pas atteint celle que l'on trouve sur les rayons dermiques des nageoires de poissons comme les Crossoptérygiens et les Paléonisciformes primitifs comme *Cheirolepis* ou même les Téléostéens

plus récents. A l'appui de cette hypothèse, il faut noter que ces noeuds sont plus nombreux, plus nettement ornementés et recouvrent une plus grande longueur des côtes sur les épines que nous interprétons comme étant des épines pectorales (pl. XXII, fig. 1A, 2, et 10), dont la base d'insertion n'est pas profonde dans le corps, mais très large. D'autre part sur les épines que nous regardons comme des épines antéro-dorsales (première épine dorsale) et dont la base n'est pas large, mais par contre plus profonde, les noeuds sont déjà lisses à un centimètre de distance de la base, pour des épines qui ont une longueur de 6 à 8 centimètres (pl. XXII, fig. 1B et 5).

Une autre caractéristique de cette espèce est le nombre de ses côtes. Whiteaves (1888) parle de 15 à 20 côtes sur chacun des côtés, mais les plus grosses épines de notre collection n'en présentent que 15 au maximum. Cela est dû sans doute au fait qu'on peut rarement voir celles qui se trouvent du côté externe (côté opposé au corps, voir fig. 16). De plus, il est évident que c'est à la base d'insertion que l'on compte le plus grand nombre de côtes en raison du phénomène de dichotomie observé dans la région de l'extrémité proximale. En conséquence, selon que les côtes bifurquent ou non, le nombre

PLANCHE XXII — *Climatius latispinosus* (Whiteaves). Fig. 1 — Spécimen NMC-10748 (Moulage); A — épine pectorale; B — -épine antéro-dorsale (première dorsale). x 1. Fig. 2 — Spécimen NMC-11303. Empreinte d'épine pectorale, montrant la base d'insertion (*b*) longue, mais peu profonde. x 2. Fig. 3 — Spécimen NMC-11302. Impression d'os d'épine pectorale, montrant de petites dents (*d*) depuis le milieu de l'épine jusqu'à l'extrémité distale du côté interne (côté du corps) (sous liquide). x 2. Fig. 4 — Spécimen NMC-10732. Impression d'os d'épine antéro-dorsale dont l'extrémité proximale et la base manquent. Noter les petites dents depuis le milieu de l'épine jusqu'à l'extrémité distale du côté interne (côté du corps). x 1 (sous liquide). Fig. 5 — Spécimen NMC-11278 (moulage). Une belle épine antéro-dorsale. La base d'insertion est juste un peu plus profonde que celle de l'épine pectorale de la fig. 2. x 1. Fig. 10 — Détail du spécimen de la fig. 1A montrant les côtes recouvertes de « Noeuds » dont l'ornementation rappelle beaucoup les écailles (*é*) d'Acanthodius avec leurs petites côtes bifurcantes. x 6. *Mesacanthus semistriatus* (Woodward). Fig. 6 et 7 — Spécimen NMC-11247. Moulage; épine; fig. 6. x 6; fig. 7, x 1. *Cheiracanthus costellatus* Traquair. Fig. 8 et 9 — Spécimen NMC-11201. Empreinte d'épine; fig. 8. x 1. Fig. 9 — Détail de la même épine montrant la longue base d'insertion marquée de nombreuses stries fines. x 3, 2. Fig. 11 — ?*Ctenacanthus ?ornatus* Agassiz. Spécimen NMC-10937. Détail de l'ornementation superficielle; zone 1. x6. Note : La désignation d'épine pectorale pour les spécimens des fig. 1, 2, 3 et d'épine antéro-dorsale pour ceux des fig. 4 à 9 est une interprétation plausible sans être certaine.

Note : tous les spécimens de cette planche proviennent de l'horizon de schiste de la zone de 6A, formation Battery Point, Grès de Gaspé, dévonien moyen ancien, sauf celui de la fig. 11 qui provient du lit de « mudstone » à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon, de la même formation et du même âge.



de côtes devient très variable. Enfin, certaines épines ne présentent que 7 à 10 côtes à l'extrémité proximale. Il se peut que cela soit dû à des épines qui n'ont pas encore atteint leur pleine croissance. Que la dichotomie qui tend à multiplier les côtes vers la base soit un phénomène de croissance, cela est confirmé par l'absence de noeuds ornementés à l'instar des écailles sur les épines qui n'ont que de 7 à 10 côtes. Une autre explication est que ces spécimens représenteraient des épines dorsales autres que la première dorsale, plus puissante.

Les épines, interprétées comme antéro-dorsales, sont presque droites, ne présentant qu'une légère courbure qui est convexe du côté externe et concave du côté interne (voir fig. 16,a). De plus, en coupe transversale, on observe une large échancrure à l'extrémité proximale du côté interne (voir fig. 16,b) qui s'atténue petit à petit jusqu'à fermeture complète vers le dernier tiers de l'extrémité distale (voir fig. 16,c).

Un dernier caractère digne de mention est la présence de petites dents sur le côté interne depuis l'extrémité distale jusqu'à la moitié de l'épine en direction de l'extrémité proximale voir fig. 16a). Ce caractère se retrouve tant sur les épines interprétées comme épines antéro-dorsales que sur celles interprétées comme pectorales (pl. XXII, fig. 3 et 4).

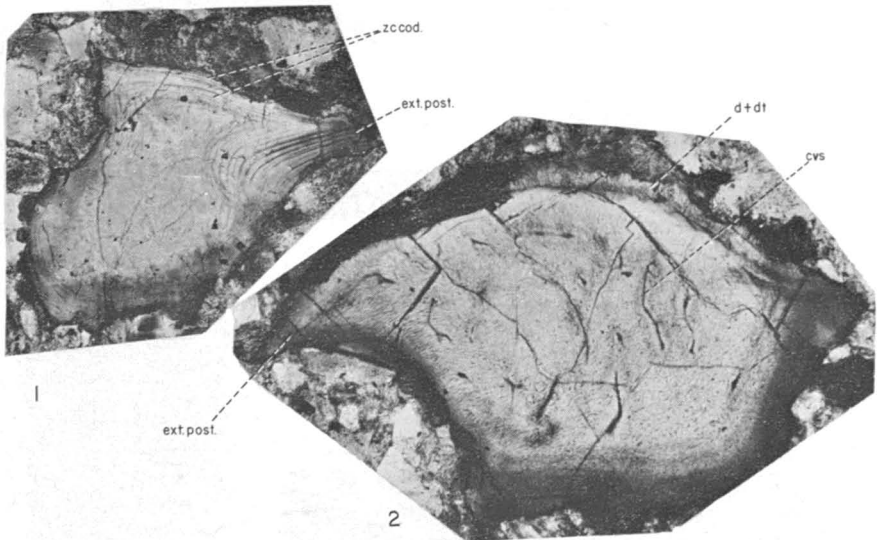


PLANCHE XXIII – Écailles d'Acanthodiens associées à des épines de *Climatius latispinosus* (Whiteaves). Spécimen NMC-11277. Gisement : horizon de grès sous-jacent au lit de schiste de la zone 6A. Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. Fig. 1 – spécimen 11277c : coupe oblique. x 50. Fig. 2 – spécimen 11277a : coupe dans le sens longitudinal. x 80. Abréviations : *d*, dentine; *dt*, tubules de dentine; *cvs*, canal vasculaire sanguin; *ext. post.*, extrémité postérieure de l'écaïlle; *zccod*, zone de croissance dans la couronne de dentine.

On trouvera dans le tableau IV une courte description détaillée de chacun des spécimens conservés au Musée National du Canada. Tous les spécimens proviennent de la zone 6A, soit de l'horizon de grès, soit de l'horizon de schiste au-dessus, sauf pour un spécimen qui provient du lit Z.

TABLEAU IV

Courte description des spécimens de *Climatius latispinosus* (Whiteaves) conservés au Musée National du Canada (NMC) avec leur numéro d'identification et le lieu de leur provenance dans la zone 6A, formation de Battery Point, Grès de Gaspé.

No du spécimen	Horizon de leur provenance	Description du spécimen
NMC 10729	grès	épine dorsale.
NMC 10731	schiste	un côté et son empreinte d'épine dorsale (première ?).
NMC 10732	schiste	fragment d'épine antéro-dorsale avec dents du côté interne. (pl. XXII, fig. 4).
NMC 11079	schiste	fragment d'épine antéro-dorsale avec dents du côté interne.
NMC 11080	grès	comme 11079.
NMC 10736	schiste	fragment.
NMC 10748	schiste	épines pectorale et antéro-dorsale associées (pl. XXII, fig. 1A, et 1B et 10).
NMC 10749	schiste	coupe mince d'épine dorsale (pl. XXIV, figs 1 et 2).
NMC 10750	schiste	fragment d'épine antéro-dorsale.
NMC 10894	grès	fragment. Lit Z.
NMC 11108	grès	épine dorsale; longueur : 3,5 cm; 7-8 côtes; dents du côté interne base d'insertion peu profonde; ornementation des « noeuds ».
NMC 11112	grès	épine antéro-dorsale associée avec telson ? d'Euryptéride.
NMC 11252	schiste	fragment; longueur : 5 cm, 8 côtes; base d'insertion peu profonde.
NMC 11254	schiste	fragment; longueur : 4 cm; 7-8 côtes.
NMC 11276	schiste	épine dorsale montrant la base d'insertion.
NMC 11277	grès	impression d'une belle épine antéro-dorsale; coupes minces.

TABLEAU IV (suite)

No du spécimen	Horizon de leur provenance	Description du spécimen
NMC 11277	grès	coupes minces d'écailles (pl. XXIII, figs 1, 2).
NMC 11278	schiste	épine antéro-dorsale; longueur : 8 cm; 10 côtes (pl. XXII, fig. 5).
NMC 11279	schiste	épine dorsale; longueur ; 6 cm; 18 côtes; dents du côté interne.
NMC 11280	schiste	épine dorsale; longueur : 6,5 cm, 15 côtes; base d'insertion visible.
NMC 11281	schiste	épine dorsale.
NMC 11282	schiste	épine dorsale; longueur : 5.5 cm; 14 côtes.
NMC 11283	schiste	épine dorsale.
NMC 11284	grès	épine dorsale.
NMC 11285	schiste	épine dorsale.
NMC 11286		épine dorsale, fragment; 10 côtes; associée avec deux épines de <i>Mesacanthus semi-striatus</i> .
NMC 11287	schiste	épine dorsale; longueur : 5 cm; 9 côtes.
NMC 11288	grès	épine dorsale; fragment.
NMC 11289	grès	épine dorsale; fragment; 13 côtes.
NMC 11290	grès	épine dorsale; longueur : 5 cm; 14 côtes.
NMC 11291	grès	épine dorsale; fragment.
NMC 11292	schiste	épine dorsale; fragment.
NMC 11293	schiste	épine dorsale; fragment.
NMC 11294	schiste	épine dorsale; fragment, partie distale seulement.
NMC 11295	schiste	épine dorsale; fragment; 13 côtes.
NMC 11296	schiste	épine dorsale; fragment; 13 côtes.
NMC 11297		épine dorsale; longueur, 3,7 cm; 8 côtes.
NMC 11298	schiste	épine pectorale.
NMC 11302	schiste	épine pectorale (pl. XXII, fig. 3).
NMC 11303	schiste	épine pectorale (pl. XXII, fig. 2).
NMC 11304	schiste	épine pectorale.

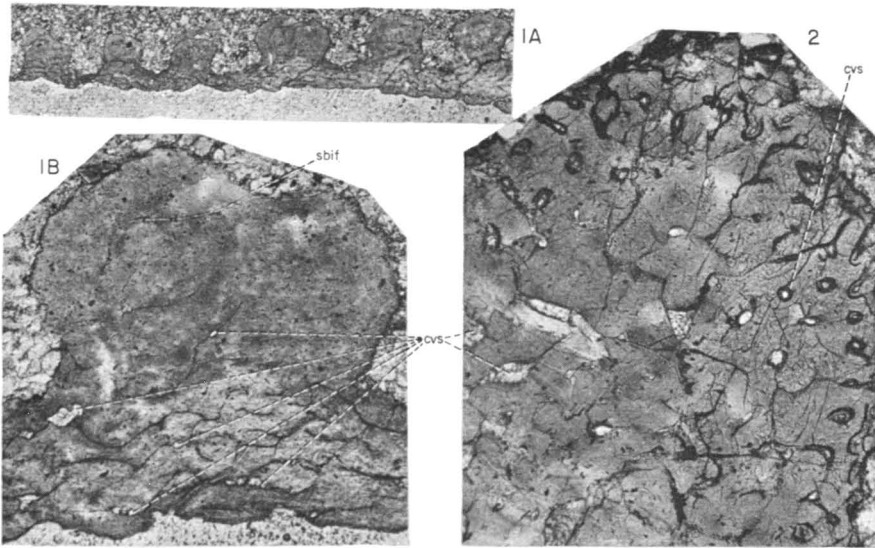


PLANCHE XXIV – *Climatius latispinosus* (Whiteaves). Spécimen NMC-10749. Lame mince (transversale) d'une épine de nageoire. Fig. 1A (x 20) et fig. 1B (x 110) détail de la troisième côte de droite sur la fig. 1A, où l'on voit le commencement d'une bifurcation. Gisement: horizon de grès sous-jacent au lit de schiste de la zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. Fig. 2 – ?*Ctenacanthus ornatus* Agassiz. Spécimen NMC-10905. On distingue des anneaux concentriques autour des canaux vasculaires sanguins (cvs.). Gisement: lit de schiste, zone 6A ... puis comme à la fig. 1 ci-dessus. x 50.

Pour conclure cette description, il est utile de présenter, même sommairement, quelques spécimens du Royal Scottish Museum (RSM) et du British Museum (BMNH) se rapportant à cette espèce et provenant de « Campbellton, New Brunswick, Canada, Lower Devonian ».

RSM-1897-51-67 – épines pectorale et antéro-dorsale associées comme celles du spécimen NMC-10758 (voir pl. XXII, fig. 1)

RSM-1897-51-71 – épine antéro-dorsale ? longueur : 6,5 cm avec dents du côté interne vers l'extrémité distale comme notre spécimen 10732 NMC (pl. XXII, fig. 4).

RSM- 50-55 – une épine pectorale comme celles des spécimens NMC-10748, 11302, 11303 (voir pl. XXII, fig. 1, 2, 3) ; provenance : Scaumenac ; mais cette indication est manifestement une erreur, car l'épine est associée avec un bouclier céphalique de *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves ; de plus, la gangue est bien celle de l'affleurement des Grès de Gaspé à Campbellton.

BB(NH) P.6547 – Une épine antéro-dorsale ; longueur : 7 cm ; 14 côtes à l'extrémité proximale ; phénomène de dichotomie.

Mesacanthus semistriatus (Woodward) (pl. XXII, fig. 6 et 7).

Rappelons que cette espèce a d'abord été désignée sous le genre *Acanthodes* s. Woodward. D'après Gardiner (1966), le spécimen-type de cette espèce est au British Museum, (Nat. Hist.) : BM – p. 6545 et provient de Campbellton, N.B., Canada. Gardiner la place dans l'ordre des Acanthodiformes et la famille des Mesacanthidae.

Woodward (1892b) décrit l'espèce à partir du spécimen-type BM – P.6546. J'ai pu vérifier moi-même ces spécimens au British Museum. Le spécimen P.6545 est une petite épine, longue de 2 cm, marquée sur le côté d'un profond sillon. L'épine est lisse, sauf qu'à l'extrémité proximale, mais juste avant la base, on observe 9 ou 10 côtes très fines sur le côté de l'épine. Enfin, la base d'insertion n'est pas précisément profonde et elle se rétrécit jusqu'à devenir une pointe à son extrémité. La base est marquée de plusieurs petites stries très fines.

Un spécimen de la présente collection se rapportant à cette espèce a été représenté, NMC-11247 (pl. XXII, fig. 6 et 7). Il s'agit d'une épine longue de 4,5 cm, qui porte de chaque côté un profond sillon qui se rapproche de la ligne médiane du côté interne. Juste avant la base, on observe de petites côtes au nombre de 7 ou 8. La base d'insertion porte de nombreuses stries fines et va se rétrécissant jusqu'à son point le plus extrême. Cette épine est franchement plus grande que celle du spécimen-type. On pourrait donc douter qu'elle représente la même espèce, d'autant plus que le spécimen-type ne porte qu'un seul sillon tandis que le nôtre en a deux. A ces objections on peut répondre d'abord, qu'en ce qui concerne les sillons, il faut avoir entre les mains un spécimen dont le côté interne soit bien exposé, car les sillons sont disposés de chaque côté, mais légèrement déplacés vers le milieu du côté interne en sorte que si une épine est à plat sur le côté, un des deux sillons est nécessairement masqué. Deuxièmement, en ce qui concerne les différences de dimensions, il est évident qu'elles peuvent être dues à différents stades de croissance, ou bien représenter des épines différentes, dorsales ou ventrales, antérieures, médianes ou postérieures dont les dimensions relatives sur le même individu peuvent être assez différentes.

En tout cas, au British Museum, le spécimen BM – P.6546 est une épine de 3,5 cm, marquée d'un seul sillon profond et portant 9 à 10 côtes sur les côtés, juste avant la base. Or, ce spécimen, qui a aussi fait l'objet de la description de Woodward (1892b), provient également de Campbellton, N.-B., Canada.

De plus, au Royal Scottish Museum, le spécimen RSM 1897-51-77 est une épine de 5 cm de long, décrite comme *Acanthodes semistriatus* Woodward, de "Campbellton, N.B. Middle Devonian". Deux autres spécimens de la collection du même Museum méritent d'être signalés; le spécimen RSM 1897-51-83 repré-

sente un corps de poisson incomplet et malheureusement écrasé, mais dont les écailles sont visibles et qui porte des épines de longueurs variées (de 1,5 à 2 cm); une de ces épines porte deux gros sillons. Enfin, le spécimen RSM 1897-51-90 est également un corps de Poisson long de 5,5 cm; la plus grosse épine n'est longue que de 1,5 cm. Ces deux derniers spécimens portent le nom d'*Acanthodes semistriatus* Woodward et portent l'étiquette de "Campbellton, N.B., Middle Devonian".

Description rapide des spécimens de la présente collection. Tous les spécimens proviennent des horizons de schiste (s) ou de grès (g) de la zone 6A, à deux exceptions près qui sont d'ailleurs signalées.

- +11247 - s - moulage de l'empreinte d'une épine (voir description au commentaire des fig. 6 et 7), pl. XXII); longueur de l'épine : 4,5 cm.
- 10765 - g - fragment d'épine comprenant l'extrémité distale
- 10818 - - fragment d'épine.
- 10995 - s - (zone 6B) épine : long.: 4 cm; l'extrémité distale manquante; associée avec 10994 et 10996 qui sont des épines de *Cheiracanthus costellatus* Traquair décrites ci-dessous.
- 11191 - - épine douteusement rapportée à cette espèce ; pourrait appartenir à *Cheiracanthus costellatus* Traquair.
- 11238 - s - épine incomplète; longueur estimée: 4 cm.; associée avec une plaque cleithrale antéro-ventrale. (AVL)
- 11245 - g - épine; longueur: 3,5 cm
- 11246 - - épine incomplète
- 11242 - g - épine; longueur: 3 cm;
- 11243 - - fragment d'épine portant des dents à l'extrémité distale; donc, appartient plus probablement à *Cheiracanthus costellatus*.
- 11250 - g - fragment d'épine; l'extrémité proximale est typique de l'espèce
- 11286 - g - épine; longueur estimée: 4 cm; associée avec épine de *Climatius latispinosus* et une orbite de *Cephalaspis*.

Cheiracanthus costellatus Traquair (pl. XXII, fig. 8 et 9).

Gardiner (1966) note que le spécimen-type est conservé au Royal Scottish Museum, RSM - 1897-51-92 et provient de Campbellton, N.B. Canada, "Lower Devonian" (voir aussi Waterston, 1954). La description du type est de Traquair (1893b). J'ai vu personnellement le spécimen-type à Edimbourg; il s'agit d'un corps de poisson très écrasé, avec épines de nageoires pectorale, dorsale et ventrale en place; les écailles portent de petites côtes très fines dont le nombre peut atteindre la vingtaine; la longueur des épines varie entre 3.5 à 5.5 cm; la

largeur se situe entre 2 et 3 mm, le surface des épines est marquée de 5 à 7 côtes (vers le bas) longitudinales et lisses. La base d'insertion dans le corps est profonde et porte de nombreuses petites stries. Un autre spécimen, conservé au même Muséum, RSM 1897-51-93, est une épine d'environ 4 cm de long dont la base d'insertion est profonde et porte aussi de très nombreuses petites stries. La provenance est indiquée vaguement par : "Devonian of Canada". Mais il est clair que ce spécimen provient du gisement de Campbellton. Ceci apparaît par le numéro que porte le spécimen et par la gangue caractéristique de l'affleurement de Campbellton.

De la présente collection, nous représentons ici le spécimen NMC-11201 (pl. XXII, fig. 8 et 9) de l'horizon de schiste de la zone 6A, formation Battery Point, Grès de Gaspé, dévonien moyen ancien. Ce spécimen consiste en une épine d'une longueur de 4,5 cm, dont la surface est marquée de 7 côtes (près de la base) longitudinales lisses, avec une base d'insertion de 1 cm de long. C'est probablement une épine antéro-dorsale. Enfin, l'étude d'autres spécimens a montré que le côté interne offre une ouverture depuis la base jusqu'à la moitié de l'épine en direction de l'extrémité distale, ouverture similaire à celle décrite pour l'épine antéro-dorsale de *Climatius latispinosus* (Whiteaves) (voir fig. 16, d) et dont la fonction doit être également similaire.

Extérieurement, l'épine de cette espèce ressemble à s'y méprendre à certaines épines du genre *Onchus* et particulièrement à *Onchus murchisoni* Agassiz (voir Murchison, 1867). Par contre, l'épine du spécimen représenté ici, ainsi que les épines des spécimens dont on donne la description ci-dessous, correspondent en tous points à la description du spécimen-type de *Cheiracanthus costellatus* Traquair qui provient des Grès de Gaspé de Campbellton. Nous avons donc jugé sage de rapporter nos spécimens à ce genre plutôt qu'à *Onchus*, puisque les spécimens de la présente collection proviennent tous de la formation Battery Point des Grès de Gaspé et que l'identité de genres et d'espèces entre Campbellton et la Baie de Gaspé, a déjà été vérifiée plus haut avec certitude pour *Climatius latispinosus* (Whiteaves) et *Mesacanthus semistriatus* (Woodward).

Une description rapide des spécimens de la présente collection est exposée dans le tableau V. Tous les spécimens proviennent des horizons de schiste ou de grès de la zone 6A, formation Battery Point, Grès de Gaspé, sauf trois spécimens dont la provenance est indiquée.

Whiteaves (1888) note, entre autres choses, que la surface de l'épine est ornementée de 7 côtes longitudinales sur chaque côté, côtes qui sont marquées de stries fines et obliques. De plus, la figure montre de petites dents du côté interne dans la région de l'extrémité distale. Or, le spécimen NMC - 11248 porte aussi de petites dents sur le côté interne. Malheureusement, Gardiner (1966) signale

TABLEAU V

Courte description des spécimens de *Cheiracanthus costellatus* Traquair conservés au Musée National du Canada (NMC) avec leur numéro d'identification et le lieu de leur provenance.

No du spécimen	Provenance	Description du spécimen
NMC 11201	Zone 6A, schiste	spécimen représenté (pl. XXII figs 8, 9).
NMC 10892	Zone 1, mudstone à Cephalaspis d'Aiguillon	2 fragments d'épines.
NMC 10893	Zone 6A, schiste	impression d'épine; 6 côtes longitudinales lisses; base d'insertion avec stries fines et nombreuses.
NMC 10899	Zone 6A, schiste	épine; longueur : 4,5 cm; 5 à 6 côtes lisses.
NMC 10994	Zone 6B, schiste	
NMC 10996	Zone 6B, schiste	deux fragments d'épines; les deux portent 6 côtes lisses; la base d'insertion est marquée de nombreuses stries fines et profondes de 8 mm; l'ouverture du côté interne est bien marquée.
NMC 11191	Zone 6A, schiste	épine; longueur : 3,5 cm; pourrait appartenir aussi à <i>Mesacanthus semistriatus</i> ?
NMC 11243	Zone 6A, schiste	fragment d'épine; longueur estimée : 3 à 5 cm
NMC 11244	Zone 6A, schiste	fragment d'épine; longueur estimée : 3 à 5 cm
NMC 11248 ¹	Zone 6A, schiste	fragment d'épine; dents vers l'extrémité distale pourrait donc appartenir à <i>Climatius latispinosus</i> (Whiteaves).
NMC 11253	Zone 6A, schiste	fragment d'épine; 7 à 8 côtes; base d'insertion 1 cm de long.
NMC 11255	Zone 6A, schiste	fragment d'épine; 6 côtes lisses; base d'insertion : 7 mm de long, marquée de stries fines nombreuses.
NMC 11257	Zone 6A, schiste	fragment d'épine; base manquante; 6 côtes lisses.

1. Il n'est pas impossible que le spécimen NMC-11248 attribué ci-dessus à *Cheiracanthus costellatus* Traquair se rapporte à *Homacanthus gracilis* Whiteaves dont Gardiner (1966) note que le spécimen-type est le no 657-NMC et provient du dévonien inférieur de Campbellton.

que cette espèce n'est pas synonyme avec *Homacanthus gracilis* (Eichward) qui provient du Dévonien moyen d'Europe. Il est même douteux qu'elle appartienne au genre *Homacanthus*. En conséquence, il se peut que nous ayions là une nouvelle espèce et peut-être un nouveau genre. Cependant, à cause du manque de matériel et du doute qui existe quant à la valeur générique et spécifique de *Homacanthus gracilis* Whiteaves, il a semblé préférable de s'y rapporter simplement et de ne pas ajouter à la confusion en créant une nouvelle espèce.

Machaeracanthus

Ce genre est groupé dans les Arthrodires *incertae sedis* par Gardiner (1966), tandis que Romer (1966) le place dans les Acanthodiens *incertae sedis*. Nous adoptons la classification de ce dernier. Le genre est représenté depuis le dévonien supérieur. Lankester (1870) a décrit un fragment d'épine provenant des Grès de Gaspé (Dawson, 1871), sous le nom de *Machaeracanthus sulcatus* Newberry. Ce fragment d'épine dont l'extrémité proximale est absente, a une longueur de 7,5 cm et une largeur de 1,3 cm. L'épine complète pourrait bien être longue de 15 cm et être large de 2 cm dans sa plus grande largeur. Newberry (1889) note que pour les spécimens de cette espèce dans la formation calcaire "Corniferous" 6, la longueur varie entre 10 et 20 cm. Un détail caractéristique de cette espèce est que la surface des côtés latéraux de l'épine est ornée de côtes longitudinales. Newberry (1857a) qui a créé le genre et l'espèce connaissait alors le travail de Lankester (1870) en 1899; or, à cette date, Newberry (1899) ne met pas en doute l'identification faite par Lankester, mais signale que cette espèce a été aussi trouvée dans les Grès de Gaspé.

Quelques spécimens d'épines de la présente collection peuvent être rapportés au genre *Machaeracanthus*, mais aucune de ces épines ne porte les côtes longitudinales caractéristiques de *M. sulcatus* (fig. 17 b et c). Newberry (1857a, 1857b et 1889) a décrit trois espèces de *Machaeracanthus* : *M. sulcatus*, *M. major*, *M. peracutus* Newberry dont nous reproduisons les coupes transversales d'épines (fig. 17, a,b,c,d). Lehman (1964) a aussi décrit une épine de *Machaeracanthus* Newberry (provenant du Sahara, près de Béni-Abbès, d'âge emsien inférieur) qui est figurée en coupe transversale et que nous reproduisons ici (fig. 17 k).

Voici maintenant la description des spécimens d'Acanthodiens représentés dans notre propre collection.

6. D'après Eastman (1907) qui cite J. D. Dana, la formation calcaire « Corniferous » est du dévonien inférieur récent. De plus, Eastman rapporte un spécimen de *Machaeracanthus sulcatus* Newb. provenant de la formation calcaire Onondaga. Or l'Onondaga est, toujours d'après Eastman qui cite cette fois J. M. Clarke, du dévonien moyen ancien. La présence de cette espèce dans deux formations qui sont à la frontière du dévonien moyen est intéressante, car cet âge correspond à celui que nous avons établi plus haut pour les Grès de Gaspé.

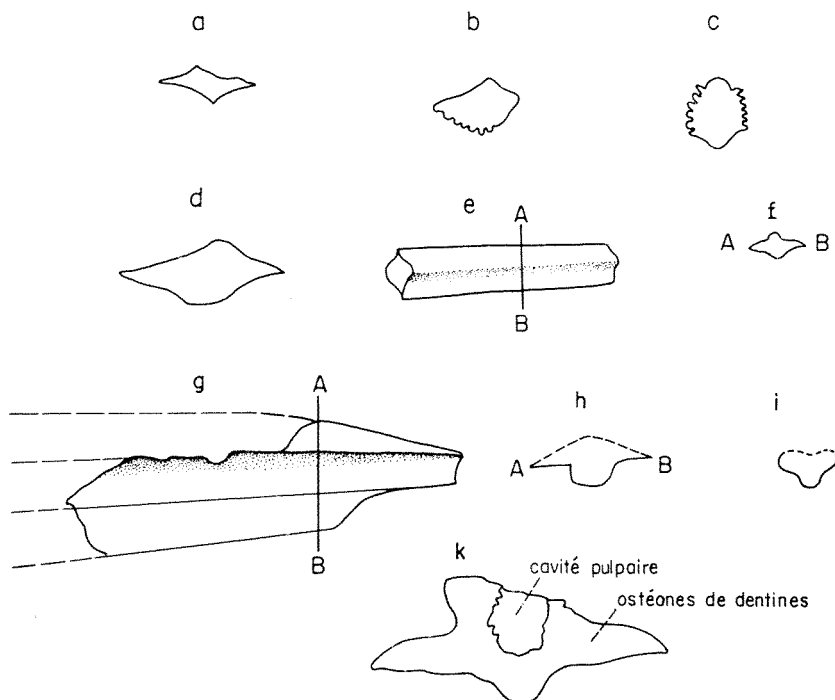


FIG. 17. a) *Machaeracanthus peracutus* Newberry. b) et c) *M. sulcatus* Newberry. d) *M. major* Newberry (1889 (pl. XXIX, fig. 4a) zone 6A, horizon de grès. e) et f) spécimen NMC - 10907 x 1/2; gisement : formation Battery Point, Grès de Gaspé, Québec, Canada, dévonien moyen ancien, f) coupe transversale A-B du spécimen de la fig. e. e) *M. ?major* Newberry. g) et h) *Machaeracanthus* sp. A; spécimen NMC-10872; zone 5, falaise de grès, même formation que pour le spécimen de la fig. e; h) représente la coupe transversale A-B sur le spécimen de la fig. g. i) *Machaeracanthus* sp. B; spécimen NMC-10867; gisement : zone 5 comme pour le spécimen NMC-10872 de la fig. g.; coupe transversale. k) *Machaeracanthus* Newberry, coupe transversale d'une épine, reproduite de Lehman (1964, fig. 2); emsien inférieur du Sahara (près de Béni-Abbès). x 5/3.

Les figures a, b, et d sont des coupes transversales d'épines reproduites de Newberry (1889, pl. XXIX, respectivement fig. 6a, 5a, 4a). La fig. c, est une coupe transversale reproduite de Eastman (1907, fig. 6, pl. 3).

Machaeracanthus ? major Newberry

Spécimen : NMC - 10907 (Fig. 17.e et f)

Gisement : zone 6A, horizon de grès juste sous l'horizon de schiste, formation Battery Point, Grès de Gaspé, Québec, Canada.

Âge : dévonien moyen ancien.

DESCRIPTION. Fragment d'épine dont les deux extrémités manquent. Tel qu'il se présente, le spécimen est long de 3,5 cm (voir fig. 17,e); sa longueur totale pourrait être de 10 cm. En coupe transversale (fig. 17,f), le contour est très ressemblant à celui de *Machaeracanthus major* Newberry. On observe une carène de chaque côté de l'épine. L'une a le sommet légèrement anguleux, tandis que l'autre possède un sommet plat. De plus, on peut constater que les carènes de part et d'autre de l'épine sont légèrement excentriques par rapport à une ligne médiane longitudinale imaginaire. Ce sont là tous des caractères de *M. major*. Il y a pourtant une différence dans la dimension de notre spécimen (fig. 17,f) et celle du spécimen-type (fig. 17,d). En effet, Newberry (1857a et 1889) parle d'une longueur de 8 pouces (i.e. 20 cm) en commentant la figure, puis de 12 à 20 pouces (i. e. 30 à 50 cm) dans le texte, alors que le présent spécimen peut, au plus, mesurer, par reconstitution, de 10 à 12 cm. Il est évidemment possible d'invoquer l'argument de croissance pour expliquer ces différences de dimensions, mais ici, elles sont si importantes que cet argument est plus ou moins convaincant. En attendant un matériel plus abondant, nous avons jugé préférable de rapporter notre spécimen à cette espèce à cause de la ressemblance observée dans le contour de l'épine en coupe transversale, puis de souligner notre doute, à cause de la différence importante dans les dimensions, en plaçant un point d'interrogation au nom de l'espèce : ? *major*.

Machaeracanthus sp. A

Spécimen : NMC - 10872 (fig. 17,g et h)

Gisement : zone 5, grès conglomératique, formation Battery Point, Grès de Gaspé, Québec.

Âge : dévonien moyen ancien.

DESCRIPTION. Ce spécimen consiste en un fragment d'empreinte de grosse épine (fig. 17,g et h). Le fragment mesure 6 cm de long par 2 cm de large. La longueur totale reconstituée pourrait être de 15 à 20 cm de long. La surface de cette épine est lisse et par conséquent différente de celle de *M. sulcatus* qui porte des côtes longitudinales. En coupe transversale (fig. 17,h), un des côtés porte une forte carène, profonde de près de 1 cm, à sommet plat, mais aux bords légèrement arrondis. La forme de l'autre face de l'épine est inconnue. On ne connaît pas d'espèce de *Machaeracanthus* qui présente une carène aussi forte ni de contour aussi rectangulaire. Etant donné l'état fragmentaire de ce spécimen, nous n'avons pas jugé opportun de créer une nouvelle espèce pour souligner l'existence d'un type nouveau de *Machaeracanthus* dans les Grès de Gaspé, autrement que par la désignation sp. A, d'autant que les "espèces" de *Machaeracanthus* ne sont probablement que des parataxa (Lehman, 1964). Deux autres spécimens de fragments d'épines NMC-10871 et 10873, provenant d'ailleurs du même gisement que le spécimen NMC-10872, sont également attribués à ce type.

Machaeracanthus sp. B

Spécimen : NMC - 10867 (Fig. 17, i, (et NMC - 10866)).

Gisement : zone 5, grès conglomératiques ; roche d'éboulis ; talus au pied d'une falaise verticale constituée de grès à gros grains et avec passages conglomératiques.

En coupe transversale (fig. 17, 1) le spécimen 10867, qui est une empreinte d'un fragment d'épine, présente une carène forte, mais au sommet arrondi sur une de ses faces; la forme de l'autre face est difficile à représenter, mais à l'extrémité qui semble être celle de la base, on distingue une dépression qui a été représentée en pointillés (fig. 17,i) à cause de l'incertitude qui existe sur la forme exacte de cette face. Enfin, les spécimens NMC-10869, 10870, de la zone 5, également dans le grès, sont des fragments qui peuvent aussi appartenir au genre *Machaeracanthus*, mais ils sont dans un état si pitoyable qu'on en peut rien dire de précis.

SÉLACIENS

? *Ctenacanthus* ? *ornatus* Agassiz (fig. 16, e-f)

Le genre *Ctenacanthus* a été signalé dans le gisement de Campbellton. Mais c'est un genre qui appartient au groupe des Sélaciens (Romer, 1945 et 1966). De plus, on a vu que le genre a d'abord été assigné par Whiteaves à l'espèce *C. latispinosus* qui plus tard a été rapporté au groupe des Acanthodiens sous le genre *Climatius latispinosus* (Whiteaves).

Les spécimens d'épines que nous voulons décrire maintenant n'ont aucune ressemblance avec *Climatius latispinosus*. Par contre, ils présentent une ressemblance frappante avec *Ctenacanthus ornatus* Agassiz (Murchison 1867). Ces épines sont presque droites avec une légère courbure dont la face concave est du côté interne (fig. 16, e). La longueur varie entre 7 et 9 cm, l'épaisseur entre 2 à 3 mm, tandis que la plus grande largeur, près de la base, est de 3 à 5 mm. La surface est ornementées de petits tubercules, serrés et disposés régulièrement sur toute la longueur. En coupe transversale (fig. 16, f), l'épine est plus mince dans l'axe des côtés latéraux que dans l'axe des côtés interne-externe. En coupe mince (pl. XXIX, fig. 2), la structure osseuse est uniforme de part en part et on y observe des cercles concentriques autour des canaux vasculaires.

On n'a jamais observé d'écailles typiques d'Acanthodiens associées à ces épines. En conséquence, pour le moment, nous préférons rapporter les spécimens mentionnés dans la liste ci-dessous, à ? *Ctenacanthus* ? *ornatus* Agassiz que nous considérons comme un Sélacien.

Voici donc maintenant la liste des spécimens qui se rapportent à ce genre et qui proviennent tous de l'horizon de schiste à grains grossiers de la zone 6A, Formation Battery Point, Grès de Gaspé, dévonien moyen ancien, exception

faite des spécimens NMC-10905 et 10937 qui proviennent du lit de "mudstone" à *Cephalaspis*, d'Aiguillon, zone 1, de la même formation et du même âge.

- 10905 - épine dont il a été fait une lame mince (pl. XXIV, fig. 2).
- 10937 - épine montrant un détail de l'ornementation superficielle (pl. XXII, fig. 11).

Les spécimens qui suivent sont tous de la zone 6A. NMC - 10900, 10901, 10895, 10896, 10897, 10921, 10922, 10924, 10925, 11241, 11259, 11260, 11261, 11262, 11263, 11264, 11265, 11266, 11267, 11268, 11270, 11271, 11272, 11273, 11274, 11275.

Conclusion

La découverte de fragments d'Euryptérides, d'épines d'Acanthodiens, d'Ostracodermes de type "*Cephalaspis*" et d'Arthrodiens dans les Grès de Gaspé, affleurant dans la Baie de Gaspé, présente un grand intérêt. Comme on le sait, cette faune fossile se trouve spécialement dans la formation Battery Point, considérée comme étant d'âge dévonien moyen ancien (Pageau, 1968). Dans un prochain et dernier article, nous traiterons spécialement des Arthrodiens que nous avons trouvés.

L'intérêt principal de l'ensemble de cette faune réside dans sa similarité avec celle de l'affleurement des Grès de Gaspé de Campbellton, (Nouveau Brunswick, Canada). En effet, sur la Baie de Gaspé comme à Campbellton, on trouve des Euryptérides, des Acanthodiens, des Ostracodermes (de type "*Cephalaspis*") et des Arthrodiens.

De plus, cet ensemble faunique est assez similaire avec ceux qu'on a trouvés en Angleterre, en Ecosse, au Spitzberg, dans l'île d'Oesel (sur la Baltique) et en Podolie (maintenant en Russie), dans des formations géologiques dont l'âge s'étend du silurien supérieur au dévonien inférieur, sauf pour un groupe qu'on ne retrouve pas dans les Grès de Gaspé, à savoir les Hétérostracés.

S'il y a une similarité faunique dans tous ces gisements, il n'y a pourtant que très peu d'identité. Ainsi, il y a des restes d'Euryptérides à Campbellton, mais on ne peut vraiment pas dire s'ils appartiennent à *Pterygotus gaspensis* Russell qui provient de la région de la Baie de Gaspé.

Par contre, à Campbellton et dans la région de la Baie de Gaspé, on trouve plusieurs espèces identiques d'Acanthodiens. C'est le cas de *Climatius latispinosus* (Whiteaves), *Cheiracanthus costellatus* Traquair et *Mesacanthus semistriatus*

(Woodward). Toutefois, *Machaeracanthus* est propre à la région de la Baie de Gaspé, tandis que *Ctenacanthus* (un Sélacien, il est vrai) est propre à Campbellton.

Pour ce qui est des Ostracodermes (Ostéostracés-Céphalaspidomorphes de type "*Cephalaspis*"), il n'existe pas d'identité spécifique pour les deux gisements, sauf peut-être pour un fragment en provenance de la zone 6A sur la rive nord de la Baie de Gaspé, qui pourrait être attribué à *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves. Autrement, non, chaque gisement a sa faune spécifique propre. A Campbellton, on a *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves et *C. jexi* Traquair dont il existe de nombreux spécimens et qui sont tous deux bien caractérisés. Dans la région de la Baie de Gaspé, on a *Cephalaspis westolli* Russell, — qu'on connaissait mal — mais qui est maintenant abondamment représenté dans le présent travail et qui se distingue sans hésitation de *C. campbelltonensis* et de *C. jexi*; on a aussi *Cephalaspis lunata* n. sp., représenté par un seul et unique spécimen il est vrai, mais dont les caractères ne laissent aucun doute sur sa spécificité; puis *Cephalaspis peninsulae* n. sp. et *Cephalaspis sydenhami* n. sp., espèces également propres aux gisements de la région de la Baie de Gaspé. Enfin, il faut mentionner l'unique spécimen de *Cephalaspis dawsoni* Lankester.

Malgré des différences notables entre les espèces de *Cephalaspis* de l'une ou l'autre région, il existe pourtant une certaine similarité. Ainsi, *C. lunata* n. sp. et, jusqu'à un certain point *C. dawsoni* Lankester, peuvent se comparer à *C. jexi* Traquair de Campbellton pour leur ornementation tuberculée et par leur dimension céphalique respective qui est plus large que longue. D'un autre côté, *C. peninsulae* n. sp. de la région de la Baie de Gaspé se rapproche de *C. campbelltonensis* de Campbellton par son ornementation plus lisse et son exosquelette relativement mince. Par contre, *C. westolli* Russell de la région de la Baie de Gaspé possède un exosquelette très épais, mais ces trois dernières espèces ont un caractère en commun: un bouclier céphalique plus long ou plus étroit que large, alors que c'est la situation inverse pour *C. lunata* n.sp. et *C. jexi* Traquair.

En conséquence, on ne peut tirer de tout cela que des conclusions négatives. D'abord, la similarité de la faune en général et même l'identité dans certains cas, entre les gisements de Campbellton (Nouveau-Brunswick) et ceux de la région de la Baie de Gaspé (Québec), montrent qu'on est en présence d'horizons stratigraphiques qui ne peuvent être éloignés l'un de l'autre dans le temps. Cette première conclusion est particulièrement appuyée par l'identité spécifique de quelques Acanthodiens. Deuxièmement, on ne peut tirer aucune conclusion significative sur l'évolution surtout quand on considère les "*Cephalaspis*", parce que dans l'une et l'autre région, les formes larges et étroites, à exosquelette épais et mince, à ornementation tuberculée ou lisse, se côtoient dans les mêmes horizons.

Au cours de l'été de 1968, grâce à l'aide financière du Ministère des Affaires Culturelles du Québec, nous avons exploré la formation York River, sous-jacente à la formation Battery Point, dans l'espoir de trouver une faune plus ancienne qui pourrait être significative du point de vue de l'évolution. Les résultats sont maigres: quelques fragments d'Euryptérides, mais aucune trace d'Ostracodermes: Ostéostracés (de type "*Cephalaspis*") ou Hétérostracés, ni d'Acanthodiens.

Par contre, deux nouveaux gisements ont donné des Arthrodires qui font actuellement l'objet d'une étude attentive. Les spécimens trouvés semblent appartenir à des espèces, sinon à des genres différents de ceux déjà décrits dans notre thèse. Ils seront décrits dans le prochain article.

Références

- COPELAND, M.J. and T.E. BOLTON, 1960. Canadian fossil Arthropoda, Eurypterida, Phyllocarida and Decapoda. *Bull. geol. Surv. Can.*, **60**.
- DAWSON, J.W., 1871. The fossil plants of the devonian and upper silurian formations of Canada. *Geol. Surv. Can.*, 1-92, 20 pl.
- DENISON, R.H., 1947. The exoskeleton of *Tremataspis*. *Am. J. Sci.*, **245**.
- DENISON, R.H., 1951. Evolution and classification of the Osteostraci. The exoskeleton of early Osteostraci. *Fieldiana, Geol.*, **11**, (3) (4).
- DENISON, R.H., 1952a. Types and figured specimens of fossil fishes in the Patten collection, Dartmouth College Museum. *Am. Midl. Nat.*, **48** (1): 161-164.
- DENISON, R.H., 1952b. Early devonian fishes from Utah. Part I -Osteostraci. *Fieldiana, Geol.*, **11** (6).
- EASTMAN, C.R., 1907. Devonian fishes of the New York State Museum. *Memoir*, **10**.
- GARDINER, B.G., 1966. Catalogue of Canadian fossil fishes. *Contr. Life Sci. Div. R. Ont. Mus.*, **68**: 154.
- GRASSÉ, P.-P., R.A. POISSON et O. TUZET, 1961. Zoologie ; T.I. - Invertébrés. Masson, Paris.
- GROSS, W, 1957. Mundzähne und Hautzähne der Acanthodier und Arthrodiren. *Palaeontographica*, **109**, Abt.A.
- HEYLER, D., 1962. Les Acanthodiens et le problème de l'aphétohyoïde. Problèmes actuels de paléontologie Évolution des Vertébrés. *Colloques int. Cent. natn. Rech. scient.*, **104**, Paris.
- HEYLER, D., 1968. Les Acanthodiens (Manuscrit pour le Traité de Paléontologie, sous la direction de Jean Piveteau).
- HEYLER, D., 1969. Les Acanthodiens. Traité de Paléontologie, vol. **2**, Tome IV ; direction Jean Piveteau. Masson, Paris.
- JARVIK, E., 1950. Middle Devonian vertebrates from Canning Land and Wegeners Halvö (East Greenland), 2 : Crossopterygii. *København, Meddr. Grønland*, **96** (4).

- LANKESTER, R.E., 1870. On a new *Cephalaspis* discovered in America. *Geol. Mag.*, n°LXXV, 7: 397-398.
- LEHMAN, J.-P., 1947. Description de quelques exemplaires de *Cheirolepis canadensis* (Whiteaves). *K.svenska Vetensk. Akad. Handl., ser.3*, **24** (4).
- LEHMAN, J.-P., 1959. L'évolution des Vertébrés inférieurs. Dunod, Paris.
- LEHMAN, J.-P., 1964. A propos de quelques Arthrodirés et Ichthyodorulites sahariens. *Mélanges Ichthyologiques*.
- MILES, R.S., 1966. The Acanthodian fishes of the Devonian Plattenkalk of the Paffrath Trough in the Rhineland. *Ark. Zool., ser.B*, **18** (9): 147-194, 10 pl., 18 fig.
- MOORE, R.C., C.G. LALICKER and A.G. FISHER, 1952. Invertebrate fossils. McGraw-Hill.
- MURCHISON, R.I., 1867. Siluria. A history of the oldest rocks of the British Isles and other countries. 4th ed. including The Silurian System. John Murray, London.
- NEWBERRY, J.S., 1857a and 1857b. Fossil fishes from the Devonian of Ohio. *Proc. Nat-Inst. Promot. Sci.*, Washington, n.ser., L. I.
- ORVIG, T., 1951. Histological studies of Placoderms and fossil Elasmobranchs. 1—The endoskeleton, with remarks on the hard tissues of lower vertebrates in general. *Ark. Zool., ser. 2*, **2**(2): 321-454, 10 pl., 22 fig.
- ORVIG, T., 1966. Histologic studies of Ostracoderms, Placoderms and fossil Elasmobranchs. 2—On the dermal skeleton of two late Paleozoic Elasmobranchs. *Ark. Zool.*, **19**(1): 1-39, 5 pl., 6 fig.
- PAGEAU, Y., 1968. Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les Grès de Gaspé (Québec). 1—Géologie et Écologie. *Naturaliste can.*, **95**: 1459-1497.
- ROMER, A.S., 1945. Vertebrate Paleontology. 2nd ed., Univ. Chicago Press.
- ROMER, A.S., 1966. Vertebrate Paleontology 3rd ed., Univ. Chicago Press.
- ROBERTSON, G.M., 1936. New Cephalaspids from Canada. *Am. J. Sci.*, **31**: 288-295.
- RUSSELL, L.S., 1952-53 A new species of Eurypterid from the devonian of Gaspé. *Bull. natn. Mus. Can.*, **132**:83-91.
- RUSSELL, L.S., 1954. A new species of *Cephalaspis* from the devonian Gaspé Sandstone at D'Aiguillon. *Naturaliste can.*, **81** (12): 245-254.
- STENSIÖ, E., 1927. The downtonian and devonian vertebrates of Spitsbergen. Part I—Family *Cephalaspidae*. *Skr. Svalbard Nordishavet*, **12**: 1-391.
- STENSIÖ, E., 1932. The Cephalaspids of Great Britain. *Br. Mus. nat. Hist.*, 1-220.
- STENSIÖ, E., 1963. Anatomical studies of the Arthrodiran head. Part. I. *K. svenska Vetensk. Akad. Handl.*, ser. 4, **9** (2):1-19
- STENSIÖ, E., 1964. Les Cyclostomes fossiles ou Ostracodermes. *Traité de Paléontologie*, dir. J. Piveteau. Tome IV, vol. 1. Masson, Paris.
- STØRMER, L., 1955. Class : Merostomata. Treatise on Invertebrate Paleontology. Part P—Arthropoda, by R. Moore.
- TRAQUAIR, R.H., 1893. Notes on the devonian fishes of Campbellton and Scaumenac Bay in Canada. *Geol. Mag.*, **10** : 145-149.

- WÄNGSJÖ, G., 1952. The downtonian and devonian Vertebrates of Spitsbergen. 9—Morphologic and systematic studies of the Spitsbergen Cephalaspids. Results of Th. Vogt's expedition 1928 and the English-Norwegian-Swedish expedition 1939. *Skr. Norsk. Polarinst.*, Oslo. n° 97, A.-Text : 1-611 ; B.-Plates : 41 et 117 pl.
- WATERSTON, C.D., 1954. Catalogue of type and figured specimens of fossil fishes and amphibians in the Royal Scottish Museum, Edingurg. *Trans. Edinb. geol. Soc.*, **16**, part I.
- WATSON, D.M.S., 1937. The Acanthodian Fishes. *Phil. Trans. R. Soc.*, London, ser, B, n°. 549, **228**: 49-146.
- WHITEAVES, J.F., (1888), 1889. Illustrations of the fossil fishes of the devonian rocks of Canada (1-Scaumenac Bay; 2-Campbellton). Part II. *Trans. Roy. Soc. Canada*, (1888), sect. 4: 77-96.
- WOODWARD, H., 1891. Catalogue of the fossil fishes in the British Museum (Nat. Hist.). Part II, London.
- WOODWARD, H., 1892a. On the Lower Devonian fish fauna of Campbellton, N.B. : 1-6.
- WOODWARD, H., 1892b. Further contributions to knowledge of the devonian fish-fauna of Canada. *Geol. Mag.*, **9** : 481-485.

REVUE DES LIVRES

MOREAU, Claude, 1968. **Moisissures toxiques dans l'alimentation.** Collection *Encyclopédie mycologique* XXXV. Éditions Lechevalier, 18, rue des Écoles, Paris V^e, France. 372 p., 31 fig., 26 × 17 cm. Relié, 135 F.

Depuis plus d'un siècle, on connaît les relations de cause à effet entre beaucoup de champignons et de nombreuses affections des plantes, des animaux, voire même de l'homme. Mais, jusqu'à une date récente, on ignorait que certains de ces cryptogames connus sous le nom de moisissures pouvaient engendrer des intoxications graves des bœufs et même de l'homme. Or, dans notre ère de progrès technologique accéléré et en raison du développement fulgurant de l'agriculture, du transport et de l'entreposage et de l'industrie alimentaire, cette catégorie de problèmes ne pouvait passer inaperçue.

L'auteur de cet ouvrage, un savant français, fécond et éclectique, qui a exploré divers secteurs de la mycologie scientifique et appliquée, a lui-même étudié, depuis près de vingt ans, la pollution des aliments par des champignons adventices. Il était tout désigné pour rédiger le premier traité général sur l'intoxication résultant de la consommation de denrées avariées par les moisissures. Cet ouvrage arrive à point au moment où les problèmes de la récolte, de la conservation et du transport des aliments prennent une acuité sans cesse accrue dans le monde.

Dans un premier chapitre, l'auteur décrit les conditions du milieu qui favorisent la contamination et la croissance des moisissures et présente quelques exemples de types principaux de détériorations des aliments et de leurs conséquences. Il consacre un deuxième chapitre aux notions essentielles dérivées de l'étude des mycotoxicoses, notamment sur les effets des intoxications et sur la nature chimique des toxines produites. Dans le corps principal de l'ouvrage se trouve réunie la somme des connaissances actuelles sur chacune des mycotoxicoses principales dont les causes, la nature les effets et les moyens préventifs et curatifs ont fait l'objet de recherches particulières. Tous les autres cas d'intoxications, apparemment liées à des moisissures, sont aussi considérés ainsi que les moyens connus ou suggérés de combattre ces altérations dangereuses des denrées. Complété par une liste bibliographique de quelque 1400 titres, ce premier traité, sur un sujet d'actualité et dont l'importance pratique ne fera que s'accroître, arrive à point et doit retenir l'attention des vétérinaires, des agronomes, des spécialistes de l'alimentation, des médecins et bien sûr des mycologues.

René POMERLEAU

NULTSCH, W., 1969. **Manuel de botanique générale.** Traduit de l'allemand par Mlle Sénac. Masson et Cie, Paris. 380 p., 200 fig., 13 × 21 cm. Relié, cartonné 20 F.

Sous ce titre, l'auteur publie un manuel qui est plus un livre de physiologie végétale qu'un ouvrage de botanique générale. Bien qu'étant une addition intéressante à la bibliothèque d'un botaniste, ce volume n'est pas à l'abri des critiques d'un lecteur un tant soit peu grincheux.

En fait, les chapitres consacrés à la morphologie, à l'anatomie, à la taxonomie, à l'écologie sont très réduits ou inexistants. Il apparaît un peu paradoxal que toute la

question de la reproduction des Spermatophytes qui comprend : fleur, fruit et graine ne s'étale pas sur trois pages de texte et ressemble plus à un résumé de choses déjà connues par le lecteur, qu'à une étude même simplifiée des structures florales et de leur morphogénèse.

Certains termes, expressions ou affirmations ne sont peut-être pas attribuables à l'auteur ; à la lecture du livre on reste sous l'impression que le traducteur a dû parfois trahir la pensée de l'auteur, ou que par désir d'innovation, il a rejeté les termes employés généralement en botanique descriptive. On lit par exemple, page 87, Figure 49 : « cellule d'accompagnement » pour cellule compagne ou encore—et ceci semble plus grave—page 125, figure 78 : « cellule conductrice » pour cette même structure.

On voit aussi dans le texte : les « métamorphoses » de la tige (page 143) et les « métamorphoses » de la feuille (page 157) pour ce qui est habituellement désigné par « adaptations. » Dans le schéma (fig. 83, page 131) les rayons intra-libériens et intra-ligneux sont baptisés : « rayon médullaire du liber » et « rayon médullaire secondaire ». Ces structures étant d'origine cambiale, il est difficile d'admettre cette appellation de « médullaire » qui ne peut que porter à confusion.

Une affirmation telle que (page 91) « . . . les lignines sont des corps polymères. . . On peut les dissoudre à l'eau de javel ou par une solution de bisulfite de calcium portée à ébullition » laisse le lecteur un peu perplexe en ce qui concerne l'exacte traduction du texte original.

Il reste cependant que sous une forme condensée l'auteur réussit à nous donner « l'essentiel des connaissances actuelles sur le monde végétal » ainsi que le réclame le feuillet de présentation de l'ouvrage. Si certaines reproductions de clichés en microscopie électronique n'ont pas toujours le fini que l'on trouve dans les manuels américains, il y a par contre d'excellents schémas, d'une belle netteté (Ex : p. 135, fig. 86).

Du point de vue pédagogique, les fréquents renvois aux notions déjà expliquées dans le manuel, facilitent beaucoup l'étude.

R. VAN DEN HENDE

HOMES, M.V. et G.H. VAN SCHOOR, 1969. **La nutrition minérale des végétaux.** Masson, Paris. 162 p., 45 fig., 61 tabl. 16,5 × 21,5 cm. Broché, 60 F.

Le dernier volume des professeurs M.V. Homès et G.H. Van Schoor sera sûrement beaucoup apprécié même par ceux qui, selon les auteurs, détiennent depuis longtemps l'apanage de l'alimentation minérale des végétaux, c'est-à-dire les agronomes. Il est en effet indéniable que la présentation de la méthode des variantes systématiques proposée depuis 1953 par le professeur M.V. Homès y est très claire et ne manque pas de force de persuasion.

En ce qui concerne la description de la méthode développée dans cet ouvrage, elle ne laissera certainement pas indifférent l'esprit habitué à la méthode factorielle puisque des exemples nombreux, apportés par les auteurs, tentent de prouver que la méthodologie utilisée par ce qu'on peut maintenant appeler « l'école de Homès » convient, même mieux que la méthode factorielle, à l'exploration des problèmes de l'alimentation minérale des végétaux.

Si cette assertion est valable dans le cas de la détermination de la composition minérale du milieu alimentaire, elle peut être discutable lorsqu'il s'agit de l'étude de la dose ali-

mentaire totale. En effet, l'emploi de la méthode combinée exige presque autant de traitements que la méthode factorielle.

Mais ces points de vue devraient être tranchés par l'établissement simultané des nombreux champs d'expérience conçus selon les deux méthodes. Il est donc à souhaiter que la méthodologie proposée dans cet ouvrage soit mise à l'épreuve par un plus grand nombre de chercheurs afin que cette nouvelle approche puisse aider à mieux solutionner les problèmes concernant l'alimentation minérale des végétaux.

Il va sans dire que l'emploi de la méthode des variantes systématiques exige un peu d'effort de la part de l'expérimentateur mais grâce aux auteurs, l'assimilation des théories et de la méthodologie est relativement facile.

En dehors des conceptions développées, le lecteur trouvera dans cette monographie des références bibliographiques complètes, des données pratiques et très utiles présentées sous forme de tableaux. De plus, la rédaction en langue française ne fait que rehausser sa valeur et son utilité.

Cet ouvrage peut donc être considéré comme un outil de travail très précieux pour tout agronome, biologiste, botaniste, biochimiste et étudiant de troisième cycle qui s'occupent des problèmes de la nutrition minérale des végétaux.

Marton TABI

CLOUDSLEY-THOMPSON, J.L., 1969. **Spiders, Scorpions, Centipedes and Mites**. The Commonwealth and International Library of Science, Technology, Engineering and Liberal Studies : Biology division. Pergamon : Oxford, Londres et Toronto. XV + 278 p., 17 fig. Cartonné. \$6.50, broché, \$4.50.

Dans cet ouvrage, dont c'est la seconde édition, le professeur Cloudsley-Thompson effectue un tour d'horizon rapide mais complet de nos connaissances relatives à la biologie des Arthropodes terrestres (Insectes exclus), domaine souvent peu connu dans lequel il a lui-même effectué de nombreux travaux.

Grâce à un choix personnel et judicieux d'exemples, l'auteur décrit et discute de manière satisfaisante les aspects principaux de la classification, de la distribution, de l'écologie, du comportement, de la reproduction et du cycle vital des groupes suivants : Cloportes — Millipèdes — Centipèdes — autres Myriapodes — Scorpions — Solifuges — Pseudoscorpions — Arachnides divers (Palpigrades, Uropyges, Amblypyges, Ricinuleides) — Opilions — Araignées — Acariens.

Quelques planches fixent pour le lecteur les silhouettes et les attitudes des représentants les plus typiques de chacun de ces groupes. Enfin, une bibliographie, importante pour un ouvrage de cette taille, complète chaque chapitre ; divisée en deux parties, elle comporte des références aux manuels d'identification et des références à la littérature générale.

Cette présentation rend la consultation du volume très commode sans nuire à la perspective générale de l'auteur, dont les réflexions personnelles assurent l'unité d'ensemble et font de ce livre plus qu'un simple manuel.

Bien qu'il soit plus particulièrement destiné au lecteur britannique, cet ouvrage qui fait une large place aux espèces d'outre-mer constitue un volume de références qui sera lu avec plaisir et profit par les naturalistes du monde entier.

Jean-Claude PRUDHOMME

PIVETEAU, Jean, 1969. *Traité de Paléontologie*. Tome IV. L'Origine des Vertébrés, leur expansion dans les eaux douces et le milieu marin. Deuxième volume : Gnathostomes, Acanthodiens, Placodermes, Elasmobranches. Masson et Cie, Paris, 790 p., 384 fig. dont 90 en couleurs. 17 × 25 cm. Cartonné toile, 350 F.

Avec la parution de ce dernier ouvrage, le *Traité de Paléontologie*, en 7 tomes, est désormais complet et entièrement disponible.

Le volume premier du Tome IV du *Traité de Paléontologie*, traite essentiellement des Vertébrés présentant le stade structural Agnathe, c'est à dire des Vertébrés dont la partie antérieure du squelette viscéral n'est pas transformé en mâchoires.

Avec le volume deuxième — qui paraît — c'est l'autre stade structural des Vertébrés qui est abordé : le stade Gnathostome. Son étude débute par celle des Poissons (à ce groupe sont consacrés les volumes 2 et 3, du tome IV) ; elle se poursuit par celle de tous les autres Vertébrés, dans les tomes V, VI et VII.

Dans un chapitre de généralités sur les Poissons, le volume deuxième du tome IV présente une mise au point des caractères anatomiques fondamentaux de ce vaste ensemble, tandis que les grandes lignes de la classification sont simplement esquissées. Les Poissons se répartissent en Elasmobranchiomorphes et Téléostomes.

Les Téléostomes font l'objet des divers chapitres du volume troisième. Les Elasmobranchiomorphes sont étudiés dans le volume deuxième : Acanthodiens, Arthrodires ou Placodermes, Elasmobranches et Holocéphales. De ces trois groupes, celui des Arthrodires est le plus varié. Son étude, *en grande partie inédite*, est conduite avec minutie, les caractères anatomiques sont observés dans le plus petit détail ; les reconstitutions (avec des figures en noir et des figures en plusieurs couleurs) sont si précises que, désormais, ces curieux et très anciens Poissons sont mieux décrits que bien des Poissons actuels. A la fin du chapitre, quelques pages donnent l'essentiel de la classification des Arthrodires.

Ainsi se trouve achevée cette oeuvre importante qui, dans ses 10 volumes, reconstitue l'histoire de la vie, véritable but et authentique définition de la Paléontologie.

Partant des stades inférieurs de l'organisation, de ce moment où les limites du monde végétal et du monde animal sont encore indéfinies, l'ouvrage s'élève peu à peu à travers les lignées multiples d'Invertébrés, aux adaptations nombreuses, demeurant pour la plupart dans le milieu marin, mais dont quelques-uns émergent des eaux, arrivant avec quelques Insectes à une forme particulière de psychisme.

Ces enchaînements du monde animal se suivent encore avec plus de précision dans le monde des Vertébrés. Le difficile problème de leur origine est étudié au stade des hypothèses plutôt qu'à partir de données concrètes qui font encore défaut.

La première grande dichotomie, Agnathes et Gnathostomes, est exposée avec toutes les données de la science moderne, par le paléontologiste qui a apporté la lumière sur ces difficiles questions ; l'expansion dans les eaux douces et les eaux marines est étudiée dans ses manifestations diverses, puis l'un des événements capitaux de l'histoire de la vie, la lente sortie des eaux des Vertébrés, suivie d'une part par la montée vers les Oiseaux et la vie aérienne, d'autre part par la montée vers les Mammifères et enfin l'homme, expression de l'apparition de la pensée réfléchie sur la terre.

Ainsi cet ouvrage déroule la longue fresque, l'épopée de la vie. Il permet de se faire une idée de la grande dérive du monde vivant : il replace l'évolution dans son cadre temporel, dans sa dimension vraie.

REVUES PUBLIÉES PAR L'UNIVERSITÉ LAVAL

RECHERCHES SOCIOGRAPHIQUES

Revue publiée par le département de sociologie et d'anthropologie de l'université Laval avec le concours du Centre de Recherches sociales. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$2.00 (3 numéros par an).

LAVAL THÉOLOGIQUE ET PHILOSOPHIQUE

Publiée par les facultés de théologie et de philosophie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$4.00, à l'étranger \$4.50, le numéro: \$2.00 (2 numéros par an).

SERVICE SOCIAL

Publiée par l'école de service social de l'université Laval. Elle traite de travail social, de bien-être, de médecine, de psychiatrie et de psychologie, de législation, d'administration publique et de sociologie. Abonnement annuel: au Canada \$3.00, à l'étranger \$3.50, le numéro: \$1.25 (3 numéros par an).

CAHIERS DE GÉOGRAPHIE DE QUÉBEC

Publiée par l'Institut de géographie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$8.00, le numéro: \$3.00 (3 numéros par an).

RELATIONS INDUSTRIELLES / INDUSTRIAL RELATIONS

Publiée en français et en anglais par le département des relations industrielles de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro: \$1.50 (revue trimestrielle).

L'ORIENTATION PROFESSIONNELLE / VOCATIONAL GUIDANCE

Publication officielle de la Corporation des Conseillers d'orientation professionnelle du Québec. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$1.25 (5 numéros par an).

Pour abonnements, s'adresser au

Service des revues,

LES PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL,

C.P. 2447, Québec 2.

Sommaire

Biologie et écologie de <i>Pandalus montagui</i> Leach (Decapoda Natantia). I. Distribution et migrations, à Grande-Rivière (Gaspé), Québec RICHARD COUTURE et PIERRE TRUDEL	283
Biologie et écologie de <i>Pandalus montagui</i> Leach (Decapoda Natantia). II. Âge, croissance et reproduction RICHARD COUTURE et PIERRE TRUDEL	301
Contribution to the study of the food habits of Caribou. Part I. Lichen preferences PIERRE DESMEULES and JOAN HEYLAND	317
Contribution to the study of the food habits of Caribou. Part II. Daily consumption of lichens PIERRE DESMEULES and JOAN HEYLAND	333
Répartition géographique de l'Éperlan arc-en-ciel <i>Osmerus eperlanus</i> <i>mordax</i> et de <i>Glugea hertwigi</i> (Sporozoa : Microsporidia) en eau douce, au Québec CLAUDE DELISLE et CLÉMENT VEILLEUX	337
Les fluctuations quantitatives du zooplancton de la Baie-des-Chaleurs (Golfe Saint-Laurent). I. Conditions hydroclimatiques et analyse volumétrique GUY LACROIX et GABRIEL FILTEAU	359
Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les grès de Gaspé (Québec). II. – Morphologie et systématique. Première section : A. – Euryptérides, B. – Ostracodermes, C. – Acanthodiens et Sélaciens YVON PAGEAU	399
REVUE DES LIVRES	479



Volume 96,

N° 4,

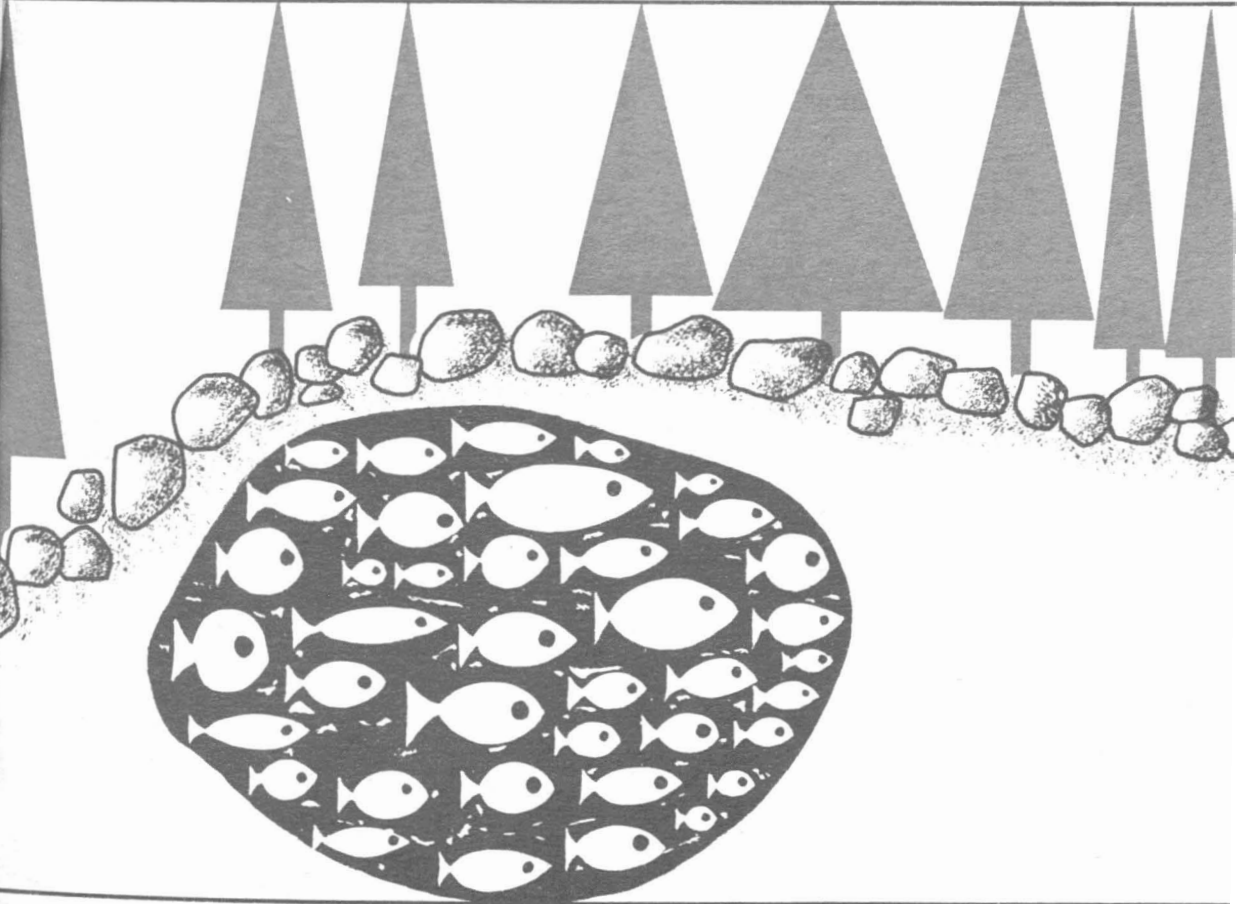
juillet-août 1969

PROPRIÉTÉ DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU MINISTÈRE DES TERRES ET
FORÊTS DU QUÉBEC.

Édition spéciale

Météorologie et climatologie

e naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR

G.-WILFRID CORRIVAUT

DIRECTEUR-ADJOINT

MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

GUY LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*

RENÉ BÉIQUE, *Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Université Laval*

PAUL BERTHET, *Faculté des sciences
de Lyon*

LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*

MICHEL DELSOL, *Faculté catholique
de Lyon*

LLOYD M. DICKIE, *Institut océano-
graphique de Bedford*

ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*

PAUL GERVAIS, *Université Laval*

ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire
naturelle de Paris*

WILLIAM S. HOAR, *Université de la
Colombie-Britannique*

ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*

VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*

GASTON MOISAN, *Université Laval*

A. C. NEISH, *Conseil national des recher-
ches du Canada, Halifax*

W. E. RICKER, *Office des recherches sur
les pêcheries du Canada*

D. M. ROSS, *Université d'Alberta*

HENRI TINTANT, *Faculté des sciences
de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec (2^e), Québec

Abonnement annuel

au Canada : \$ 6.00

— à l'étranger : \$ 7.00

— le numéro : \$ 1.50

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétaire de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec (10^e), Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Ministère des Affaires culturelles du Québec.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

Présentation des manuscrits

Le manuscrit, écrit en français ou en anglais, doit être dactylographié sur papier de format 8½ x 11 avec double interligne, au recto seulement de chaque feuille, sans ratures. Chaque page sera numérotée et des feuilles séparées seront utilisées pour les références bibliographiques, les tableaux, les légendes des figures et des graphiques.

Au début de chaque mémoire on indiquera dans l'ordre:

- le titre du mémoire; il devra être bref et précis, ne comporter ni abréviations, ni formule chimiques (il est permis d'utiliser les symboles chimiques pour indiquer les isotopes).
- le nom de l'auteur ou des auteurs, précédé des initiales ou du prénom; il est préférable d'omettre les grades et titres académiques.
- le nom de l'établissement dans lequel ont été effectuées les recherches et son adresse.
- un bref résumé en français et un autre en anglais, n'excédant pas 300 mots chacun, doivent précéder le texte.

Références bibliographiques

Les références peuvent être citées dans le texte par un numéro ou par le nom de l'auteur et l'année de publication. Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné, suivi de: *et al.*

A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs.

Chaque citation comprendra: 1) nom et prénom (ou initiales des prénoms) de L'AUTEUR; 2) année de publication; 3) titre de l'article; 4) titre du périodique en abrégé (selon la *World List of Scientific Periodicals* ou *Chemical Abstracts*); 5) le tome du volume, en **chiffres arabes**; 6) première et dernière pages du mémoire.

Pour les livres cités dans la bibliographie, on indiquera: 1) nom et initiales des prénoms de l'AUTEUR; 2) date de publication; 3) titre de l'ouvrage; 4) nom de l'éditeur; 5) ville; 6) nombre de pages.

Plan du manuscrit

Les mémoires seront rédigés, autant que possible, d'après le plan suivant: introductions méthodes expérimentales, matériel utilisé, résultats, discussions et conclusion, remerciement, et références. L'importance des titres et sous-titres doit être mise en évidence par l'emploi judicieux des italiques et capitales. Les caractères soulignés d'un trait sont composés *en italique*, de deux traits en PETITES CAPITALES, de trois traits en GRANDES CAPITALES, d'un trait ondulé en **caractères gras**.

Les noms latins d'espèces et de variétés doivent être soulignés en vue de leur impression en italiques.

Les noms communs d'êtres vivants prennent une majuscule initiale lorsqu'ils sont employés pour désigner l'espèce dans son ensemble.

Les notes infrapaginales doivent être réduites à un strict minimum et numérotées successivement dans tout le texte.

Illustrations du manuscrit

La direction de la revue limite ses frais de clichage à trois clichés par manuscrit; tous clichés additionnels seront à la charge de l'auteur.

Les photographies doivent être de bonne qualité et finies sur papier glacé. Deux, quatre ou huit photographies peuvent être groupées sur une même planche, collées sur un carton rigide de 7" x 10", numérotées proprement et visiblement à l'extrémité droite de chaque photographie. On indiquera à l'endos le nom de l'auteur, le titre du texte et le numéro correspondant à la citation du texte.

Les graphiques ou autres dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc de type « Bristol » avec légende complète. Dans certains cas, la photographie ou le dessin doit comporter une échelle de référence indiquant la grandeur.

Les tableaux seront numérotés en chiffres romains. Leur nombre et leur dimension seront réduits au minimum. Les mêmes données numériques ne doivent pas être publiées deux fois, une fois sous forme de tableaux, une autre fois sous forme de courbes.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

Presentation of paper

Papers in either French or English should be typewritten, double-spaced throughout, (including tables, references and legends) on white bond paper 8½ x 11. Each sheet should be numbered; and references, tables, figures and legends should be on separate sheets.

The title page should give the following informations:

- Title: short and precise, without any abbreviations or chemical formulæ (except isotopes).
- Name of author or authors preceded by initials.
- Address; Author's institution.
- Abstract; both an English abstract not exceeding 300 words, and a French *résumé* should precede the text.

References

IN THE TEXT: — They should be cited either by a number or by the name of the author with the year of publication. Only the first author followed by *et al* should be given when the article has more than three authors.

REFERENCE SECTION: — Authors should be listed alphabetically or numerically and indicated the following way for periodicals (with the punctuation shown): Author's name and initials. Year of publication. Title. Name of journal spelled out or abbreviated in accordance with *the World list of scientific periodicals or Chemical Abstracts*, volume number: inclusive pagination. In the case of books, references should be listed the following way: Author's name and initials. Year of publication. Complete title. Name of publisher. Address of publisher. Number of pages.

Example: OSBORNE, F. F., 1956, Geology near Quebec City. *Naturaliste Can.*, **83**, 157-223.

Form of paper

Considerable latitude is allowable in the arrangement of the contents of a paper, however, it is felt that in many papers it is possible to adhere to an arrangement as follows: Introduction, Methods, Materials, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References.

Underlining in the text should be avoided. Contributors should know that words underlined by a single line appear in *italics* in the printed form. They appear as SMALL CAPITALS when underlined twice, and FULL CAPITAL when underlined three times.

Footnotes, which are to be avoided as far as possible, should bear consecutive numbers.

Illustrations

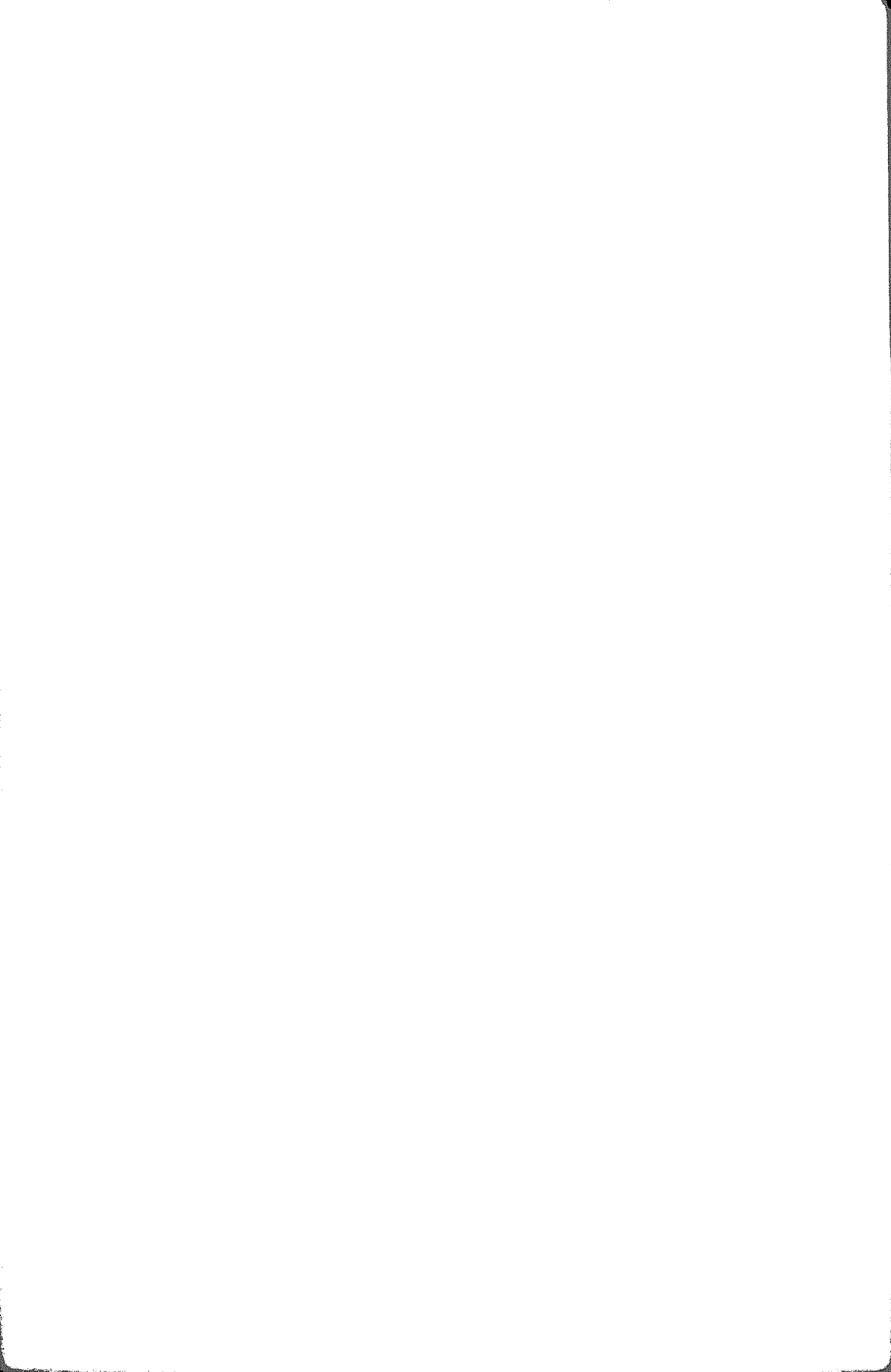
PHOTOGRAPHS: — Plates should bear a reasonable relationship to the length of the text and must be meaningful. A paper of 20 printed pages should have no more than 3 plates. The author can be required to pay for additional plates. For good reproduction, they should be a good quality, of high contrast, and printed on glossy paper. A plate can be made up by mounting 2-4-8- or more pictures mounted on cardboard of 7" x 10". Each picture should have a figure number on the lower right corner. The author is responsible for providing figures of a size and quality suitable for grouping into plates. The reverse side of each photograph or plate should bear the author's name with the figure number used for reference in the text.

GRAPHS AND LINE DRAWINGS: — They should be made with India ink on white drawing paper or Bristol board and have a complete legend.

TABLES: — They should bear consecutive Roman numbers. The same data should not be presented in two forms *i.e.* tables and curves.

Cette édition spéciale sur la météorologie et la climatologie a été rendue possible grâce à la collaboration du directeur du Service de Météorologie au Ministère des Richesses naturelles du Québec, le docteur G.-Oscar Villeneuve, et au travail bénévole de son personnel technique.

La direction de la revue désire exprimer à tous ces collaborateurs ses meilleurs remerciements.



LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 96

Juillet-Août 1969

N° 4

DR. SMALLWOOD'S WEATHER OBSERVATORY AT ST. MARTIN'S

J. S. MARSHALL and NANCY BIGNELL

McGill Observatory, Montréal

Résumé

Quelque temps avant l'année 1846, Charles Smallwood, M.D., construit un petit observatoire météorologique près de sa maison à Saint-Martin, situé à neuf milles à l'ouest de Montréal. L'installation comprend des instruments qui mesurent la pression atmosphérique, la température, l'humidité, le vent et les précipitations de pluie et de neige. Le docteur Smallwood fabrique lui-même des appareils d'enregistrement graphique; il emploie souvent la photographie.

Il mesure la rosée et l'évaporation. A l'aide de feuilles de papier chimiquement préparées, il détermine la concentration d'ozone et l'étudie intensivement. Il place au sommet d'un mât de 80 pieds de hauteur une lanterne de cuivre abritant des électroscopes et des électromètres dans le but d'étudier les charges électriques dans l'atmosphère. Il étudie les cristaux de neige au microscope. Trois fois par jour, il fait des observations qu'il enregistre méticuleusement de 1846 à 1862. Au cours de cette dernière année, le docteur Smallwood fait transporter les appareils au nouvel observatoire du McGill College où il est nommé Professeur de Météorologie en 1856. L'observatoire de McGill n'a pas cessé de fonctionner depuis ce temps.

Abstract

Some time before 1846, probably five years before, Charles Smallwood, M.D., built a small weather observatory close to his house in St. Martin's, nine miles west of Montreal. Regular equipment included barometers, thermometers, hygrometers, an anemometer and rain and snow gauges. Autographic recording devices were built by Dr. Smallwood; these frequently incorporated photography. Dew and evaporation were measured. Ozone was measured by chemically prepared paper, and studied intensively. A copper lantern hoisted to the top of an 80-foot mast was used with electroscopes and electrometers to study atmospheric electricity. Snow crystals were studied by microscope. Thrice-daily observations were made and meticulously recorded from 1846 to 1862, when the equipment was transferred to the new Observatory at McGill College, where Dr. Smallwood had been appointed Professor of Meteorology in 1856. The McGill Observatory has continued to function from that time.

For five years commencing in 1857, the *Canadian Naturalist and Geologist* published pages of weather observations under the following heading :

MONTHLY METEOROLOGICAL REGISTER
 SAINT MARTIN'S, ISLE JESUS, CANADA EAST
 (NINE MILES WEST OF MONTREAL)
 Latitude, 45 degrees 32 minutes North
 Longitude, 73 degrees 36 minutes West
 Height above the level of the Sea, 118 feet
 By Charles Smallwood, M.D., LL.D.

In 1858, the *Naturalist* published a description of the observatory, by Dr. Smallwood. A preface by Dr. Hall refers to twelve years' observatory records then in existence and in need of publication, indicating a beginning in 1846. (Regarding Dr. Hall, we note that on occasion the monthly register for Saint Martin's was accompanied by one compiled by Dr. Hall for Montreal itself, for which the height above sea level was 57.07 feet).

The last year for which the St. Martin's monthly register appeared was 1862. In that year Dr. Smallwood offered to move his instruments, meteorological and astronomical, to McGill College. Before the year was out the stone tower of the McGill Observatory had been built, at a cost of about \$2,000. For the year 1864 we find published monthly reports from the new observatory, headed as follows :

ABSTRACT OF METEOROLOGICAL OBSERVATIONS
 Taken at the Montreal Observatory
 Latitude 45°31'N
 Longitude 4h 54m 11s W of Greenwich
 Height above level of the Sea 182 feet
 BY CHARLES SMALLWOOD, M.D., LL.D.

The new abstracts record daily maxima, minima and means, rather than the thrice-daily readings of St. Martin's; the summary remarks remain much as at St. Martin's. Annual reports, which had appeared for St. Martin's for 1857, 58 and 61, appeared for "the Montreal Observatory" for 1868, 69, and 71. We know that the McGill Observatory records continue to this day.

The move to McGill can be looked on as commencing in 1856, when Dr. Smallwood, M.D. of the University of London, received an honorary LL.D. from McGill, and an appointment as Professor of Meteorology. This was honorary too, in the sense that no salary went with it. By the time of Dr. Smallwood's death in 1873, Canada had a Meteorological Service, with McGill as a "chief station" connected directly to the telegraph, so that observations could be reported every three hours. An undergraduate was allowed to room in the McGill College building, so that he could take observations at the required times at the little observatory next door. He was C.H. McLeod, who continued on as Superintendent of the Observatory for 40 years, while progressing in

civil engineering, from member of McGill's first graduating class in engineering, to Professor of Geodesy and Surveying, and Vice-Dean of Applied Science. While the work of the Observatory went on, the Professorship of Meteorology was allowed to lapse, with Smallwood's death, for 88 years. Now there is a Department of Meteorology, with several professors, and once more, additional to the McGill Observatory, there is an observatory in the country west of Montreal. This is the McGill Radar Weather Observatory at Ste. Anne de Bellevue. Like the original observatory at St. Martin's (as we shall see), the emphasis at the new country observatory is on physical meteorology.

The following description of the original observatory at St. Martin's draws on the accounts by Hall and Smallwood in Volume IV of the *Canadian Naturalist and Geologist*, 1858.

Two wood engravings show the Smallwood Observatory "*distant twenty yards from the dwelling house of Dr. Smallwood.*" Regarding the external view, the small wooden building faces north, and comment can be related to the letters on the engraving.

(C) The thermometers for measuring air temperature and the dry and wet bulb thermometers for humidity are on the north wall, shaded from sun and rain. They have occupied the same position for some years, four feet above the ground, and have been verified twice a year. On summer evenings, of course, the north end of a house is in sunshine. The shading of the thermometers from this evening sun is provided by screens of Venetian blinds on either side of the building, at B.

(A) For measurement of solar radiation, another thermometer is set out from the southern end, its bulb kept blackened with Indian ink.

(D) An opening runs along the ridge of the roof allowing use of a transit telescope inside the building for time from the stars. Shutters cover this opening when it is not in use.

(E) The rain gauge has a receiver 13 inches in diameter twenty feet above the soil. A recording device inside the building shows the beginning and ending of the rain and the amount of precipitation. There is a separate snow-gauge, placed at ground level in an open space. The amount of snow is measured in such a way that it can be reduced to the corresponding amount of water. The winds is recorded continuously both as to speed and direction.

(F) is the rotating wind-velocity shaft surmounted by three hemispherical metal cups. These are similar in construction to those of the Reverend Dr. Robinson of Armagh, in the northern part of Ireland. The other rotating shaft, at (I), coming down from the large weather vane, gives the wind direction.

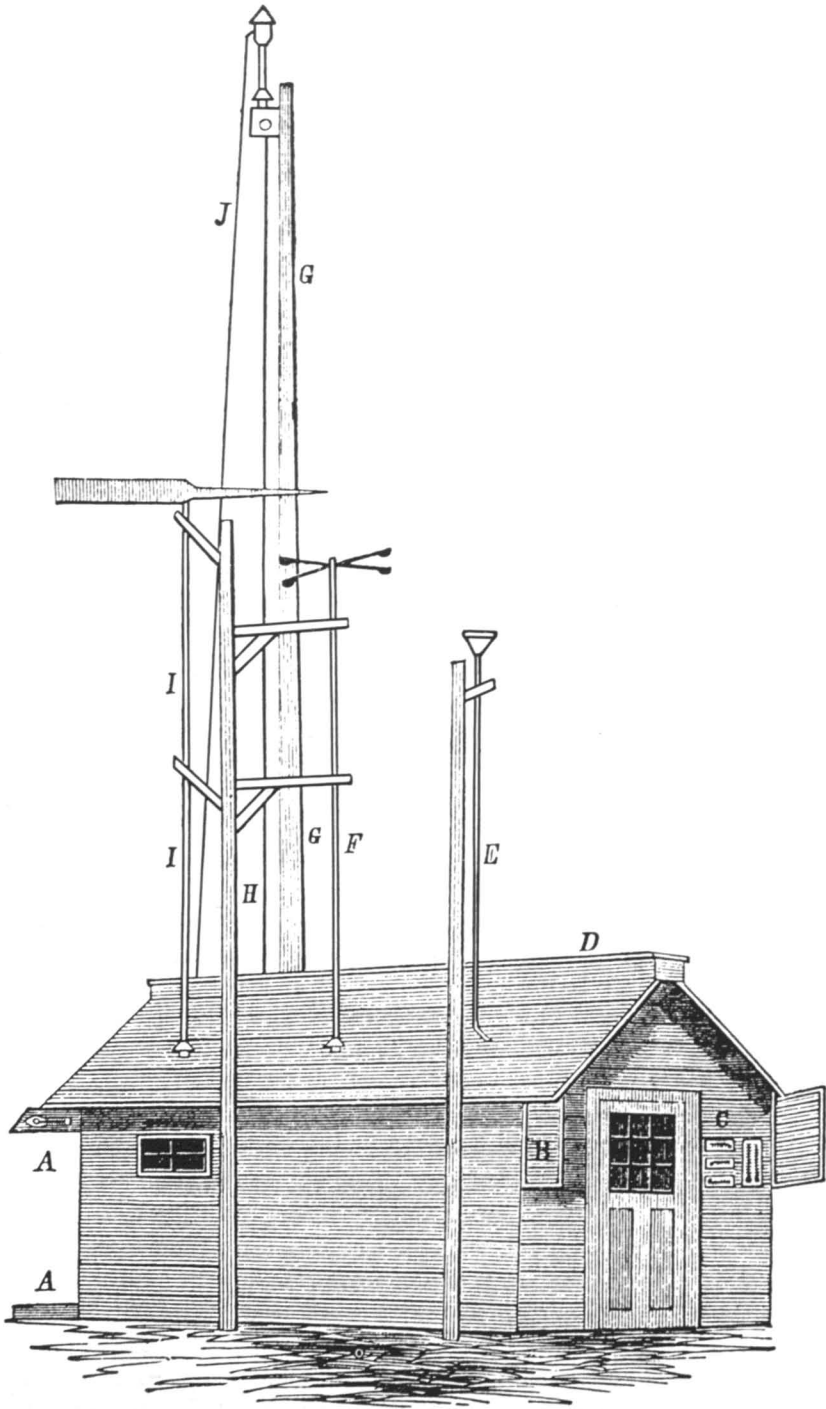


FIGURE 1. Dr. Smallwood's weather observatory in the grounds of his dwelling house at St. Martin's.

At (G) is an eighty-foot mast. A copper lantern is raised to the top of this mast by the cord at (H), for measurements of atmospheric electricity. (The flame of the lantern provides the ionisation around the lantern needed so that an electric current can be exchanged between the atmosphere and the lantern.)

At (J) a conducting wire leads down to a gold leaf electroscope and three electrometers. The Volta's electrometer, Dr. Smallwood notes, may be rendered self-registering with great facility, by the photographic process.

The inside of the observatory is shown in plan. Here (A) is the rather large recording machine for the anemometer. (B) is the transit telescope, under that opening along the ridge of the roof. C, D, E, F are all parts of the atmospheric-electricity measuring system. Small (e) is a spark-discharging apparatus with an index playing over a graduated scale, to measure during thunderstorms the force of the electric fluid by the length of the spark.

Dr Hall commented that the whole of this apparatus is the result of Dr. Smallwood's own handicraft. That the whole arrangements of the little room are a signal proof how much a man may do unaided and how well he can effect an object, when thrown entirely on his own resources. Dr. Hall took particular note of (T), an iron rod beneath the surface of the ground, connected with the spark discharger to ensure safety. He could not avoid a reflection in this context on an unfortunate Mr. Richman. One presumes that the unfortunate Richman had lacked any such grounding device.

H, I, J, K are barometers. (L) is a quadrant and artificial horizon, (M) a microscope for ascertaining forms of snow-crystals. (O) is a chemical ozonometer : one ounce of starch boiled in distilled water, with 10 grains of Iodide of Potassium added, spread on sized paper, which is found better than bibulous or unsized paper. One piece of this paper is mounted at (O), another at the top of the mast, for comparison.

"Observations for the purpose of Meteorology", to quote Dr. Smallwood, "are taken by the usual instruments, at 6 and 7 a.m. 2, 9 and 10 p.m. daily, besides extra hours, on any unusual occurrence. Constant tri-daily observations are also taken on the amount and kind of atmospheric electricity, also on the amount of Ozone, and likewise particular attention is directed to the phenomena of thunder storms — all of which observations are regularly recorded. Besides these daily observations, record is kept of the temperature of springs and rivers and the opening and the closing thereof, by ice; also on the foliation and flowering of plants and trees, and the periodic appearance of animals, birds, fishes and insects, besides the usual observations on auroras, haloes, meteors, zodiacal light, and any remarkable atmospheric disturbances".

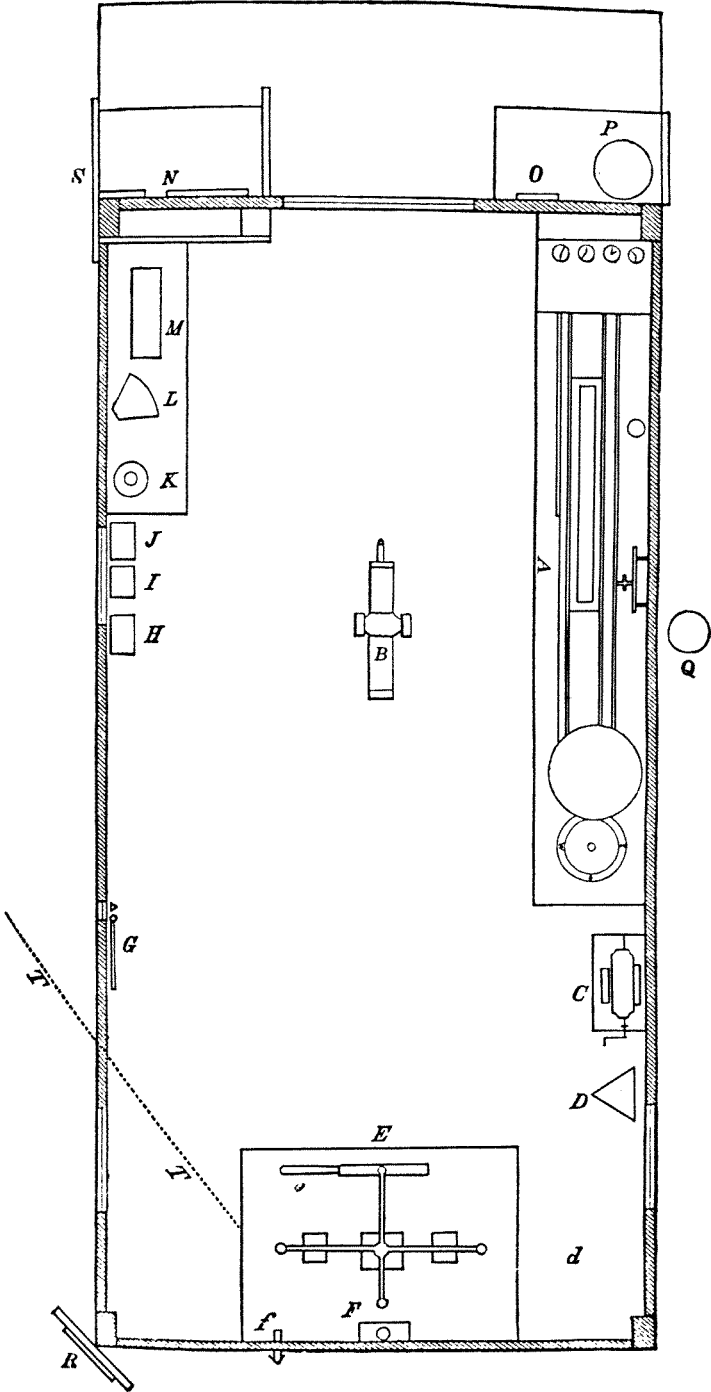


FIGURE 2. Plan view of the Smallwood Observatory. Reference to the lettered items is made in the text.

"Many of the instruments are self-registering and to some the photographic process may be applied, being constructed for that purpose."

The monthly register gave the thrice-daily observations of pressure, temperature, humidity, wind, clouds, precipitation and remarks. Additionally, for each month there are summary remarks. Take January, 1858, for example :

Barometer . . .	{	Highest, the 22nd day, 30.697 inches.
		Lowest, the 4th day, 29.070 inches.
		Monthly Mean, 29.907 inches.
		Monthly Range, 1.627 inches.
Thermometer.	{	Highest, the 26th day, 45°4.
		Lowest, the 23rd day, -18°7.
		Monthly Mean, 13°76.
		Monthly Range, 62°1.

Greatest intensity of the Sun's rays, 51°9.

Lowest point of terrestrial radiation, -19°2.

Mean of humidity, .786.

Rain fell on 5 days, amounting to 0.51 inches ; it was raining 34 hours and 40 minutes.

Snow fell on 7 days, amounting to 11.78 inches ; it was snowing 34 hours and 35 minutes.

Most prevalent wind, N.E. by E. Least prevalent wind, E.

Most windy day, the 12th day ; mean miles per hour, 16.36.

Least windy day, the 18th day ; mean miles per hour, 0.10.

Aurora Borealis visible 5 nights. Zodiacal Light very bright.

Parhelia and Mock Suns visible on 2 days.

The Electrical state of the atmosphere has indicated moderate intensity.

Ozone was in rather large quantity.

Items from subsequent summary remarks follow.

- | | |
|---------|---|
| Apr 58 | Frogs first heard on the 15th day.
Swallows seen on the 15th day. |
| May 58 | Shad first caught on the 29th day.
Frost occurred on the morning of the 14th day. |
| June 58 | Fireflies first seen on the 18th day. |
| Aug 58 | Aurora visible on 6 nights. |
| Sept 58 | First frost on the 14th day.
Comet first seen on the 5th September. |
| Dec 58 | Lunar halo visible on 1 night. |
| Mar 59 | A splendid Meteor in NNW at 8.50 p.m., 28th day.
<i>Picus vellosus?</i> woodpecker, seen on 1st day. |

Cornus corone, crows, first seen on the 8th day.

Frangitta melodia, song sparrow, first seen on 14th day.

Anser Canadensis, wild ducks (flying south), first seen on the 18th day.

- June 59 Parhelia on the 9th day.
Frost on the 4th and 5th days.
- Nov 59 Snowbirds ("Phlectrophanes nivalis") first seen on 3rd day.
- Jul 60 Eclipse of the Sun visible on the 18th day.
- Jul 61 Earthquake felt here at 9.03 p.m. 11th day.
Tornado in Montreal 9th day.

Those meticulous yet enterprising records, covering sixteen years of thrice-daily observations, are one outstanding contribution by Dr. Smallwood. A still more remarkable achievement is the observatory itself, so much of his own devising. As Dr. Hall wrote in 1858, "*Dr. Smallwood certainly deserves great credit for his perseverance of a favorite study, under the most unpromising circumstances; but in nothing is he so remarkable as in that peculiar ingenuity which has led him to overcome difficulties in the prosecution of scientific enquiry, which, to most minds, would have been utterly discouraging.*"

We who are associated with the present McGill Observatories know something of the problems that relate to regular weather observations, and to autographic recording, even with today's technology. We see the new observatory at Ste. Anne de Bellevue as a reincarnation, in a way, of the observatory at St. Martin, and we have learned from it of the need for perseverance. From the viewpoint of these experiences, we find delight and enchantment in looking back through a century at the Smallwood Observatory. It was a remarkable product of avocational enthusiasm, even in an era when amateurism was in full flower.

FEUILLAISSON ET DÉFOLIATION DES FEUILLUS AU QUÉBEC

G.-OSCAR VILLENEUVE

Service de Météorologie, Ministère des Richesses naturelles, Québec.

Résumé

L'observation de la feuillaison printanière et de la défoliation automnale des essences forestières à feuilles caduques à plus de 150 stations du Québec durant la décennie 1958-1967 permet de déterminer la date moyenne du débourrement des bourgeons, celle du plein épanouissement des feuilles, celle du début de la chute des feuilles et celle de la défoliation complète des essences feuillues. La cartographie des données montre un gradient phénologique dans le sens de la latitude et de l'altitude. La génétique des essences puis les facteurs de milieu semblent expliquer la répartition des isophènes et des isoplethes. Il faut aux arbres, suivant les essences, une accumulation d'énergie calorifique pour débourrer. À l'automne, la défoliation, qui ne se produit qu'après l'arrêt des activités physiologiques, est une conséquence de l'effet mécanique du vent et des précipitations.

Abstract

The observation of the spring foliation and autumn defoliation of the deciduous forest species at more than 150 stations in Québec during the 10 year period 1958-1967 has made it possible to determine the mean date for bud opening, complete leaf development, the beginning of the falling of leaves and complete defoliation of the above mentioned species. A mapping of these figures shows a phenological gradient both in altitude and latitude. At first, the genetics of the species, and then the environmental factors seem to explain the distribution of the isophanes and isopleths. For budding in the springtime, trees need a certain accumulation of calorific energy depending on the species. In the autumn, the defoliation which occurs only after the halt of the growth process, is a mechanical result of wind and precipitation.

Introduction

On sait que les bourgeons des arbres à feuilles caduques, qui se sont formés vers la fin de la saison d'été et qui demeurent en dormance durant la période hivernale, débourrent le printemps suivant avec l'arrivée des jours ensoleillés et chauds. On observe, en effet, que le débourrement débute, en

général, après que la température moyenne journalière a franchi la cote de 32 degrés Fahrenheit et que l'épanouissement complet des feuilles a lieu lors des premiers « jours d'été », c'est-à-dire lors des premiers jours à température maximale de 77 degrés F. ou plus (7).

Les botanistes affirment qu'à l'automne, le méristème donne naissance chez l'arbre à une zone de cellules minces et délicates au point de liaison du pétiole et de la tige. Cette zone subit des modifications chimiques qui permettent aux cellules de se séparer et lorsque souffle le vent, le pétiole plie, se rompt et finit par se détacher de la tige. On assiste alors au phénomène annuel de la défoliation (9).

Il semble que la durée de la feuillaison et celle de la défoliation soient des phénomènes phytosociologiques plus importants que ceux de la floraison et de la fructification, pourtant beaucoup plus spectaculaires (1). Cependant, s'est-on jamais arrêté à noter la date de débourrement des bourgeons ? A-t-on déjà mesuré la longueur de la période de plein épanouissement des feuilles ? Connaît-on la date de dépouillement des folifères ? C'est à ces questions que l'auteur essaie de répondre en cartographiant et en analysant brièvement quelques isophènes et isoplèthes de la saison de croissance végétale au Québec.

Origine des données

Les données phénologiques utilisées proviennent des relevés quotidiens de quelque 150 observateurs météorologiques et couvrent la période 1958-1967.

Depuis le tout début de la météorologie forestière au Québec, c'est-à-dire à partir de 1938, les observateurs enregistrent dans leur carnet d'observations quelques phénomènes phénologiques, entre autres ceux du débourrement des bourgeons, de l'épanouissement graduel des feuilles, du début de la chute des feuilles et de leur disparition progressive des arbres. Un grand nombre d'observateurs utilisent aussi, pour déterminer les dangers d'incendie forestier, une méthode d'évaluation de l'indice d'inflammabilité des forêts qui tient compte de la saison de croissance végétale et partant de l'état de la feuillaison et de la défoliation des essences à feuilles caduques (6).

Ainsi, ils doivent noter quotidiennement le pourcentage, évalué à l'estime, du développement des feuilles dans les arbres à feuilles caduques. Au printemps, ils indiquent le débourrement des bourgeons en inscrivant un premier pourcentage, par exemple de un pour cent; ce pourcentage augmente ensuite avec l'épanouissement graduel des feuilles et atteint sa valeur maximale de 100 le jour où toutes les feuilles sont complètement épanouies. À l'automne, le début de la chute des feuilles est marqué, dans le carnet d'observations, par une

diminution de la valeur de 100 pour cent. Ce pourcentage baisse ensuite d'une façon graduelle pour devenir nul le jour où toutes les feuilles caduques sont tombées (8).

Évidemment, il est très difficile aux observateurs d'évaluer d'une façon précise le pourcentage d'épanouissement des feuilles au printemps et celui de la quantité du feuillage encore retenu aux rameaux et aux branches des arbres à l'automne. Pour cette raison, les observateurs procèdent généralement à leur notation en inscrivant des multiples de cinq. Il est certain également que des observateurs sont plutôt conservateurs, alors que d'autres ont tendance à la générosité : d'où l'existence d'un coefficient personnel d'exactitude impossible à déterminer.

On sait que des stations météorologiques sont situées à l'orée de la forêt, tandis que d'autres sont installées en territoire agricole ou dans le voisinage des villes. Aussi, certaines profitent d'une exposition au sud et à l'abri des vents dominants, alors que d'autres subissent les aléas d'une exposition au nord ou sont exposées à des vents intenses. Il est donc nécessaire de connaître ces diversités, dans la localisation des stations et dans leur répartition, avant d'établir des calendriers phénologiques comparatifs.

Enfin, tout comme il convient de connaître la localisation ou le peuplement des essences sous observation, il faut se rappeler également que les essences à feuilles caduques observées peuvent différer d'une région à l'autre. C'est ainsi que dans la section du Haut-Saint-Laurent de Rowe, on note la présence de l'é- rable à sucre, du hêtre, du tilleul, du frêne, du bouleau jaune ou merisier, du chêne, du peuplier et du noyer, qui sont des vestiges d'anciens peuplements purs de feuillus, tandis que dans la section Chibougamau-Natashquan, on ne remarque comme essences feuillues que le bouleau blanc, le tremble et le peuplier, qui croissent dans des « peuplements purs » de résineux. La section du Haut Saint-Laurent fait partie de la région québécoise la plus au sud, alors que la section Chibougamau-Natashquan touche à la frontière de la taïga (4).

Les isophènes

L'étude des seules données de la dernière décennie permet l'utilisation des relevés d'un vaste réseau de stations et aussi d'une répartition représentative des points d'observation. L'auteur s'en tient donc aux phénomènes phénologiques de la période 1958-1967 et étudie les événements suivants :

- 1 – la date moyenne du débourrement des bourgeons;
- 2 – la date moyenne de la feuillaison à 50 pour cent;
- 3 – la date moyenne de la feuillaison complète;
- 4 – la date moyenne du début de la défoliation;
- 5 – la date moyenne de la défoliation à 50 pour cent;
- 6 – la date moyenne de la défoliation complète.

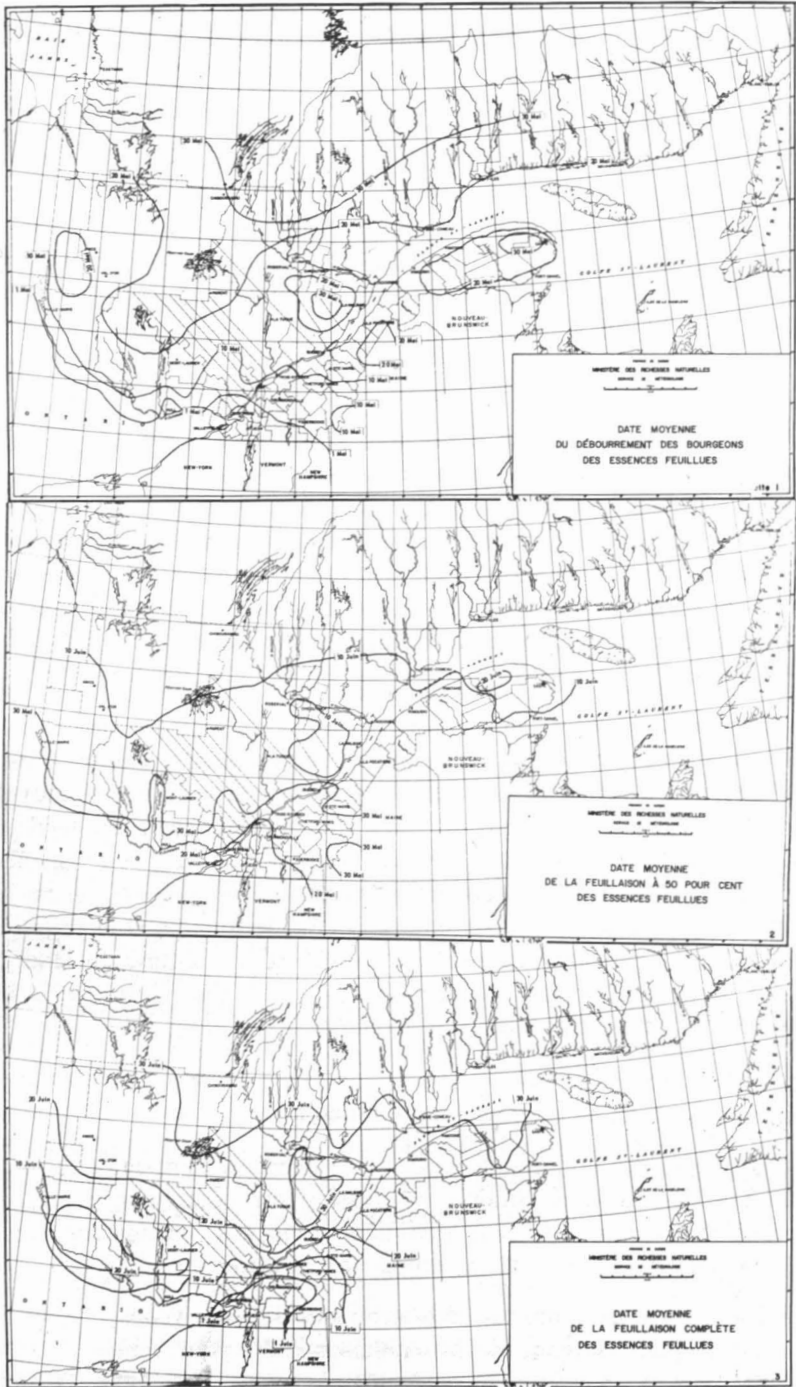


FIG. 1. Date moyenne du débourrement des bourgeons des essences feuillues.

FIG. 2. Date moyenne de la feuillaison à 50 pour cent des essences feuillues.

FIG. 3. Date moyenne de la feuillaison complète des essences feuillues.

Comme les stations météorologiques saisonnières, c'est-à-dire celles sous observation durant la saison de croissance des végétaux, sont presque toutes sous observation à la fin d'avril ou au début de mai, il se fait que la majorité d'entre elles rapportent des données sur le débourrement des bourgeons et l'épanouissement graduel des feuilles. Cependant, ces mêmes stations, dont le but premier est de relever les éléments météorologiques et phénologiques durant la période propice aux incendies forestiers, cessent d'opérer au moment où les dangers de feux de forêts sont disparus. Pour cette raison, le nombre des stations qui observent la défoliation, diminue à mesure que la saison d'automne avance. Il résulte que des 161 stations du printemps, il ne reste plus à l'automne que 57 stations qui font mention dans les rapports de la date de la défoliation complète. Ces dernières stations sont dites permanentes parce qu'on y procède en fait à des observations météorologiques à longueur d'année.

1 — *Date moyenne du débourrement des bourgeons*

Les isophènes de la fig. 1 ont été tracées d'après les observations de 161 stations uniformément réparties sur tout le territoire du Québec situé au sud du 51^{ème} parallèle de latitude. Elles indiquent la date moyenne du débourrement des bourgeons durant la période de 1958-1967. L'isophène la plus au sud montre que le départ de la saison végétative chez les essences à feuilles caduques a lieu en avril dans la région de Montréal et le long de l'Outaouais. Ce départ ne se produit que le 10 mai à mi-distance entre Québec et Trois-Rivières sur le Saint-Laurent. Il est retardé jusqu'au 20 mai au nord du lac Saint-Jean, dans le massif laurentien et à l'intérieur de la péninsule gaspésienne. Le débourrement des bourgeons n'est enregistré qu'en juin au centre-nord du Québec méridional et dans les Shickshocks. On remarque aussi un retard sur les stations environnantes dans une région de peu d'étendue en Abitibi, dans quelques localités du comté de Mégantic et sur les hauteurs des comtés de Montmagny, l'Islet et Kamouraska.

2 — *Date moyenne de la feuillaison à 50 pour cent*

Il serait téméraire de vouloir montrer l'avance progressive de la feuillaison en cartographiant les stades de l'épanouissement des feuilles à chaque augmentation de 10 pour cent. Cependant, il est permis de supposer que le stade de 50 pour cent, même avec les aléas dus aux observations, est représentatif, dans son ensemble, du développement foliaire. Ainsi, à la figure 2, des isophènes, tracées d'après les valeurs de 161 stations, indiquent que la région la plus au sud du Québec est évidemment la plus avancée au point de vue phénologique, que les feuilles des essences à feuilles caduques y sont à la moitié de leur plein épanouissement dès le 20 mai, mais qu'il faut pour observer le même phénomène attendre au 10 juin dans la partie la plus au nord du Québec méridional, dans le massif laurentien et dans le massif gaspésien. Dans les Shickshocks, certaines localités n'indiquent une feuillaison à 50 pour cent qu'après le 20 juin.

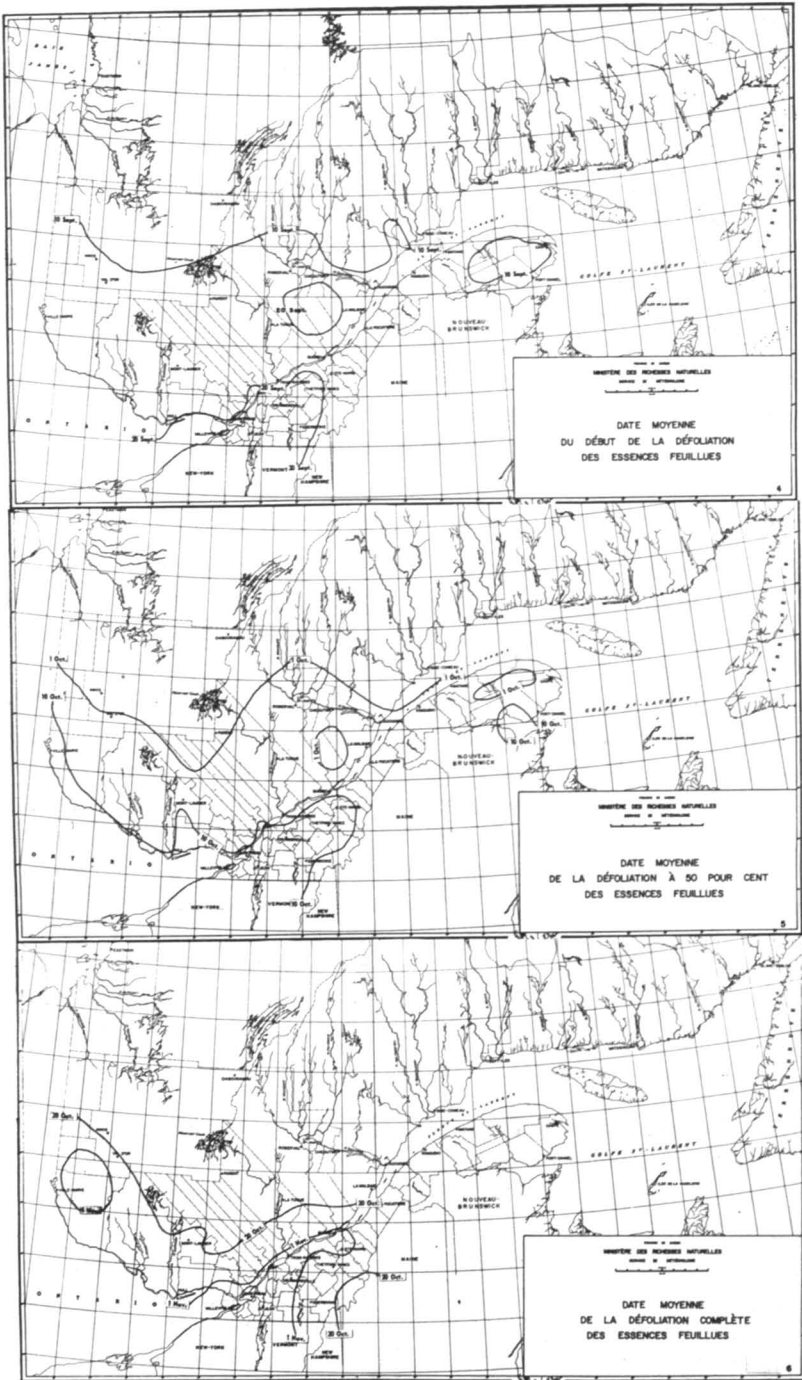


FIG. 4. Date moyenne du début de la défoliation des essences feuillues.

FIG. 5. Date moyenne de la défoliation à 50 pour cent des essences feuillues.

FIG. 6. Date moyenne de la défoliation complète des essences feuillues.

3 — *Date moyenne de la feuillaison complète*

La végétation est en été, c'est-à-dire qu'elle possède des feuilles complètement épanouies, à partir du 1er juin dans la région climatique la plus favorisée du Québec (fig. 3). C'est exactement un mois plus tard que le phénomène se produit dans la région la plus au nord du Québec méridional, dans le massif laurentien et dans le massif gaspésien. Il faut noter qu'il existe un décalage de 15 jours entre Montréal et Québec, de 20 jours entre Montréal et Amos et de 10 à 15 jours entre les rives du lac Saint-Jean et les hauteurs environnantes. Cette situation est confirmée par les données phénologiques de 161 stations.

4 — *Date moyenne du début de la défoliation*

À la figure 4, les valeurs phénologiques de 152 stations indiquent seulement deux isophènes, celle du 20 septembre qui embrasse la région la plus chaude du Québec et celle du 10 septembre qui va de l'Abitibi au nord du lac Saint-Jean pour se rendre aux embouchures des rivières aux Outardes et Manicouagan. On remarque aussi les massifs laurentien et gaspésien qui indiquent dans le premier cas une défoliation plus tardive que le 20 septembre et dans le deuxième une défoliation plus hâtive que le 10 septembre. C'est dire que, sauf dans le Haut-Saint-Laurent, presque tout le Québec habité voit le début de la chute des feuilles avant le 20 septembre.

5 — *Date moyenne de la défoliation à 50 pour cent*

Les raisons qui ont incité l'auteur à présenter la figure 5, sont les mêmes que celles qu'il a apportées pour motiver la présentation de la figure 2. La figure 5 n'est toutefois basée que sur les valeurs de 98 stations. Ces valeurs suffisent cependant pour confirmer la présence au Québec d'une région toujours privilégiée au point de vue végétatif, celle qui embrasse toutes les basses terres du Haut-Saint-Laurent où la date moyenne de la défoliation à 50 pour cent a lieu après le 10 octobre. Au nord du Québec méridional, de même que dans les massifs laurentien et gaspésien, ce stade de la défoliation se réalise toujours avant le premier octobre. Il faut prendre note que quelques localités de la baie des Chaleurs jouissent d'un retard qui les place dans la même chronologie que la région du Haut-Saint-Laurent, c'est-à-dire au stade de 50 pour cent de la défoliation après le 10 octobre.

6 — *Date moyenne de la défoliation complète*

La cessation des observations en septembre ou en octobre à un grand nombre de stations météorologiques saisonnières est la cause du peu de données disponibles permettant de tracer les isophènes de la date moyenne de la défoliation complète des essences feuillues. En effet, 57 stations seulement rapportent la fin de la défoliation (figure 6), alors que 161 notaient le débouurre-

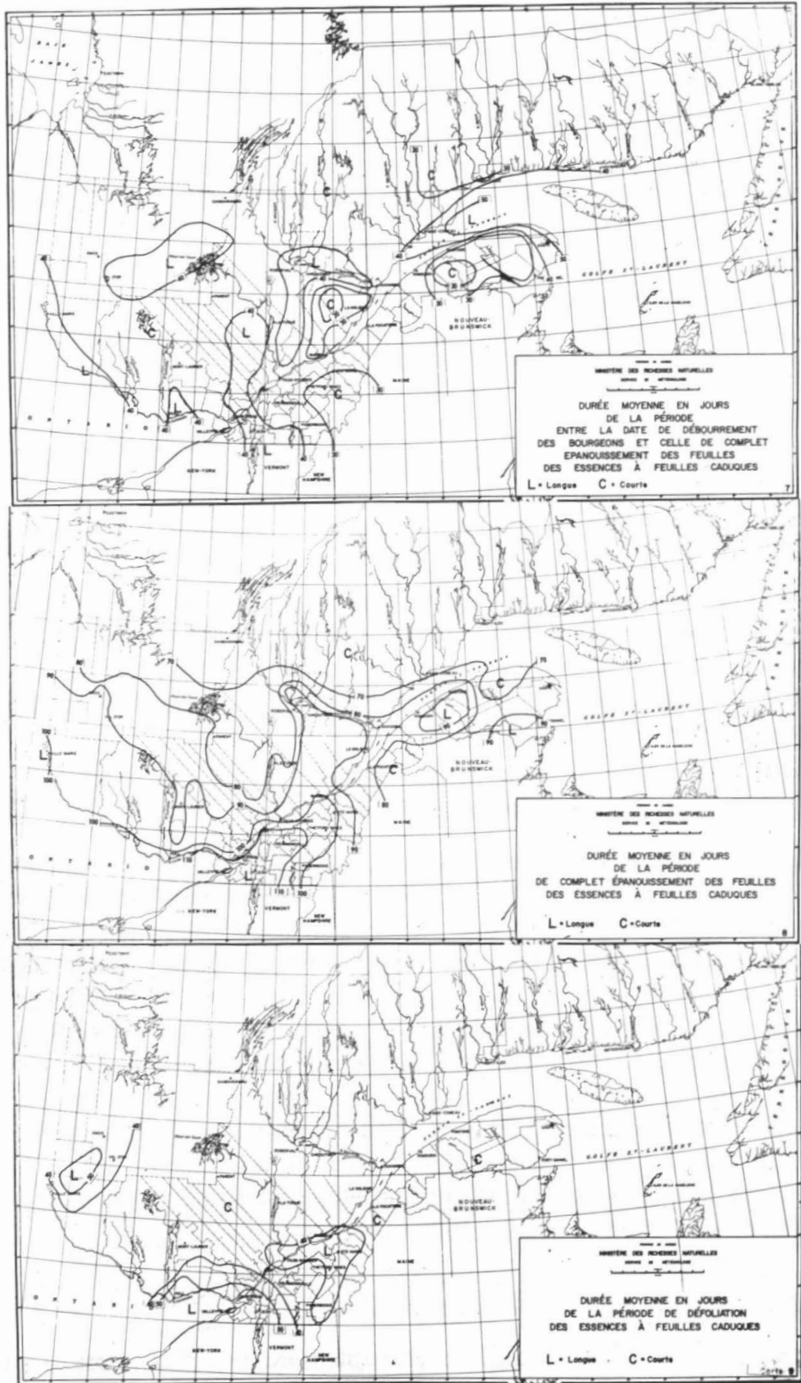


FIG. 7. Durée moyenne en jours de la période entre la date de débourrement des bourgeons et celle de complet épanouissement des feuilles des essences à feuilles caduques. FIG. 8. Durée moyenne en jours de la période de complet épanouissement des feuilles des essences à feuilles caduques. FIG. 9. Durée moyenne en jours de la période de défoliation des essences à feuilles caduques.

ment des bourgeons (figure 1). Ces 57 stations sont presque toutes situées dans la région la plus au sud du Québec, plus particulièrement au sud du fleuve Saint-Laurent. Elles sont clairsemées dans Pontiac, Témiscamingue et l'Abitibi de même que dans la région allant de Bellechasse à Gaspé. Leur nombre permet tout de même le tracé de l'isophène du premier novembre autour des basses terres du Haut-Saint-Laurent et celui de l'isophène du 20 octobre au coeur de l'Ouest québécois et à l'extrémité sud-est de l'Estrie.

La fin de la défoliation a lieu au milieu d'octobre au lac Saint-Jean alors que ce phénomène se produit après le 20 octobre dans la région qui va de Bellechasse à Gaspé.

Les isoplèthes

S'il est intéressant de connaître les dates de certains événements phénologiques comme celles du débourrement des bourgeons, de l'épanouissement complet des feuilles, du début et de la fin de la défoliation, il n'en est pas moins d'intérêt général de calculer certaines périodes et d'établir les isoplèthes de ces périodes. Ainsi, l'auteur présente aux figures 7, 8, 9 et 10, les périodes suivantes :

7 – la durée moyenne en jours de la période entre la date de débourrement des bourgeons et celle de complet épanouissement des feuilles;

8 – la durée moyenne en jours de la période de complet épanouissement des feuilles;

9 – la durée moyenne en jours de la période de défoliation;

10 – la durée moyenne en jours de la période foliaire totale.

Comme il a été dit précédemment, les observations phénologiques printanières proviennent d'un plus grand nombre de stations que les observations phénologiques automnales. Dans le calcul des diverses périodes mentionnées ci-haut, les valeurs de 161 et 152 stations ont été utilisées respectivement pour le tracé des isoplèthes des figures 7 et 8, tandis que 58 stations seulement ont pu fournir les données nécessaires à la préparation des figures 9 et 10.

Il s'en suit que les figures 7 et 8 couvrent tout le Québec méridional, alors que les cartes 9 et 10 ne permettent des isoplèthes que pour l'extrême sud du Québec.

7 — *Durée moyenne de la période de feuillaison*

Les observations de 161 stations permettent le calcul de la longueur de la période de feuillaison au printemps, c'est-à-dire de la période entre la date

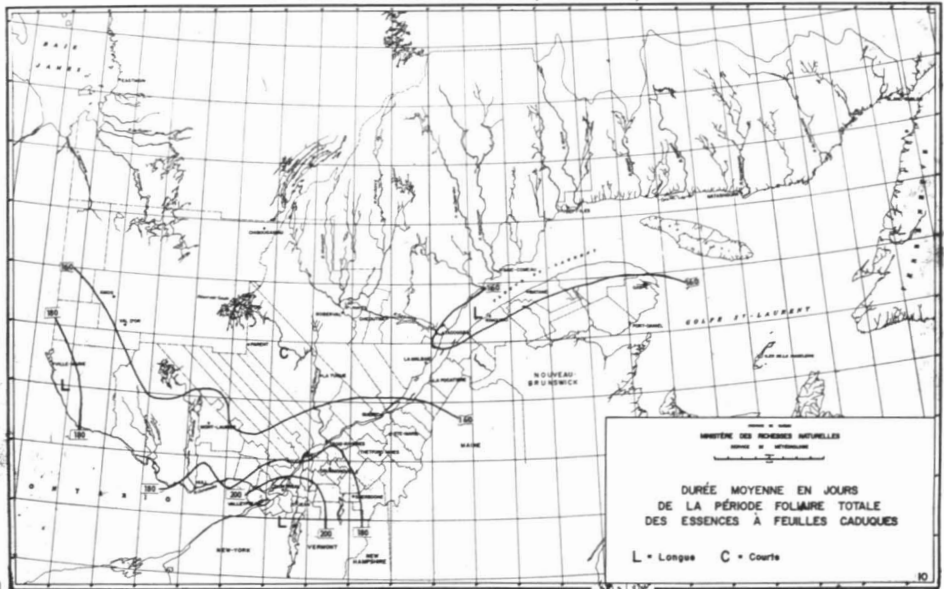


Fig. 10. Durée moyenne en jours de la période foliaire totale des essences à feuilles caduques.

de débourrement des bourgeons et celle de complet épanouissement des feuilles. Cette période dans le Québec méridional peut s'étendre sur plus de 40 jours. C'est ce qu'on remarque dans la région de Montréal, celle du Saguenay-Lac Saint-Jean et sur les deux rives du fleuve Saint-Laurent en bas de Bersimis et de Cap-Chat. Cette période est relativement plus courte dans le massif laurentien, le massif gaspésien et la région sud-est du Québec autour de la Beauce (figure 7).

8 — *Durée moyenne de la période de complet épanouissement*

La période de complet épanouissement signifie le nombre de jours entre la date à laquelle les feuilles ont atteint leur complet épanouissement et celle à laquelle la chute des feuilles a débuté. En somme, cette période est celle durant laquelle les arbres ont vécu avec leur feuillage à maturité. Les 152 stations qui ont servi au tracé des isoplèthes illustrant cette période, sont uniformément réparties sur tout le territoire du Québec méridional. Elles permettent d'apercevoir un gradient qui va du sud au nord, c'est-à-dire des isoplèthes de 110 et de 100 jours au sud et des isoplèthes de 80 et de 70 jours au nord. Le lac Saint-Jean, le massif laurentien, le massif gaspésien et le haut des comtés de Kamouraska et Témiscouata apportent évidemment des modifications à la direction générale du gradient équiscaire (figure 8).

9 — *Durée moyenne de la période de défoliation*

La période de défoliation des essences feuillues n'est basée que sur les observations de 58 stations, à peu près toutes situées dans la partie la plus au

sud du Québec. Cette période dépasse 50 jours dans la région de Montréal et dans une petite région située au centre de l'Ouest abitibien. Elle dépasse 40 sur le fleuve Saint-Laurent à la hauteur de Québec et dans l'Estrie à l'ouest de Sherbrooke. Ailleurs, elle varie autour de 25 à 35 jours (figure 9).

10 — *Durée moyenne de la période foliaire totale*

Le nombre de jours entre la date de débourrement des bourgeons et celle de la fin de la chute des feuilles n'a été obtenu qu'avec les valeurs de 58 stations. Ce réseau permet tout de même un tracé d'isoplèthes qui prouve que la région de Montréal est toujours celle jouissant de la plus longue période foliaire. En effet, les isoplèthes de 200 jours, puis de 180 jours et enfin de 160 jours présentent le décroissement graduel de cette période foliaire du sud au nord. L'effet retardateur de la mer est marqué en bas de Tadoussac par une isoplèthe de 160 jours, alors que partout ailleurs au Québec, la période foliaire totale est au-dessous de cette valeur (figure 10).

La phénologie végétale

La phénologie est l'étude de la chronologie des stades de la vie végétale et animale, en relation avec le temps et le climat. La feuillaison et la défoliation des arbres constituent une partie de la phénologie qui n'a jamais été prioritaire parce que les chercheurs ont toujours porté, dans le passé, plus d'attention aux plantes agricoles qu'aux essences forestières. Cependant, la végétation forestière, en plus de constituer un apport économique important, traduit dans de nombreuses régions la qualité des sols et définit les conditions climatiques des lieux de sa croissance (5). C'est dire que la croissance des plantes dépend de plusieurs facteurs de milieu dont les principaux ont trait au climat, comme, par exemple, la température, l'insolation, la précipitation, etc. Il existe donc une relation entre la phénologie des plantes et à la fois la latitude et l'altitude. La saison de croissance, en effet, est de plus en plus courte à mesure qu'on s'avance vers le nord ou qu'on s'élève en montagne. Toutes choses étant égales, le gradient phénologique démontre ce phénomène. Cependant, il arrive pour quelques espèces de plantes, que les longs jours d'été des hautes latitudes, à cause de leur plus longue durée d'insolation, compensent jusqu'à un certain point, pour les températures relativement plus basses de ces latitudes.

La durée de la feuillaison, c'est-à-dire la longueur de la période entre la date de débourrement des bourgeons et celle de complet épanouissement des feuilles, dans le cas des essences forestières, ne consiste pas en un nombre spécifique de jours, mais plutôt en une quantité d'énergie calorifique à laquelle s'ajoute évidemment une durée minimale de rayonnement solaire. Ainsi, les essences à feuilles caduques du massif laurentien arrivent à leur plein épanouis-

sement des feuilles après une période plus courte de croissance que celle de la région de Montréal où le débourrement des bourgeons a lieu beaucoup plus tôt au printemps.

Dans la plaine de Montréal, l'activité physiologique se manifeste tôt au printemps (débourrement des bourgeons le 20 avril à Iberville et à Saint-Lin, le 24 avril à Sainte-Clotilde et le 28 avril à Rigaud); mais le rythme du développement phénologique est lent (épanouissement complet des feuilles le premier juin à Sainte-Clotilde et à Rigaud); c'est dire que ce rythme semble suivre la progression du rayonnement solaire dont l'intensité s'accroît à un taux plutôt faible au début de la saison de croissance.

Dans le massif laurentien, le même phénomène se produit plusieurs semaines plus tard (débourrement des bourgeons le 30 mai au lac Jacques-Cartier et à La Galette), mais la période qui s'écoule entre le débourrement des bourgeons et le plein épanouissement des feuilles n'est que de la moitié en durée de celle observée dans la région de Montréal (développement complet des feuilles le 30 juin au lac Édouard et le 4 juillet à Van Bruyssel) (durée de la feuillaison de 20 jours au centre du massif laurentien et de plus de 40 jours dans la région de Montréal). On sait qu'il faut aux essences forestières avoir accumulé une provision d'énergie calorifique avant de débourrer au printemps (9). Les jours de croissance dans le massif laurentien correspondent donc à un accroissement plus accéléré de l'intensité et de la durée du rayonnement solaire. En somme, les unités calorifiques requises pour l'épanouissement des feuilles se répartissent à Montréal sur une période deux fois plus longue que celle dont profite le massif laurentien.

Par suite du type de climat et des essences forestières qui y croissent, il existe ainsi, dans le massif laurentien, un printemps climatique relativement plus court que celui de la région de Montréal.

À l'automne, on constate également une fin de saison de croissance plus hâtive dans le massif laurentien que dans la plaine de Montréal. Alors que le début de la défoliation a lieu approximativement aux mêmes dates à la fois dans le massif laurentien et dans la plaine de Montréal (le 19 septembre à Barrière Stoneham, le 22 septembre à La Galette et le 23 septembre au lac Jacques-Cartier en regard du 20 septembre à Iberville, du 21 septembre à Sainte-Clotilde et du 22 septembre à Rigaud), la fin de la défoliation ou la date de la défoliation complète n'a lieu qu'en novembre dans la région de Montréal (le 9 novembre à Iberville et à Rigaud et le 12 novembre à Sainte-Clotilde), tandis qu'elle se produit dès le début d'octobre dans le massif laurentien et dans la deuxième moitié d'octobre dans la région de Québec (le 22 octobre à Sainte-Perpétue de l'Islet et le 25 octobre à Saint-Alban de Portneuf).

La génétique des essences d'abord, puis l'accumulation d'une certaine quantité d'énergie calorifique, font que les arbres débourent plus tôt dans les parties sud de la province que dans les parties nord. Également, la génétique des essences est cause d'une défoliation plus hâtive dans les parties nord que dans les parties sud. Interviennent ensuite pour la feuillaison l'énergie calorifique, l'intensité et la durée du rayonnement solaire, puis pour la défoliation, le vent et les précipitations (9). On peut ajouter que les feuilles d'automne ont terminé leur vie parfois plusieurs jours avant de se détacher de l'arbre. Leur chute au sol n'est donc pas fonction d'un décroissement de l'énergie solaire ou d'une diminution de la durée d'insolation, mais de la vitesse du vent et souvent de l'intensité de la précipitation.

La chute même des feuilles constitue en somme un phénomène mécanique, lui-même conséquence de la cessation des activités physiologiques. C'est ainsi qu'aux stations du littoral bien exposées aux vents, la période de défoliation est relativement courte, alors qu'aux stations de l'intérieur bien abritées, cette période est comparativement plus longue. Cependant, nombre de stations du littoral du Saint-Laurent sont situées à l'abri des vents dominants ou des vents violents; elles jouissent ainsi au maximum de l'effet modérateur de la mer et de températures automnales relativement plus élevées que celles de l'intérieur des terres. Par exemple, on enregistre 44 jours de défoliation à Tadoussac, 49 jours à Trois-Pistoles et 53 jours à Cap-Madeleine, comparativement à 41 jours à Barrière Mitis et 33 jours à Saint-Jean-de-Cherbourg. Sur les sommets, comme à Tour Grande-Vallée, où la défoliation ne dure que 33 jours, il est évident que les vents forts écourtent la période de défoliation.

On remarque également, lors de certaines saisons automnales calmes et à précipitations légères ou peu intenses, une conservation plus longue du coloris du paysage, c'est-à-dire une défoliation relativement lente des essences à feuilles caduques.

Pour résumer, on peut conclure que les activités physiologiques des arbres étant terminées, ce sont les agents atmosphériques, plus particulièrement les vents forts et les précipitations intenses qui se chargent de les dépouiller de leurs feuilles.

Climat — Feuillaison — Défoliation

Lorsqu'on superpose les cartes phénologiques et les cartes climatiques du Québec, on constate de nombreuses similitudes dans le tracé des isolignes (2, 3). Ainsi, les isothermes de la température moyenne annuelle, les isolignes de la dernière gelée de printemps et celles de la première gelée d'automne, les isogrammes de la période sans gel et celles du facteur calorifique annuel indi-

quent la présence sur les basses terres du Haut-Saint-Laurent et dans le bassin de l'Outaouais d'un climat plus chaud et d'une saison estivale plus longue que partout ailleurs au Québec. Les mêmes cartes climatiques font ressortir le relief des massifs laurentien et gaspésien, le bassin du lac Saint-Jean, l'effet modérateur de la mer dans le bas Saint-Laurent et le golfe et le décroissement latitudinal des températures du sud au nord dans la partie la plus continentale du Québec méridional.

Les cartes phénologiques présentent dans leur ensemble les mêmes caractéristiques et prouvent de cette façon que la végétation forestière reflète les traits climatiques du pays. En effet, cette végétation, naturelle ou adaptée aux conditions de milieu, croît d'une façon optimale à l'intérieur des limites climatiques du territoire qu'elle occupe. Par exemple, à l'extrémité nord de l'aire de l'érable à sucre, le débourrement des bourgeons de cette essence a lieu plus tôt que celui des bourgeons du tremble; par contre, dans la même aire, la défoliation du tremble précède celle de l'érable à sucre. C'est dire que la période foliaire est fonction d'abord de l'essence végétale comme telle, c'est-à-dire de sa génétique. Une essence végétale donnée possède une période de croissance de durée optimale avec des besoins minima d'énergie calorifique, d'insolation, etc. Elle peut être fonction ensuite des facteurs variables de milieu qui, comme il est mentionné plus haut, peuvent hâter ou retarder son développement. Il n'est donc pas question de relier exclusivement le débourrement des bourgeons et la chute des feuilles aux conditions climatiques, mais bien de constater, dans un type donné de climat et de sol, la croissance d'essences forestières déterminées. C'est seulement après cette constatation qu'on peut apprécier l'influence des conditions atmosphériques saisonnières sur la croissance de ces essences forestières.

Sommaire et conclusion

L'enregistrement par les observateurs météorologiques du Québec de données phénologiques régulières sur le développement des feuilles dans les arbres à feuilles caduques, depuis le débourrement des bourgeons au printemps jusqu'à la défoliation complète à l'automne, a incité l'auteur à calculer les dates moyennes de quelques stades de la feuillaison et de la défoliation. La décennie 1958-1967 permettant une utilisation des données d'un nombre maximum de points d'observation, en même temps qu'une répartition représentative des stations, l'auteur a cartographié dix séries de valeurs moyennes basées sur cette période, pour en tracer des isophènes et des isoplèthes qui déterminent respectivement la progression des événements et la durée de ces événements. Il conclut que la période foliaire des essences à feuilles caduques est d'abord déterminée par la génétique même des essences, lesquelles croissent normalement à l'intérieur d'aires climatiques définies, puis par les conditions atmosphériques sai-

sonnières qui peuvent fournir aux arbres une quantité d'énergie calorifique et rayonnante d'une façon hâtive ou tardive suivant les circonstances.

Références

- 1- BRAUN-BLANQUET, J., 1932. Plant sociology. McGraw-Hill Book Company Inc. New York. 439 p.
- 2- FERLAND, Michel et Raymond GAGNON, 1967. Climat du Québec méridional. *Bull. Serv. Météor. Min. Rich. nat. Québec*, MP-13, 93 p.
- 3- PERRIER, Raymond, 1967. Probabilités de gel au Québec. *Bull. Serv. Météor. Min. Rich. nat. Québec*, M-23, 138 p.
- 4- ROWE, J.S., 1959. Forest Regions of Canada. *Bull. For. Brch. Can.* n° 123, 71 p.
- 5- VÉZINA, Paul-E. and Mirosław M. GRANDTNER, 1965. Phenological observations of Spring Geophytes in Québec. *Ecology*, **46** (6): 869-872.
- 6- VILLENEUVE, G.-Oscar, 1964. Méthode d'évaluation des dangers d'incendie forestier au Québec. *Bull. Serv. Météor. Min. Rich. nat. Québec*, M-10, 86 p.
- 7- VILLENEUVE, G.-Oscar, 1966. Sommaire climatique du Jardin botanique de Montréal. *Bull. Serv. Météor. Min. Rich. nat. Québec*, MP-7, 65 p.
- 8- VILLENEUVE, G.-Oscar, 1968. Le carnet de l'observateur météorologique. *Feuille météorologique*, **7** (3): 97-109.
- 9- VILLENEUVE, G.-Oscar, 1969. Feuillaison et défoliation au Jardin zoologique de Québec. *Jeune Sci.*, **7** (7): 178-181.



THE USEFULNESS OF CLIMATIC NORMALS FOR PLANT ZONATION IN CANADA ¹

C.E. OUELLET

*Agrometeorology Section, Plant Research Institute
Canada Department of Agriculture, Ottawa*

Résumé

L'auteur décrit la répartition des stations possédant des relevés climatiques de plusieurs années par rapport à leur latitude et altitude. Il analyse la distribution géographique des normales de quatre variables climatiques. Ce sont la moyenne mensuelle des températures minimum quotidiennes du mois le plus froid, la moyenne mensuelle des températures maximum quotidiennes du mois le plus chaud, la longueur moyenne de la période sans gel, et la chute de pluie totale de juin à novembre, inclusivement. Parce que les normales de ces variables semblent représentatives des différents climats régionaux et qu'elles montrent généralement une grande variabilité, l'auteur en conclut que l'usage des normales climatiques dans la régionalisation des plantes sur un grand territoire présente des avantages. Il mentionne aussi quelques difficultés concernant le genre de modèle de régression généralement utilisé dans la régionalisation climatique des plantes.

Abstract

The latitudinal and altitudinal distributions of long-term record stations in Canada were described. The geographical frequency distributions of normals for four climatic variables were analyzed. The variables were: monthly mean of daily minimum temperatures of coldest month, monthly mean of daily maximum temperatures of warmest month, mean frost-free period, and amount of rainfall from June to November, inclusive. Because the normals of these variables were found to be well representative of regional climatic patterns and generally showed a wide range of variation, the use of climatic normals in plant zonation studies over a large territory was considered advantageous. Some difficulties related to the type of regression model generally used in climatic plant zonation were discussed.

1. Contribution No. 709 of the Plant Research Institute.

Introduction

Climatic normals were defined by Court (7) as averages of a climatic element over many years. They have been used to estimate the crops that can be grown, heat that will be required for crops, water that might be available, and in other applications (7). However, a trend has developed during the last decade to question the usefulness of climatic normals to solve agroclimatological problems. In the face of such criticisms, one can ask whether there are any types of agroclimatological studies in which the use of climatic normals is advantageous. It seems that the answer should be deduced from the following assumption: the length of the period on which the climatic data are to be based should be fitted to the nature of the problem, the type of biological data, and the size of the area. If the problem to be solved is the climatic zonation of a plant or a group of plants over a large territory using a mathematical model and normal phenological values, it seems logical to relate the normals of pertinent climatic factors to these phenological data.

Recently, the use of climatic normals was applied to the climatic zonation of ornamental trees and shrubs for winter survival in Canada (9) and a map of plant hardiness zones was prepared (10, 11). The present study was undertaken to examine some characteristics of climatic normals which make them valuable in determining plant zonation over large territories and to point out some difficulties to be overcome when using them. The geographical variability and distribution of four climatic variables, which were found to be important in the winter survival of ornamental trees and shrubs (9), were analysed, although the choice of particular variables to be used would vary from one zonation problem to another. Here, we have used the normals published for 760 Canadian weather stations (9). They were grouped according to large regions (individual provinces or groups of provinces) differing significantly in climatic patterns. Even though their grouping based on more complex physiographic procedures would have been more precise, the simpler method used here met the requirements of this study.

This paper describes the distribution of Canadian long-term record stations in regard to latitude and altitude; it presents statistical analyses of the frequency distribution of four climatic variables; and it discusses these results in relation to the possible use of climatic normals for climatic plant zonation.

Material and methods

For a representative description of climatic variable distribution in relation to plants, the country was divided into two parts: southern Canada (S. Can.)

including all provinces, and northern Canada (N. Can.) including Yukon and Northwest Territories. In 1961, 99.8 percent of the whole Canadian population and 99.995 percent of the total occupied agricultural land were found in southern Canada, although the latter included only 59 percent of the total Canadian land surface (2). The number of long-term record stations amounted to 712 in southern Canada, but only 46 in northern Canada. Southern Canada was subdivided into seven regions differing significantly in climatic patterns: British Columbia (B.C.); the prairies (Prair.) including the provinces of Alberta, Saskatchewan and Manitoba; Ontario (Ont.); Québec (Que.); and the Atlantic area (Atla.) including the provinces of Nova Scotia, New Brunswick, Prince Edward Island and Newfoundland. To study their distribution, stations were grouped into class intervals of one degree for latitude and 30.5 meters (100 ft) for altitude.

The four climatic variables to be analyzed were those used in the zonation study of woody ornamentals (9). They involved temperature and precipitation, commonly considered as the two elements most important in connection with climatic plant zonation. They were: monthly mean of daily minimum temperatures of coldest month (MIN), monthly mean of daily maximum temperatures of warmest month (MAX), mean frost-free period in days from the date of last 0°C in spring to the first 0°C in fall (FFP), and mean total amount of rain from June to November inclusive (RAIN). The MAX, MIN and RAIN data were the averages of thirty years extending from 1931 to 1960 or an appreciable number of years within this period (4). Those for FFP were the averages over a variable number of years (1). The data for northern Canada were generally based on a ten-year period (1, 4). The values of temperature and rain were expressed in degrees Celsius and millimeters respectively.

Statistics used in the analysis of geographical distribution of variables indicated: 1. Central tendency: mean, median and mode. 2. Spread of distribution: standard deviation and quartile range. 3. Normality: coefficients of skewness and kurtosis. 4. Relationships between variables: simple coefficient of correlation. As several distributions departed from normality, the use of both parametric (mean, standard deviation, etc) and non parametric (median, mode, etc) methods seemed desirable to insure a more complete description of the variables. Means, standard deviations, coefficients of skewness and kurtosis, and simple correlation coefficients were calculated after Snedecor (12). Techniques suggested by Conrad and Pollack (6) were applied in the calculation of medians, modes and quartiles. Curves were also drawn to illustrate the general features of the distributions. The dots on the curves represent the percentages of stations corresponding to the class intervals of variables. The latter were 2.8°C for MIN, 1.4°C for MAX, 10 days for FFP, and 63.5 mm for RAIN.

Results

DISTRIBUTION OF LONG-TERM RECORD WEATHER STATIONS

The density of long-term record weather stations was greater at low than high latitudes (Table I). In southern Canada, which stretches over 19.5 degrees of latitude, 75 percent of the stations were scattered over the 9.5 lower degrees. Seventy-five percent were distributed over the 4.3 lower degrees of latitude in the Prairie provinces which extend over 11 degrees. In Manitoba, 33 stations were between the latitudes 49 and 51°, but only 15 between 51 and 60°. As to Alberta province, 78 stations were located between the latitudes 49 to 57°, while only seven were found between the latitudes 57 to 60°, that is in the Peace River area. Distribution of stations was the most uniform in Nova Scotia and New Brunswick. In northern Canada, which stretches over 22.5 degrees, 75 percent of the stations were scattered over the nine lower degrees.

TABLE I

Quartile distribution (Q) of long-term record weather stations within the approximate latitudinal range (L) of regions and provinces.

Regions and Provinces	No. of stations	L. range		Quartiles (L)		
		Lowest	Highest	Q ₁	Q ₂	Q ₃
British Columbia	147	48°33'	60°0'	49°26'	50°12'	53°02'
Prairies	218	49°0'	60°0'	49°49'	51°28'	53°20'
Manitoba	46	49°0'	60°0'	49°29'	49°58'	51°03'
Saskatchewan	85	49°0'	60°0'	50°11'	51°11'	52°29'
Alberta	87	49°0'	60°0'	50°52'	52°45'	54°32'
Ontario	135	42°0'	57°0'	43°38'	44°58'	48°11'
Québec	127	45°0'	61°29'	45°26'	47°08'	48°35'
Atlantic	86	43°26'	60°0'	45°14'	46°23'	47°49'
Newfoundland	23	46°39'	60°0'	47°55'	48°50'	51°45'
Nova Scotia	29	43°26'	46°4'	44°25'	44°53'	45°31'
New Brunswick	29	44°34'	48°0'	45°32'	46°10'	47°17'
Prince Edward Island	5	45°38'	47°4'	46°06'	46°15'	46°20'
Southern Canada	712	42°0'	61°29'	46°23'	49°23'	51°31'
Northern Canada	46	60°0'	82°30'	62°24'	64°48'	69°03'

The density of stations was also greater at lower than higher altitudes (Table II). The altitude of stations in southern Canada varied from sea level to over 2553 m, but it was lower than 292 m for fifty percent of them. In British Columbia, where 75 percent of the land is more than 914 m above sea level (3), 75 percent of the stations were lower than 686 m. In northern Canada, the altitude of 75 percent of the stations did not exceed 328 m.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF VARIABLES

Monthly mean of daily minimum temperatures of coldest month (MIN) (Table III, Fig. 1)

The frequency distribution of MIN normals for southern Canada was characterized by a mean of -16.0° (3.2°F), three modes, and a wide range indicated by a standard deviation (SD) of 8° , an interquartile range (QR) of 11° , and a difference of 36.6° between extremes. The median was 0.7° lower than the mean, denoting a greater number of stations below than above the mean. The first mode (-21.9°) was mostly contributed by Prairie stations, the second one (-16.3°) by those of Québec and the third one (0.0°) by those

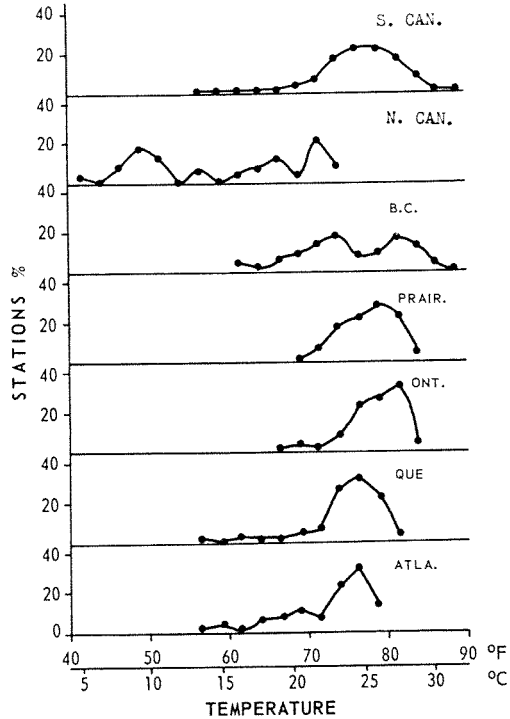
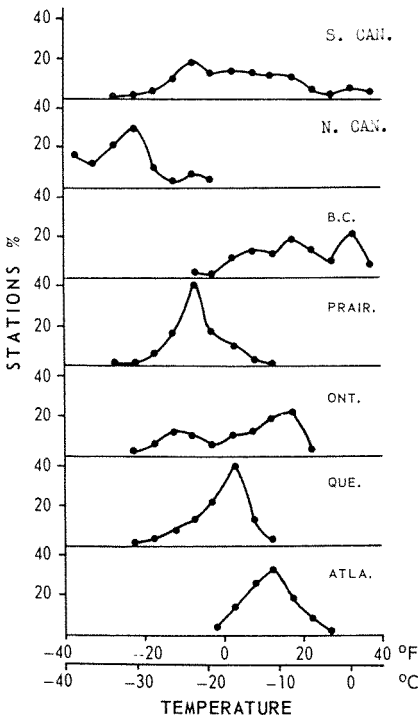


FIG. 1. Percentage frequencies of stations as a function of the MIN variable.

FIG. 2. Percentage frequencies of stations as a function of the MAX variable.

TABLE II

Altitudinal (A) distribution of long-term record weather stations¹.

Regions and Provinces	No. of stations	A. range ¹ (m)		Quartiles (m)		
		Lowest	Highest	Q ₁	Q ₂	Q ₃
British Columbia	147	0	1984	53	423	686
Prairies	218	38	2553	465	603	773
Manitoba	46	38	814	253	325	442
Saskatchewan	85	230	1148	552	591	674
Alberta	87	246	2553	651	777	964
Ontario	134	54	563	186	199	311
Québec	127	5	1214	49	144	291
Atlantic	86	4	672	15	29	60
Newfoundland	23	4	593	11	21	38
Nova Scotia	29	3	221	16	30	61
New Brunswick	29	4	672	19	44	112
Prince Edward Island	5	2	62	13	25	42
Southern Canada	712	0	2553	99	292	581
Northern Canada	46	3	1367	23	152	328

1. Based on altitude of actual weather stations.

TABLE III

Frequency distribution analysis of MIN normals

	B. C.	Prair.	Ont.	Que.	Atla.	S. Can.	N. Can.
Number of stations	115	222	134	95	75	641	33
Mean °C	-7.1	-21.6	-15.5	-18.4	-11.3	-16.0	-31.7
Median °C	-7.2	-21.7	-13.9	-17.4	-11.2	-16.7	-31.6
Mode(s) °C	-7.9	-22.0	-24.3	-16.7	-11.0	-21.9	-30.8
	1.8		- 9.2			-16.3	
						0.0	
St. dev. °C	6.0	3.7	6.6	3.7	3.4	8.0	4.8
Lowest °C	-20.7	-33.9	-29.3	-29.4	-20.4	-33.9	-40.6
Quartile 1 °C	-11.8	-23.5	-21.8	-20.4	-13.7	-21.8	-34.9
Quartile 3 °C	- 0.9	-19.3	- 8.7	-15.7	- 8.8	-10.8	-29.2
Highest °C	2.7	-12.1	- 4.6	-10.7	- 3.9	2.7	-19.4
Coefficient of :							
Skewness	- 0.18	0.18	- 0.40	- 0.87 ¹	- 0.06	0.45 ¹	0.57
Kurtosis	- 0.82	0.64	- 1.18 ¹	- 0.54	- 0.13	- 0.36	0.25

1. Significant at P = 0.01

of British Columbia. Three modes and a highly significant coefficient of skewness indicated departure from normality of the MIN distribution. By regions of southern Canada, the highest mean MIN (-7.1°) was for British Columbia and the lowest (-21.6°) was for the prairies. The spread of the distribution was wider for Ontario (QR: 13.1°) and British Columbia (QR: 10.9°) than for the prairies, Québec and the Atlantic area (QR : from 4.2 to 4.9°). Departure of MIN distribution from normality was indicated by highly significant coefficients of skewness for Québec and kurtosis for Ontario as well as by two modal values for British Columbia and Ontario. For northern Canada, the mean MIN was 15.7° lower than for southern Canada. Curves of frequency distributions (Fig. 1) particularly brought out the relatively high MIN values for regions bordering large surfaces of water (B. C., Ont., Atla.).

Monthly mean of daily maximum temperatures of warmest month (MAX) (Table IV, Fig. 2)

The frequency distribution of MAX normals for southern Canada featured a mean of 24.0° (75.2°F) exceeding the mean MIN by 40° , only one mode, and a narrow range evidenced by a SD of 3.6° and a QR of 3.3° . In contrast to the MIN variable, the MAX median exceeded the mean by one degree. Departure of the distribution from normality was manifested by very significant negative skewness and positive kurtosis. The differences between regions for MAX were much smaller than for MIN. The highest mean MAX (25.7° for Ontario) exceeded the lowest one, contributed by the Atlantic area, by only 3.1° . Greatest QR was 5.7° for British Columbia and smallest 2.4° for Québec. Distribution of MAX appeared normal only for the prairies; in the other regions, some deviation from normality was indicated by two modal values as well as by significant skewness or kurtosis. The mean MAX for northern Canada was 15.6° , that is 8.4° lower than for southern Canada. The appearance of two chief modes in the distribution curves for MAX (Fig. 2) revealed two general types of stations in British Columbia and the Atlantic area, i.e. sea-coastal ones with lower MAX and inland ones with higher MAX. The greater density of stations at lower latitudes where MAX is generally higher was reflected by negative skewness of most curves.

Mean frost-free period (FFP) (Table V, Fig. 3)

The mean of FFP normals for southern Canada was 112.7 days and exceeded the median by 4.7 days. The spread of the frequency distribution was wide, as indicated by the SD (39.3 days), the QR (45.3 days) and the difference of 240 days between extremes. The departure from normality was important, as evidenced by four modal values and significant coefficients of skewness and kurtosis. Most important modal value (95.7 days) was chiefly due to normals of Prairie stations. With respect to individual regions, mean FFP was

TABLE IV

Frequency distribution analysis of MAX normals

	B. C.	Prair.	Ont.	Que.	Atla.	S. Can.	N. Can.
Number of stations	115	222	134	95	75	641	33
Mean °C	24.2	25.3	25.7	23.8	22.6	24.0	15.6
Median °C	23.8	25.6	26.1	24.3	23.4	25.0	17.3
Mode(s) °C	22.9	26.0	20.7	24.6	20.4	25.9	9.6
	27.4		26.9		24.4		18.8
							22.2
St. dev. °C	3.7	1.8	1.8	2.6	3.1	3.6	5.8
Lowest °C	15.8	20.1	19.7	13.0	13.3	13.0	5.6
Quartile 1 °C	21.7	24.0	24.6	23.0	20.7	23.3	9.8
Quartile 3 °C	27.4	26.7	27.2	25.4	24.8	26.6	21.4
Highest °C	31.1	29.3	28.3	27.0	26.4	31.1	22.8
Coefficient of :							
Skewness	-0.25	-0.29	-1.04 ¹	-1.81 ¹	-1.10 ¹	-0.98 ¹	-0.16
Kurtosis	-0.68	-0.59	1.32 ¹	4.36 ¹	0.80	1.62 ¹	-1.71

1. Significant at P = 0.01

TABLE V

Frequency distribution analysis of FFP normals

	B. C.	Prair.	Ont.	Que.	Atla.	S. Can.	N. Can.
Number of Stations	115	222	134	95	75	641	33
Mean (days)	142.2	91.1	118.4	111.2	122.8	112.7	48.2
Median (days)	146.6	94.4	129.2	113.8	125.5	108.0	53.0
Mode(s) (days)	62.0	65.4	101.3	87.0	104.7	65.2	61.1
	95.5	95.2	140.0	106.3	125.3	95.7	
	145.8			124.8	143.8	143.9	
	183.8					206.2	
	206.2						
SD (days)	55.4	18.3	33.9	22.8	22.2	39.3	28.7
Lowest (days)	20.0	30.0	35.0	46.0	70.0	20.0	4.0
Quartile 1 (days)	97.2	82.5	95.4	96.8	108.6	90.4	20.8
Quartile 3 (days)	188.2	105.1	145.5	129.0	141.6	135.7	59.5
Highest (days)	260.0	123.0	195.0	161.0	176.0	260.0	92.0
Coefficient of :							
Skewness	-0.11	-0.65 ²	-0.55 ²	-0.30	-0.25	0.76 ²	-0.06
Kurtosis	-0.99 ¹	-0.06	-0.45	-0.02	-0.70 ¹	0.99 ²	-1.19

1 Significant at P = 0.05

2 Significant at P = 0.01

the highest for British Columbia (142.2 days) and the lowest for the prairies (91.1 days). The median of the frequency distribution exceeded the mean in all regions, particularly Ontario, contrary to the case for southern Canada as a whole. The range of distribution was very large for British Columbia (QR: 91 days), large for Ontario (QR: 50.1 days), and moderate for the other regions. In northern Canada, FFP varied from 4 to 92 days, the mean being only 48.2 days. The curves of figure 3, whose number of modes varied from two to five, emphasized the great variability of the FFP variable in Canada.

Mean amount of rain from June to November (RAIN) (Table VI, Fig. 4)

The mean of RAIN normals for southern Canada was 406 mm (16 in.), i.e. 68 mm a month on the average. The spread of the frequency distribution was moderate, since the SD was 198 mm and the QR, 244 mm. However the difference between the extremes was large (2062 mm). Departure from normality of the frequency distribution was indicated by two major modal values and very significant skewness and kurtosis. One mode (234 mm) was chiefly due to Prairie stations and the other (425 mm) to those of Ontario. As to regions, the mean of normals was the highest (544 mm) for the Atlantic area and the lowest (244 mm) for the Prairies. The median was equal or very close to the mean for all regions except British Columbia where it exceeded the mean by

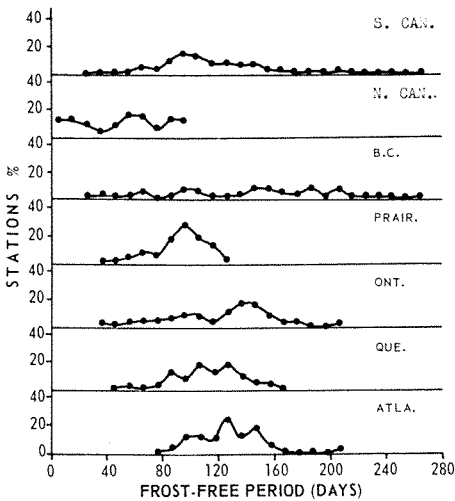


FIG. 3. Percentage frequencies of stations as a function of the FFP variable.

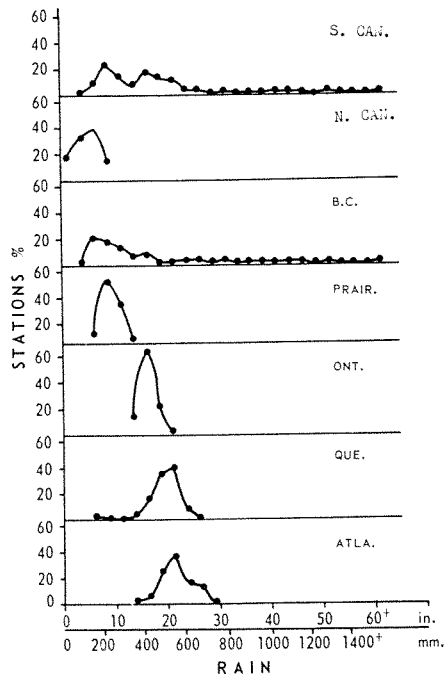


FIG. 4. Percentage frequencies of stations as a function of the RAIN variable.

TABLE VI

Frequency distribution analysis of RAIN normals

	B. C.	Prair.	Ont.	Que.	Atla.	S. Can.	N. Can.
Number of Stations	105	222	134	95	75	641	33
Mean mm	424	244	411	500	544	406	124
Median mm	292	239	417	508	544	384	142
Mode(s) mm	185 401 648	241	419	521	533	234 425	145
SD mm	351	41	43	79	76	198	51
Lowest mm	97	147	338	152	345	97	18
Quartile 1 mm	193	211	391	462	498	241	81
Quartile 3 mm	544	277	439	549	602	485	170
Highest mm	2159	363	516	638	775	2159	244
Coefficient of:							
Skewness	1.45 ¹	0.08	-0.17	-0.17	0.11	1.52 ¹	-0.09
Kurtosis	1.24 ¹	-0.14	0.31	0.19	-0.15	4.66 ¹	-0.67

¹ Significant at P = 0.01.

TABLE VII

Simple correlation coefficients (r) between MIN, MAX, FFP and RAIN variables

Correlation	B. C.	Prair.	Ont.	Que.	Atla.	S. Can.	N. Can.
Number of Stations	115	222	134	95	75	641	33
MIN vs MAX r	.32 ²	.22 ²	.70 ²	.35 ²	-.22	.21 ²	.59 ²
MIN vs FFP r	.90 ²	.09	.89 ²	.81 ²	.60 ²	.80 ²	.44 ²
MIN vs RAIN r	.55 ²	-.23 ²	.10	.25 ¹	.64 ²	.51 ²	.56 ²
MAX vs FFP r	-.23 ¹	.67 ²	.65 ²	.44 ²	.10	.27 ²	.86 ²
MAX vs RAIN r	-.65 ²	-.43 ²	-.06	.47 ²	.06	-.14 ²	.78 ²
FFP vs RAIN r	.49 ²	-.20 ²	.03	.17	.41 ²	.51 ²	.71 ²

¹ Significant at P = 0.05² Significant at P = 0.01

132 mm. The spread of the frequency distribution was narrow for Ontario (QR: 48 mm) and the prairies (QR: 66 mm), but it was wide for British Columbia (QR: 351 mm). While the RAIN distribution appeared normal for all other regions, it departed strongly from normality in British Columbia where it was characterized by three modes and very significant skewness and kurtosis. RAIN averaged only 124 mm in northern Canada and ranged from 18 to 244 mm. Curves of figure IV showed the striking contrast for RAIN between southern and northern Canada as well as a trend for RAIN to increase from the prairies to the Atlantic area.

RELATIONSHIPS BETWEEN CLIMATIC VARIABLES

All coefficients of simple correlation between the climatic variables were very significant for southern Canada as a whole (Table VII). They were high (0.80) between MIN and FFP, moderate (0.51) between MIN and RAIN and FFP and RAIN, and relatively low in other cases. All coefficients were positive, except the one between MAX and RAIN (-0.14). Twenty of the thirty coefficients for regions were very significant and two were significant. Twenty-three were positive and only seven negative. MIN vs MAX r (correlation coefficient between MIN and MAX) was the highest for Ontario (0.70); it was very significant and positive for all regions, except the Atlantic area (-0.22). MIN vs FFP r was high and positive for British Columbia (0.90), Ontario (0.89) and Québec (0.80); but it was nonsignificant for the prairies (0.09). MIN vs RAIN r was generally moderate and positive, being nonsignificant only for Ontario and negative only for the prairies. Highest values of MAX vs FFP r were for the prairies (0.67) and Ontario (0.65); this coefficient was nonsignificant only for the Atlantic area and negative only for British Columbia. MAX vs RAIN r was the highest and negative for British Columbia (-0.65), but nonsignificant for the Atlantic area and Ontario. FFP vs RAIN r was significant for all regions except Québec and Ontario and negative only for the prairies. All r 's for northern Canada were significant and positive. MAX vs FFP r (0.86) and MAX vs RAIN r (0.78) were high, contrasting with southern Canada, where they were rather low. MIN vs MAX r was higher than MIN vs FFP r , while it was the reverse for southern Canada.

Discussion and conclusions

The foregoing statistical analysis suggests that climatic normals can be used directly in some appropriate plant zonation studies for two reasons: their frequency distributions are well representative of regional climates and their ranges of variation are large enough to express changes in plant behaviour.

The frequency distributions of MIN, MAX, FFP, and RAIN normals reflected quite well the control exerted by the general circulation of the

atmosphere and physical geography of North America on regional climates (3). In British Columbia for instance, the high mean MIN, low mean MAX and long mean FFP were related to the mild and wet westerly winds prevailing in a large part of the province and the protecting role of the mountains against polar air; the great range of the climatic variables corresponded to the mountainous geography of this province; and the number of modes (two or more) for the variables were mostly due to the marked climatic differences between the coastal and inland stations. The low MIN and high MAX values for the prairies reflected the continental characteristic of this region as well as the influence of the free circulation of polar and tropical air through the large and flat corridor extending from the Arctic Ocean to the Gulf of Mexico; the low mean RAIN for this region expressed the effect of dry air blowing from the west over the Cordillera. Ontario's bimodal curves for MIN and FFP were representative of the two general climatic areas of this province: the southern one tempered by large water surfaces of the Great Lakes and the northern one exposed to cold air from the prairies and the Arctic. The relatively high mean MIN and RAIN, low mean MAX and long mean FFP found for the Atlantic area reflected the influxes of moist Atlantic air, even though the climatic type of this region is fundamentally continental because of the general eastward air circulation there.

The range of normals between and within regions was large enough to explain geographical differences in plant behaviour and to allow for delineation of plant zones. This confirmed the following statement: « Canada is a land of many climates » (3). For illustration, the mean MIN of British Columbia and the prairies differed by 14.5° . Referring to the site suitability for winter survival of woody ornamentals (9), the value 14.5° multiplied by the partial regression coefficient calculated for MIN (1.734) gave a mean difference of 25.1 between the mean site suitability of the two regions. In this study (9) the site suitability for overwintering plants increased with increasing index values in a scale which goes from 0 to 100. Likewise, as another example, the interquartile range of FFP in British Columbia, although it includes the second and third quarters of values only, was large enough to cause a potential difference of 17.0 between site suitability indices within this province (9). In Canada, MIN, FFP and RAIN vary more than the MAX so they can be expected to contribute more than the latter to the variability of related phenological variables.

However, the use of climatic normals in plant zonation may raise some difficulties. These are related to the most important phase of zonation studies, i.e. the development of a sound model which is generally of the regression type. Based on a limited number of stations for which climatic and phenological normals are available, such a model is used to estimate phenological occurrences at all stations for which relevant climatic normals are available. To be fully efficient, the model should be based on a sample of stations well representative

of the whole population of climatological stations to which it will be applied. Climatic variables included in it should be equally effective in explaining variations of the related phenological variable in all parts of the territory concerned.

It may be difficult to select a sample adequately representative of the whole population of stations. Suppose that the four variables analyzed here were included in a model to be applied to all southern Canada. Ideally, a basic sample of stations should be representative of the whole range of the variables over this territory, i.e. from about -34° to 3° for MIN, 13° to 37° for MAX, 20 to 260 days for FFP, and 97 to 2159 mm for RAIN. At the present time such a representativeness is hardly possible on account of the scarcity of stations where biological normals corresponding to climatic normals exist. The inadequate representativeness of one or more variables by the sample of stations is likely to result in biased regression coefficients of the model and in biased biological estimates at the stations not represented by the original sample. In regression, extrapolation beyond the range of sample values is hazardous (12). The establishment of a network of phenological stations specifically planned for zonation studies might improve representativeness of the basic station sample.

Sets of climatic and biological normals from an individual station may be unrepresentative. That is the case when the biological normals are based on plants or crops grown under climatic conditions significantly different from those recorded at the official weather station providing climatic normals. During the study already mentioned (9) several excellent reports on winter hardiness of woody ornamentals were discarded for suspected disagreement between biological and climatic normals of reporting stations. Here again the inclusion of such sets of data in the basic sample of data would have biased regression coefficients as well as subsequent estimates.

When a model is based on a sample of stations from a large territory with different climatic patterns, it may be difficult if not impossible to obtain a set of regression coefficients adequately suited to express plant behaviour changes in all regions. A fixed optimum intensity of any one climatic factor as related to a biological variable does not exist; for any change in one factor a different optimum of all other factors is created (8). If we compare the means, variability, and interrelationships of the four variables analyzed in this article for the different regions of southern Canada, it seems that the same set of regression coefficients could hardly fit all regions, assuming that the four variables are included in a model. For instance, mean RAIN for the prairies and Atlantic areas amounted to 244 and 544 mm respectively. Now, the more nearly a factor approaches the extreme condition tolerated by a plant, the greater effect a change in that factor will have on plant behaviour (8). Hence, the contribution of the variable RAIN to explain variations in plant behaviour

should be proportionally greater in the prairies than in the Atlantic area and expressed by a different regression coefficient. Variability of MIN was found much greater in Ontario (QR: 13.1°) than in Québec (QR: 4.7°). Here again, the importance of this variable in respect to a biological variable should be more important in Ontario than in Québec and, accordingly, it might be desirable to use regression coefficients specific to each region. Relationships between MIN and FFP in Ontario ($r = 0.89$) were found very different from those in the prairies ($r = 0.09$); hence the inclusion of both variables in a model may be required for the prairies, while only one of them will suffice for Ontario. One possible way to overcome this problem of climatic heterogeneity in a large territory might be to develop two kinds of model: one including climatic variables of general fitness to all parts of the territory and likely to determine relative values of regions in respect to a biological characteristic; other ones including variables specific to each region and likely to lead to more accurate estimates within each region.

However perfect the model may be, a plant zonation map for Canada or a part of it will vary in accuracy and detail partly due to the uneven distribution of long-term record stations providing climatic normals for estimates. Foregoing data showed that the density of these stations was much greater at lower latitudes and altitudes than at higher ones (Tables I, II). Fortunately, this drawback has been reduced since the completion of this study by the publication of the normals of temperature and precipitation for 1200 stations (5). Methods are also available by which the MIN, MAX and FFP variables can be readily computed for any point on the Canadian Great Plains (13), and these methods should be developed for other parts of Canada and for other variables, including rainfall.

Acknowledgement

The author is indebted to W. Baier and G.D.V. Williams for review of the manuscript.

References

1. BOUGHNER, C. C., R. W. LONGLEY and M. K. THOMAS, 1956. Frost data. Climatic summaries for selected meteorological stations in Canada. Vol. 3. Met. Div. Can. Dept. Transport. 94 p.
2. CANADA DEPARTMENT OF TRADE AND COMMERCE, 1967. Canada Year Book. Dominion Bureau of Statistics, Ottawa. 1287 p.
3. CANADA DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1962. The climate of Canada. Meteorological Branch, Toronto, Ontario. 74 p.

4. CANADA DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1964-1965. Temperature and precipitation normals. Climatol. Div., Met. Branch, Toronto. CDS 6 to 9-64; CDS 1 to 3-65 (Mimeographed data sheet).
5. CANADA DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1968. Climatic normals. Vol. 1 : Temperature; Vol. 2 : Precipitation. Meteorological Branch, Toronto, Ontario.
6. CONRAD, V., and L. W. POLLACK, 1950. Methods in climatology. Harvard University Press, Cambridge, Mass. 459 p.
7. COURT, A., 1967. Climatic normals as predictors. Part I : Background. Report No. 67-82-1. Northridge Calif. San Fernando Valley State College Foundation. 24 p.
8. DAUBENMIRE, R. F., 1959. Plants and environment. 2nd ed. John Wiley and Sons Inc., New York. 422 p.
9. OUELLET, C. E. and L. C. SHERK, 1967. Woody ornamental plant zonation. II. Suitability indices of localities. *Can. J. Pl. Sci.*, **47** : 339-349.
10. OUELLET, C. E. and L. C. SHERK, 1967. Woody ornamental plant zonation. III. Suitability map for the probable winter survival of ornamental trees and shrubs. *Can. J. Pl. Sci.*, **47** : 351-358.
11. OUELLET, C. E. and L. C. SHERK, 1967. Map of plant hardiness zones in Canada. Can. Dept. Agr. Ottawa.
12. SNEDECOR, G. W., 1956. Statistical methods. Fifth Edition. The Iowa State College Press, Ames, Iowa. 534 p.
13. WILLIAMS, G. D. V. and W. R. SHARP, 1967. A program to estimate normals of temperature and related agroclimatic elements for locations on the Canadian Great Plains. *Technol. Bull., Agromet. Sect., Pl. Res. Inst., Can. Dept. Agric.*, no. 11, 27 p.



INTERCEPTION DE LA PLUIE PAR UNE SAPINIÈRE LAURENTIENNE

JEAN-GUY FRÉCHETTE

Service de Météorologie, Ministère des Richesses naturelles, Québec.

Résumé

Au cours de l'été 1968, l'auteur a effectué des mesures simultanées de précipitation sous divers types de couverts forestiers et en station de plein découvert. Les peuplements de l'expérience comprennent du résineux jeune, du résineux près de la maturité, un peuplement mixte et une aulnaie représentant le feuillu.

Les résultats, pour une période de 85 jours, indiquent une valeur d'interception moyenne de 26 pour cent, avec un maximum de 34 pour cent dans le vieux résineux et un minimum de 21 pour cent dans le feuillu. L'interception, en valeur absolue, est moindre lors des fortes pluies qu'au cours des pluies légères.

Abstract

During the summer of 1968 simultaneous rainfall measurements were made under several types of forest cover and in the open. Among the forest covers used in the present study, there are young softwood, nearly mature softwood, mixed stand and hardwood.

The results, for an 85 day period, have shown a mean interception value of 26 per cent, with a maximum of 34 per cent for mature forest and a minimum of 21 per cent for hardwood stand. Absolute values of interception are less for heavy than light rainfalls.

Introduction

Dans le cycle hydrologique, la précipitation est souvent considérée comme le point de départ du périple de l'eau à la surface de la terre. Mais toute la précipitation qui tombe n'atteint pas toujours la surface du sol. En effet, lorsqu'il se trouve un couvert végétal, une partie de la précipitation est captée et retenue par les organes aériens des végétaux : c'est le phénomène d'interception. Perte pour le bassin versant, disent les uns, réduction de l'évapotranspiration, disent les autres; les vues sont divergentes mais le phénomène demeure le même.

Les mesures expérimentales de l'interception de la pluie sont nombreuses, mais très disparates (Zinke, 1967). En particulier, le phénomène d'interception

de la pluie (ou de la neige) a été étudié par les écologistes du milieu forestier. Une récente revue de littérature montre, d'une part, l'ampleur du sujet et, d'autre part, le caractère très limité et très local des résultats obtenus (Zinke, 1967). Au Québec, Rouse (1965) a étudié l'interception de la pluie dans quelques massifs d'essences feuillues. La présente étude concerne surtout un type de forêt résineuse : la sapinière laurentienne.

D'une façon générale, l'hydrologue détermine le bilan hydrique d'un bassin versant au moyen de l'équation suivante :

$$Q = Pr - D$$

où Q = écoulement mesuré à l'exutoire
 Pr = précipitation mesurée sur le bassin versant ;
 D = déficit d'écoulement, obtenu par différence.

Le tout exprimé en hauteur d'eau (pouces et centièmes).

Le déficit d'écoulement englobe ce que l'hydrologue appelle les "pertes" du bassin versant : évapotranspiration, infiltration dans le sol et fraction interceptée des précipitations. Le déficit d'écoulement constitue donc cette partie de la précipitation qui n'est pas disponible à la sortie du bassin sous forme d'eau "produite" par le bassin versant.

Localisation du site

Les mesures d'interception de la présente étude ont été effectuées dans le bassin 7-A du ruisseau des Eaux-Volées, forêt Montmorency, à environ 50 milles au nord de Québec. Ce bassin expérimental fait l'objet d'un programme d'études inscrit à la Décennie hydrologique internationale (ministère des Richesses naturelles, 1967). Le centre du bassin expérimental se trouve à 47° 16' 20" de latitude nord par 71° 09' 40" de longitude ouest. L'altitude moyenne s'établit à 2,657 pieds.

La forêt qui recouvre le bassin se compose de sapin baumier (*Abies balsamea*, (L.), Mill.) dans une proportion de plus de 90 pour cent, les autres essences comprenant surtout du bouleau à papier (*Betula papyrifera*, Marsh.), de l'épinette blanche (*Picea glauca*, (Moench) Voss.) et de l'aulne commun (*Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng., var. *americana* (Regel) Fern.). La forêt de ce petit bassin versant a fait l'objet d'une exploitation commerciale, il y a plus de 25 ans, et la majeure partie de sa surface est aujourd'hui recouverte d'une jeune sapinière dense d'une vingtaine d'années. Quelques bouquets d'arbres ont été laissés par l'exploitation et sont aujourd'hui presque parvenus à maturité.

Le climat de la forêt Montmorency se caractérise par une précipitation annuelle élevée ainsi que par des températures relativement basses : un climat

froid et humide. La valeur moyenne de la précipitation totale annuelle est de l'ordre de 52 pouces dont plus des deux tiers tombent sous forme de pluie. La température moyenne annuelle est de 31.8 degrés Fahrenheit, avec une amplitude annuelle moyenne de plus de 20 degrés F. L'activité frontale apporte la majeure partie de la précipitation et on note un effet orographique très marqué dans cette partie du massif laurentien.

Dispositif expérimental

Au cours de cette expérience, on a effectué deux types de mesure de la précipitation. Les mesures de plein découvert ont été faites à un poste pluviométrique situé à proximité de l'exutoire du bassin versant. Il comprenait un pluviomètre standard de 10 pouces carrés, observé quotidiennement.

Les mesures de précipitation sous couvert végétal ont été faites dans quatre peuplements différents et sur trois parcelles de 100 pieds carrés à l'intérieur de chacun des peuplements choisis. L'auteur a utilisé des pluviomètres standards de 10 pouces carrés, installés de niveau sur le sol.

Les peuplements choisis à cette fin comprennent une jeune sapinière d'environ 20 ans, une sapinière de 50 ans, un jeune peuplement mixte de sapin et bouleau blanc de 20 ans et une aulnaie située de part et d'autre du ruisseau. La densité des jeunes peuplements est très élevée, la voute foliacée étant à peu près complètement fermée. Soulignons toutefois que la densité de couverture va décroissant de la jeune sapinière à l'aulnaie. Dans la sapinière de 50 ans, le nombre de tiges à l'acre est nécessairement moindre mais la voute foliacée de ce peuplement est refermée en presque totalité.

Dans chaque peuplement, on choisit trois parcelles carrées de 10 pieds de côté, divisées par une grille imaginaire dont les "mailles" d'un pied carré sont marquées de fanions. Chaque parcelle contient un pluviomètre standard que l'on déplace chaque jour selon les coordonnées pigées dans des tables de nombres aléatoires. Les coordonnées, dénotant l'emplacement d'un arbre, sont éliminées de la liste pour cette parcelle. À noter qu'on déplace le pluviomètre à tous les jours, même si il ne pleut pas.

L'observateur doit donc inscrire, pour chaque type de peuplement, trois lectures par jour ainsi que les coordonnées utilisées pour cette observation. De plus, il enregistre, pour la même journée, l'observation de précipitation faite à la station pluviométrique de plein découvert choisie pour l'expérience.

Observations et résultats

La période d'observation va du 6 juin au 29 août 1968, soit 85 jours. Il s'est produit, au cours de cet intervalle, 41 épisodes pluvieux avec précipitation

mesurable. L'intensité de ces chutes de pluie varie de *trace* (moins d'un centième de pouce) à 1.71 pouce.

A certaines occasions (e.g. fins de semaine), les observations couvrent une période de plus de 24 heures. Il faut alors normaliser les lectures sous couvert en les comparant aux lectures de la station de plein découvert et procéder à une interpolation linéaire, ce qui fournit une approximation acceptable pour les fins de la présente étude. D'autre part, la grande variabilité des épisodes pluvieux entre eux et celle des triples relevés effectués dans chaque type de peuplement ne permettent pas de présenter une étude statistique significative. Toutefois, avec le petit nombre d'échantillons recueillis, il est possible de présenter une première approximation de la quantité de pluie interceptée par une sapinière laurentienne.

TABLEAU I

Sommaire pour la période du 6 juin au 29 août 1968 (85 jours)
(en pouces et centièmes)

Pr. totale	Mixte		Rés. (jeune)		Rés. (mûr)		Feuillu		Pr. nette (moyenne)	Int. (moyenne)	Pourcent. interc.
	Pr. n.	Int.	Pr. n.	Int.	Pr. n.	Int.	Pr. n.	Int.			
12.94	9.90	3.04	9.67	3.27	8.54	4.40	10.18	2.76	9.58	3.36	26.0
	23.5%		25.2%		34.0%		21.3%				

Le tableau I contient un sommaire des observations de 85 jours sur le bassin 7-A. La précipitation totale pour cette période est de 12.94 pouces. Sous le peuplement *mixte*, on a recueilli 9.90 pouces de précipitation nette ("throughfall") et, par différence, une interception de 3.04 pouces, soit 23.5 pour cent de la précipitation totale mesurée en plein découvert.

Le peuplement de *jeune résineux* a intercepté 3.27 pouces de pluie (25.2 pour cent du total de plein découvert) alors que le peuplement *résineux mûr* a causé une interception de 4.40 pouces, soit 34.0 pour cent du total mesuré en plein découvert. Quant au peuplement *feuillu*, on n'y a mesuré que 2.76 pouces de pluie interceptée, soit 21.3 pour cent de la précipitation totale de plein découvert.

La valeur moyenne de l'interception durant 85 jours pour l'ensemble des peuplements est de 3.36 pouces, soit 26.0 pour cent de la précipitation totale mesurée en plein découvert.

En isolant quelques épisodes pluvieux, il est possible d'évaluer, de façon sommaire, l'influence de la quantité de précipitation sur l'interception par le couvert forestier.

TABLEAU II

Interception moyenne pendant les fortes pluies (en pourcentage)
(7 épisodes pluvieux)

Mixte	Résineux jeune	Résineux (mûr)	Feuillu	Moyenne
26.1	33.0	25.1	23.0	25.8

Les "fortes pluies" comprennent tous les épisodes pluvieux de 0.50 pouce ou plus en 24 heures. Au cours de la période d'étude, il s'est produit sept épisodes pluvieux qualifiés de "fortes pluies". Comme le pluviogramme disponible pour la région ne représente pas suffisamment bien les épisodes pluvieux ici, l'auteur laisse de côté l'aspect intensité de précipitation, pour ne retenir que la quantité totale. Le sommaire de l'interception au cours des fortes pluies se trouve au Tableau II.

Les sept épisodes pluvieux de forte pluie ci-avant mentionnés ont produit un total de 7.16 pouces et l'interception moyenne pour tous couverts forestiers s'établit à 1.85 pouce ou 25.8 pour cent. Il n'apparaît pas de différence marquée dans la quantité de pluie interceptée par les divers types de peuplements sauf pour le *jeune résineux* qui accuse un pourcentage plus élevé.

TABLEAU III

Interception moyenne pendant les pluies légères (en pourcentage)
(15 épisodes pluvieux)

Mixte	Résineux (jeune)	Résineux (mûr)	Feuillu	Moyenne
38.4	36.2	66.2	35.4	39.0

Les pluies légères (de 0.15 pouce ou moins en 24 heures) se sont produites à 15 exemplaires pour donner une lame d'eau de 0.77 pouce et le couvert forestier a intercepté 0.30 pouce de ce total, ou 39 pour cent. La nature du couvert agit de la façon suivante: le *résineux mûr* intercepte en moyenne la plus grande partie de la précipitation, alors que le peuplement *feuillu* manifeste l'interception moyenne la plus faible. Le tableau III présente le sommaire de ces résultats.

Discussion

Notons tout d'abord que les résultats présentés ici sont de caractère préliminaire: ils ne couvrent qu'une saison d'été. On ne peut donc pas les appliquer à des valeurs annuelles.

L'interception mesurée au cours de l'été 1968 tient certainement compte de l'hétérogénéité des peuplements échantillonnés, mais la variabilité de la capture des trois pluviomètres placés dans chaque type de couvert forestier nous empêche de tester statistiquement les échantillons recueillis, à cause de leur nombre restreint. D'autre part, l'éventail des épisodes pluvieux qui se sont produits au cours de l'été 1968 permet à l'auteur d'affirmer que les coefficients d'interception, mesurés au cours de l'été, constituent une approximation acceptable jusqu'au jour où l'on aura suffisamment de relevés pour accorder une confiance statistique suffisante aux coefficients obtenus expérimentalement.

On peut donc dire qu'à la lumière des quelques observations recueillies jusqu'à ce jour, la sapinière laurentienne intercepte environ 26 pour cent des précipitations d'été dans le massif laurentien.

Il aurait été très intéressant d'évaluer la capacité de saturation des cîmes, c'est-à-dire la quantité maximum d'eau qui peut être stockée par les organes aériens d'une communauté végétale. Zinke (1967) présente une revue des recherches en interception et suggère une valeur moyenne de l'ordre de 0.05 pouce comme capacité de saturation des arbres forestiers de l'Amérique du Nord. Si l'on attribue cette valeur à chacun des épisodes pluvieux de la saison (dans le cas où $Pr < 0.05$, l'interception est totale), on n'atteint aucune des valeurs mesurées sur le terrain; ce coefficient empirique sous-estimerait alors les faits pour la saison d'été. D'autre part, on remarque que l'interception ne se fait pas jusqu'à concurrence d'une valeur limite au delà de laquelle la précipitation nette commencerait de se produire. Bien au contraire, on ne peut déterminer, ni directement ni par artifices de calcul, une valeur limite (capacité de saturation des cîmes) où finit l'interception et où commence la précipitation nette, à travers le couvert. Aussenac (1968) propose une méthode simple qui fait usage d'un pluviographe installé à proximité du site de mesure mais qui requiert plusieurs saisons de relevés.

Les résultats obtenus diffèrent de certaines conclusions déjà publiées ailleurs. Par exemple, les peuplements feuillus (aulnaies) du bassin des Eaux-Volées interceptent près de deux fois plus de pluie que les peuplements de bouleau jaune de Leonard (1960) dans le New Hampshire. D'autre part, les études de Rouse (1965), au mont St-Hilaire, Québec, ont montré un coefficient d'interception pour la saison d'été de l'ordre de près de 28 pour cent, ce qui se compare assez bien au coefficient moyen de 26 pour cent obtenu dans la présente étude.

Cette revue sommaire des premiers relevés permet de souligner quelques aspects du programme, susceptibles d'amélioration.

Les parcelles d'échantillonnage pourraient être portées à 400 pieds carrés de superficie, soit 20 pieds par 20 pieds.

Le nombre de pluviomètres au sol serait doublé, c'est-à-dire que chaque parcelle échantillon contiendrait deux "interceptomètres" au sol et chaque type de peuplement en aurait six.

Plusieurs auteurs ont essayé le pluviomètre élevé, c'est-à-dire placé au niveau supérieur des cimes des arbres (Rouse, 1965, Law, 1957). Quelque deux ou trois de ces pluviomètres fourniraient peut-être une valeur représentative de la précipitation totale.

Enfin, l'emploi d'un pluviographe, à la station de plein découvert, permettrait de réaliser une mesure expérimentale de la capacité de saturation des cimes.

Sommaire et conclusions

Au cours de l'été 1968, l'auteur a effectué une série de mesures de précipitation sous divers types de couverts forestiers pendant une période de 85 jours. À proximité du site de l'expérience, on a, durant la même période, mesuré la précipitation en station de plein découvert. Les types de couverts forestiers comprenaient du jeune résineux, du résineux mûr, du feuillu et du mixte.

Malgré la courte période d'observation et la forte variabilité dans les observations, on a pu déterminer une valeur moyenne approximative de 26 pour cent d'interception durant l'été. En moyenne, les peuplements feuillus présentent une interception moindre (21.3 pour cent) et les vieilles sapinières ont une interception maximum (34 pour cent). L'interception est plus faible pendant les fortes pluies que lors des pluies légères, soit 25.8 pour cent contre 39 pour cent respectivement.

Références

- AUSSENAC, G., 1968. Interception des précipitations par le couvert forestier. *Ann. Sci. Forestières*, **25** (3): 135-156.
- LAW, F., 1957. Measurement of rainfall interception and evaporation losses in a plantation of Sitka spruce trees. *A.I.H.S., Ass. Gén.* Toronto, Publ. N° 49, tome 2: 397-411.
- LEONARD, R.E., 1961. Interception of precipitation by northern hardwoods. *U.S.D.A., For. Serv., N.E.F.E.S., Sta. Paper No. 159.*
- MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES 1967. Bassin expérimental, Ruisseau des Eaux-Volées (forêt Montmorency). Direction des Services Hydrologiques, ministère des Richesses naturelles du Québec (Dépliant publicitaire illustré, in-12).
- ROUSE, W.R., 1965. Aspects of a forest microclimate. (Unpublished Ph.D. Thesis). Dept. of Geogr., McGill University, Montréal, Québec.



ON THE USE OF ISENTROPIC TRAJECTORIES IN THE STUDY OF POLLEN TRANSPORTS

A. D. CHRISTIE

Meteorological Service of Canada

and

J. C. RITCHIE

Dalhousie University

Abstract

The validity of using isentropic trajectories in studies of transport in the lower troposphere is investigated. Evidence of both meteorological and biological nature is used to detect the likely origin of anomalous pollen counts at Churchill, Manitoba, in May 1965. It is shown that transfer along isentropic trajectories in the lower or middle troposphere is inconsistent with the evidence presented. The pollen source is likely within the Aspen Parkland, and transfer is effected by winds in a well mixed layer near the surface.

Résumé

Ce travail cherche à déterminer la valeur de l'emploi des trajectoires isentropiques dans les études sur le transport dans la troposphère inférieure. Il est fait emploi de renseignements tant de nature météorologique que biologique pour détecter l'origine probable des dénombrements polliniques anormaux effectués à Churchill (Manitoba) en mai 1965. Il y a indication que le transfert le long de trajectoires isentropiques dans la troposphère inférieure ou moyenne contredit la conclusion présentée. La source de pollen se trouve vraisemblablement dans le parc Aspen et le transfert est effectué par les vents dans une couche bien mélangée près de la surface.

Introduction

Isentropic trajectories have been used with increasing frequency over the past two decades to study mass transports in the upper troposphere and lower stratosphere. Reed (1955), Danielsen (1959), Staley (1960) and Danielsen *et al* (1962) have traced transfer of air between troposphere and stratosphere within a stable layer below the jet stream by trajectories based on conservation of potential temperature and potential vorticity over 12 hour intervals. Staley

(1962) interpreted vertical profiles of β -ray activity observations from aircraft, made on days when a dry baroclinic zone either existed or was anticipated within the troposphere, in terms of intrusions of stratospheric air into the upper troposphere, using isentropic trajectories to trace the origin of the air found at various heights of the profiles. Knowledge of the nature and scale of transport of various radio isotopes in the upper troposphere and lower stratosphere has been considerably clarified using isentropic trajectory analysis. (Danielsen *et al.*, 1962; Danielsen, 1964; Reiter, 1963; Reiter and Mahlman, 1965; Mahlman, 1965; Reiter *et al.*, 1967).

The use of the isentropic trajectory method is less likely to be successful in the lower troposphere where water vapor phase change and precipitation, and proximity to the long wave radiative sources will adversely affect the conservatism of potential temperature. Moreover the effect of local convection may seriously detract from the property of laminar flow, which is responsible for the success of the isentropic trajectory method in the upper troposphere.

One of us (J.C.R.) obtained pollen counts at Churchill, Manitoba, during the spring of 1965, and noted an anomalous pollen intrusion whose concentration is shown for the period May 3-6 in Figure 1. These samples were recorded by a Hirst Spore Trap (Hirst, 1952), adjusted to sample 500 l. of air per hour. The pollen in this intrusion is not native to the region. It was decided to investigate if the change in pollen count could be related to the origin of the air arriving at Churchill, and if any general conclusions of climatological importance might be inferred from such information despite the reservations expressed above.

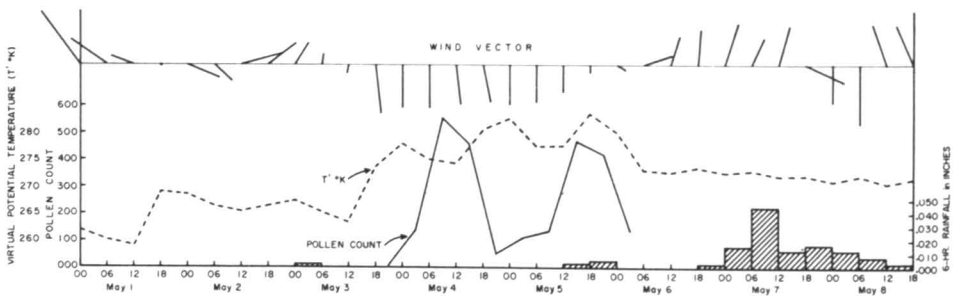


FIGURE 1. The pollen count over successive six hour periods is plotted at the midpoint of each period, and a solid line drawn linking these points shows its changes with time in relation to the surface virtual potential temperature in $^{\circ}\text{K}$ represented by the dashed line. Corresponding winds are shown by wind vectors where the wind direction is given by the direction of the vector towards the thin line, and the magnitude by the length of the vector. Finally the precipitation over three hour periods is shown by the hatched areas in the histogram.

Isentropic analysis-definitions and method

An isentropic surface is a surface of constant potential temperature $\theta = T (p_0/p)^k$, where T and p are ambient temperature and pressure respectively, p_0 is 1000 mb and $k = R/C_p$ where R and C_p are the specific gas constant and specific heat at constant pressure for air respectively. From the first law of thermodynamics applied to a unit mass of gas in the atmosphere $dq = C_v dT + p d\alpha$ where dq is the heating per unit mass, $C_v dT$ is the change in internal energy, and $p d\alpha$ the work done by the unit mass against external pressure forces. α is the specific volume of the gas. It is clear that the first law may be written alternatively as

$$dq = C_p dT - \alpha dp = (C_p T/\theta) d\theta.$$

If there are no sources or sinks of heat in the atmosphere ($dq = 0$), it is clear that the potential temperature of an air parcel will remain constant along its trajectory ($d\theta = 0$), so that the parcel will remain on an isentropic surface. In the tropospheric free atmosphere radiative heating rates are less than 1°C per day (Manabe and Møller, 1961), so that motion can be considered quasiadiabatic for periods up to a few days, at least above the planetary boundary layer.

The geostrophic wind approximation is derived from a scale analysis of terms in the Eulerian equations of conservation of momentum in the atmosphere (Thompson, chapter 2, 1961). On a surface of constant pressure the direction and magnitude of the geostrophic wind may be inferred from the orientation and spacing (gradient) of the geopotential height contours. There is however a simultaneous vertical velocity component which must be derived, for parcel trajectories to be analysed. The geostrophic wind may be obtained on isentropic surfaces from the Montgomery stream function, as outlined below, and there will be no component across the surface if adiabatic conditions prevail.

During the daytime maximum in convection the isentropic surfaces in the planetary boundary layer (the layer within which there is turbulent mixing, and the wind is not geostrophic) are probably more or less vertical. In this region parcel trajectories would be expected to deviate to the left of the geostrophic wind direction, and it would be impossible to locate the trajectory intersection with the ground due to the quasivertical orientation of the isentropic surfaces. In the free atmosphere the parcels should follow isentropic trajectories in the absence of major water vapor phase change situations.

We will discuss the procedure of deriving isentropic analyses from the information obtained by conventional sondes. These record temperature, humidity and wind as functions of pressure.

The equation for geostrophic balance in a frictionless fluid is:

$$2 \Omega_{\lambda} V + \alpha \Delta p + \Delta \phi = 0 \quad 1$$

where V is the velocity of the fluid parcel, Ω the earth angular velocity vector, α specific volume, p pressure and ϕ geopotential.

To express the horizontal velocity V_H on an isentropic surface in terms of a stream function, ψ_{θ} , equivalent to the geopotential on isobaric surfaces, the following relation must be satisfied:

$$\nabla \psi_{\theta} = \alpha \nabla p_{\theta} + \nabla \phi_{\theta} \quad 2$$

Differentiating the logarithmic form of the gas law:

$$\alpha_{\theta} \nabla p_{\theta} + p_{\theta} \nabla \alpha_{\theta} = R \nabla T_{\theta} \quad 3$$

and assuming adiabatic conditions, we may substitute from the 1st law of thermodynamics $p_{\theta} d\alpha_{\theta} = -C_v dT_{\theta}$ so that:

$$\alpha_{\theta} \nabla p_{\theta} = C_p \nabla T_{\theta} \quad 4$$

The Montgomery stream function, ψ_{θ} , can then be written:

$$\psi_{\theta} = C_p T_{\theta} + gZ_{\theta} \quad 5$$

If the geostrophic wind is to be deduced from the Montgomery stream function the latter must be known accurately to four significant figures. Danielson (1959) analysed the errors in computing the stream function, and showed how it can be calculated with an accuracy approaching that of the geopotential, ϕ_p , for an isobaric surface, provided the height and temperature terms in ψ_{θ} are not computed from independent measurements.

The geopotential at the virtual potential temperature, Θ , is obtained from radiosonde information from the expression:

$$\phi_{\theta} = gZ_{\epsilon} + RT \bar{T} \text{Ln} (p_{\epsilon}/p_{\theta}) \quad 6$$

where Z_{ϵ} and p_{ϵ} are the height and pressure at the earth's surface, p_{θ} the pressure at the virtual potential temperature Θ , and T the mean temperature in the layer p_{ϵ} to p_{θ} with respect to the logarithm of p .

The Montgomery stream function for the same Θ is then:

$$\psi_{\theta} = gZ_{\epsilon} + RT \text{Ln} \frac{p_{\epsilon}}{p_{\theta}} + C_p T_{\theta}$$

and the error $\Delta\psi_\theta$ may then be written:

$$\Delta\psi_\theta = g\Delta Z_\epsilon + R\bar{T} \frac{\Delta p_\epsilon}{p_\epsilon} + R \text{Ln} \frac{p_\epsilon}{p_\theta} \Delta T + \left\{ C_p \Delta T_\theta - R\bar{T} \frac{\Delta p_\theta}{p_\theta} \right\} \quad 8$$

or

$$\Delta\psi_\theta - \Delta\phi_\theta = R \frac{\Delta p_\theta (T_\theta - \bar{T})}{p_\theta} \quad 9$$

since $C_p dT_\theta = RT_\theta d \text{Ln} p_\theta$ on an isentropic surface.

Near the ground, the function contained in the brackets in equation 9 is vanishingly small, and is insignificant even in the upper troposphere. An error in the pressure, p_θ , of 3 mb at 300 mb together with a 20°K temperature difference in the right side of equation 9 gives an error of $5 \cdot 75 \times 10^5 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-2}$. If, however, the error contribution was computed from the function in brackets in equation 8, where T_θ and Z_θ are independently derived as functions of p_θ and individual errors in T_θ and p_θ are $0 \cdot 2^\circ\text{K}$ and 2 mb respectively, the error may be as great as $9 \cdot 4 \times 10^6 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-2}$, which corresponds to an equivalent height error of $> 300 \text{ ft}$ in the isobaric system. It is thus evident that only if T_θ and Z_θ are evaluated as dependent functions of p_θ at all levels of the profile, can the error in stream function be kept small.

The procedure in practice is simply to compute consistent values of θ and Z at all levels of p and T by integrating upwards from the earth's surface ($Z_i = Z_\epsilon$) from the expressions:

$$\theta_i = T_i \left(\frac{1000}{p_i} \right)^k = T_i \pi_i \quad 10$$

and

$$Z_f = Z_i + \frac{R}{2g} (T_i + T_f) \text{Ln} \frac{p_i}{p_f} \quad 11$$

where $k = \frac{R}{C_p}$, and the lapse rate $-\frac{\partial T}{\partial z} \left(\alpha \frac{\partial T}{\partial \text{Ln} p} \right)$ is constant between

levels i and f . The integration is carried out over layers of uniform lapse rate, and values at required levels of standard virtual potential temperature obtained by interpolation between bounding computed values assuming that the potential temperature and Montgomery stream function vary linearly with respect to height within the layers of uniform thermal lapse rate.

To obtain the virtual temperature, the saturation vapour pressure is obtained from the integrated Clausius-Clapeyron equations:

$$L_v = L_{v_0} + (C_{pv} - C_w) (T - T_0) \quad 12$$

where L_v is the latent heat with respect to water, T_0 is the temperature of the ice point ($273 \cdot 2^\circ\text{K}$) and C_{pv} and C_w are the specific heat of water vapour at constant pressure and of liquid water respectively.

$$\text{Now: } \frac{\partial \ln e_s}{\partial T} = \frac{L_v}{R_w T^2} = \frac{L_{v_0} - T_0 (C_{pv} - C_w)}{R_w T^2} + \frac{C_{pv} - C_w}{R_w T} \quad 13$$

which when integrated from the ice point to temperature T gives:

$$e_s = e_{s_0} \left(\frac{T_0}{T} \right)^{\frac{C_w - C_{pv}}{R_w}} \exp \left\{ \left[\frac{L_{v_0}}{R_w T_0} + \frac{C_w - C_{pv}}{R_w} \right] \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) \right\} \quad 14$$

In the temperature range 0° to -15°C , $\frac{C_w - C_{pv}}{R_w} \doteq 5 \cdot 2$, and $L_{v_0}/R_w T_0 \approx 19 \cdot 8$. Substituting these values in 14, gives, to a close approximation:

$$e_s = 6 \cdot 107 (273 \cdot 2/T)^{5 \cdot 2} \exp \{ 25 (1 - 273 \cdot 2/T) \}$$

Thus, given the dew point, the vapour pressure can be simply computed, and subsequently the virtual temperature through the relation:

$$T^1 = T \left\{ P/[p - e(1 - \epsilon)] \right\}$$

Using a program developed by Duquet (1964), and information from radiosonde profiles for stations within North America as extracted from the 'checked data' section of the Daily Bulletins of Northern Hemisphere Data Tabulations, the following parameters were computed for virtual potential temperature levels separated by 5°C intervals:

1. Pressure (mb)
2. Virtual temperature ($^\circ\text{C}$)
3. Height (geopotential meters)
4. Saturation and actual specific humidity (parts per hundred thousand)
5. Montgomery stream function ($\text{cm}^2/\text{sec}^2 \cdot 10^5$)
6. Wind speed and direction (tenths of knots)
7. Zonal and meridional wind components (tenths of knots).

Having derived the above information for virtual isentropic surfaces, maps of these surfaces could be plotted and analysed making use of the geostrophic wind equation $f \nabla = K \nabla \psi_{\theta}$.

The relation of pollen counts to transfer processes

The distribution of virtual potential temperature in the troposphere may be roughly specified by a few broad criteria. First the atmosphere is generally stable to vertical convection implying $\frac{\partial \theta}{\partial Z} > 0$. The intersections of various

isentropic surfaces the ground are generally parallel to the surface fronts as one would expect, and, as experience with surface frontal analysis suggests, are much more difficult to determine over mountainous terrain. Moreover, since the temperature at a constant level decreases as we proceed northwards, $\frac{\partial \theta}{\partial y} < 0$, except in the few cases of strongly occluded systems. If we define

an arbitrary system of coordinates x^* and y^* such that x^* is parallel to the surface isentrope with the higher temperature to the right, and y^* is orthogonal to x^* and directed towards lower temperatures, then $\frac{\partial \theta}{\partial y^*} < 0$ in all cases.

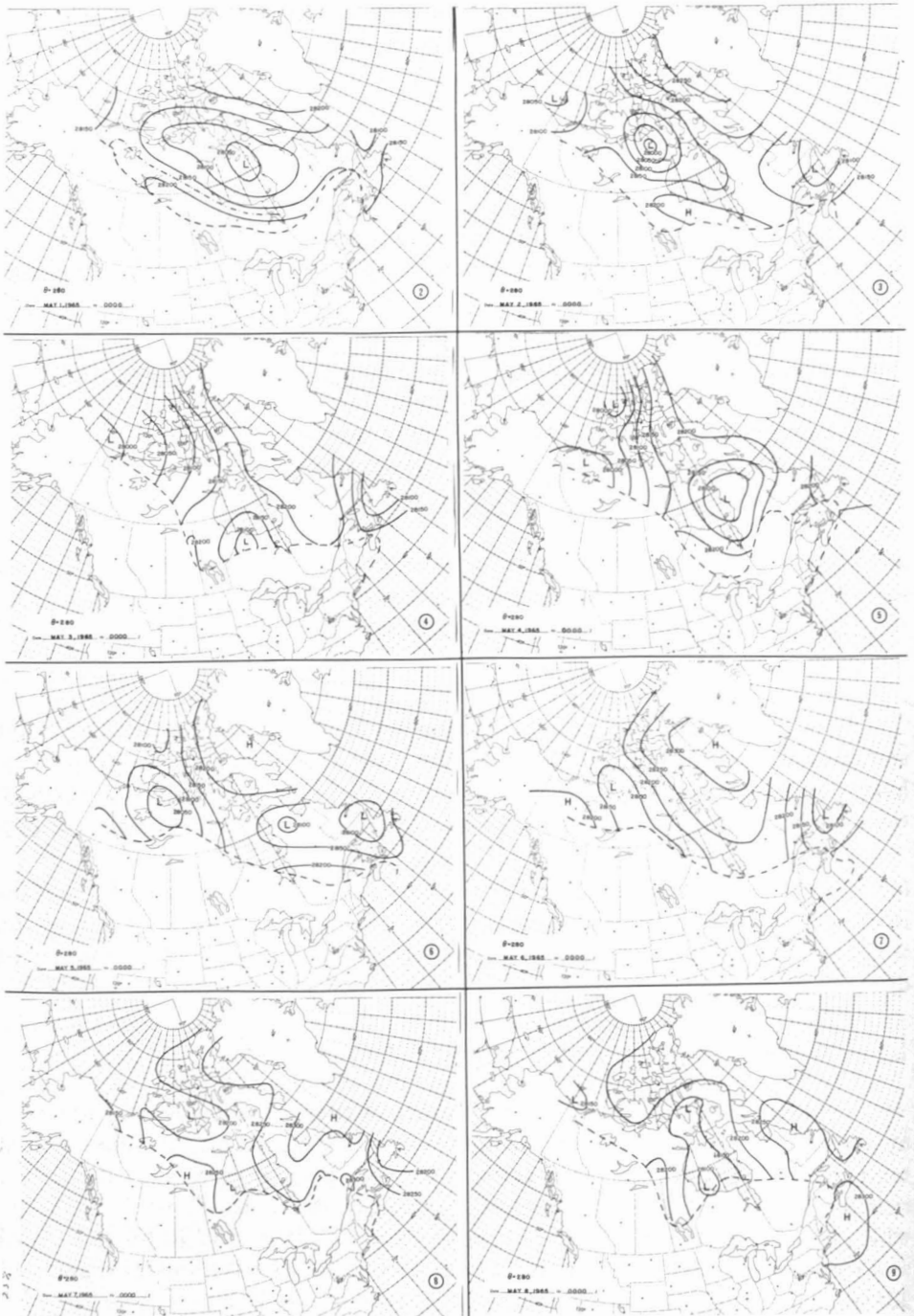
It is clear that if the pollen is transferred by laminar flow on isentropic surfaces, the pollen rich air must on the most recent part of its trajectory, have had a wind component directed towards the surface isentrope through the measuring station i.e. $v^* < 0$. Since $\frac{\partial \theta}{\partial y^*} < 0$ on any isentropic surface,

for the pollen to originate from lower latitude than Churchill, the surface isentrope must itself have extended further south at the point of origin of the trajectory and the wind at that point must clearly have had a component directed up the isentropic surface i.e. $v^* > 0$.

The study was designed with these concepts in mind.

To determine the potential temperature of the end point of the trajectory at pollen rich times, time series of pollen concentration and virtual potential temperature were drawn. The series, shown in figure 1, show that the pollen rich air is associated with potential temperatures in excess of 275-277 °K which are well above the seasonal mean value of about 265°K for late April and early May. Isentropic analyses were drawn for Θ values of 275, 280 and 285°K.

To determine the position of the surface isentropes, the surface heights and virtual potential temperatures were plotted for all available stations,



FIGURES 2 — 9. Analysis of the Montgomery stream function in units of $\text{cm}^2/\text{sec}^2 \cdot 10^5$, on the 280°K virtual potential temperature surfaces terminating in the south at the dashed line representing the intersection of that surface with the ground.

together with topographic contours from Berkofsky and Bertoni (1960) and the intersections of the 275, 280 and 285°K isentropic surfaces with the ground, consistent with the corresponding frontal contour analyses, estimated by interpolation.

The isentropic analyses were performed from the lowest level upwards utilizing the surface isobar analyses, and the equivalent geostrophic relation outlined in section 2.

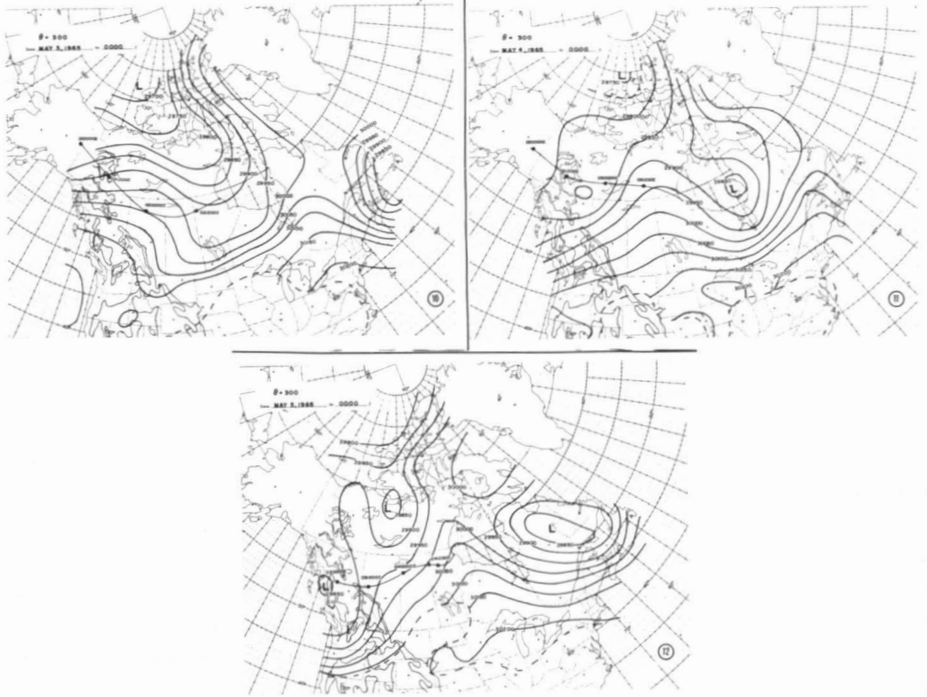
Reiterating, air motion is isentropic to the extent that the air does not move through isentropic surfaces. It is geostrophic to the extent that the horizontal wind component is parallel to the ψ_θ lines in the isentropic surface concerned, and is given by $g f^{-1} k \wedge \nabla_\theta \psi_\theta$. We discussed briefly the reasons for air not to follow isentropic motions in the planetary boundary layer, and the point to be resolved is whether the pollen reaching Churchill spent a substantial part of its time in the free atmosphere, following an isentropic trajectory, or spent practically all its time in the boundary layer.

It is apparent from the time series of six hour pollen counts and wind in Figure 1 that the horizontal wind near ground is moderate southerly throughout the period of increased influx (May 4-5). Moreover study of the 280°K isentropic analyses (Figures 2-9) shows the wind vector to have a component directed away from the surface isentrope up the potential temperature surface over the period of high pollen counts. This is inconsistent with the concept of pollen rich air, originating at latitudes lower than Churchill's being transferred up the ψ_θ contours to higher levels by the ageostrophic component, and subsequently returning to the surface again at another location on the isentropic surface.

Two alternative mechanisms of pollen importation from low latitudes are possible. Either the air must follow a surface trajectory in a strongly mixed layer near ground, or the pollen is transported along an isentropic trajectory at a higher level, then taken down by turbulent transport or washout. In the lower troposphere the pollen concentration will be rapidly diminished by mixing, sedimentation and washout. Sheppard (1963) has estimated a mean life against washout of 3 days in the lower troposphere, from condensation nuclei distributions, which suggests that the pollen has its origin within 2 to 4 days of Churchill, that it within North America.

It is extremely unlikely that pollen would be transported along an isentropic surface in the low to mid troposphere then transported down to the surface by turbulence or washout in a local geographic region. We observe from the time series of pollen count and the rainfall histogram in figure 1, that no rain occurred during the first and major pollen increase at Churchill suggesting that washout has negligible influence on the pollen count. It is

improbable that the static stability and turbulence vary markedly within a given air mass, so local variations in turbulent flux appear inconsistent with current knowledge of the thermal structure of the atmosphere. Neglecting these reservations, however, we constructed isentropic trajectories considered to terminate at the 300°K level above Churchill for the relevant period using the method described in the Appendix.



FIGURES 10 — 12. Analysis of the Montgomery stream function (heavy solid lines) is shown for the 300°K virtual potential temperature surface, together with trajectories derived from the analysis as outlined in the text. The thin lines in the west represent topographic contours in kilometers.

Isentropic trajectories are shown in figures 10-12 terminating over Churchill during the periods of high pollen count and of 2-3 days duration consistent with estimated lifetime in the lower troposphere. It is clear that the 300°K isentropic trajectories in each case pass over sections of the Rocky Mountain Range where the higher terrain clearly exceeds the 300°K isentropic surface level, within 3 days distance from Churchill. Pollen could easily be injected at the 300°K level under these circumstances if pollen sources were available over such a geographically large area, and at such altitudes. We will see in the next section that this reservation is not consistent with knowledge of pollen sources.

The only remaining interpretation, then, is that the pollen is simply transported by surface winds in a well mixed layer near ground, and the origin

TABLE I

The types and totals of pollen recorded at Churchill, Manitoba,
from May 3rd to 5th inclusive, 1965.

May 1965

	3 - 4	4 - 5	5 - 6
<i>Picea</i>	1	3	—
<i>Pinus</i>	—	4	—
<i>Populus</i>	383	913	971
<i>Ulmus</i>	4	5	17
<i>Alnus</i>	1	6	11
<i>Corylus</i>	1	6	15
<i>Salix</i>	—	1	9
<i>Betula</i>	—	—	2
<i>Fraxinus</i>	—	5	—
<i>Juniperus</i>	1	16	7
<i>Quercus</i>	—	4	1
<i>Carpinus-Ostrya</i>	1	—	—
<i>Carya</i>	—	3	1
<i>Elaeagnus</i>	1	—	—
<i>Chenopodiineæ</i>	—	1	1
<i>Ambrosiæ</i>	—	8	5
<i>Artemisia</i>	—	—	1
<i>Rumex</i>	—	—	1
<i>Rosaceæ</i>	—	—	1
<i>Liliaceæ</i>	—	1	—

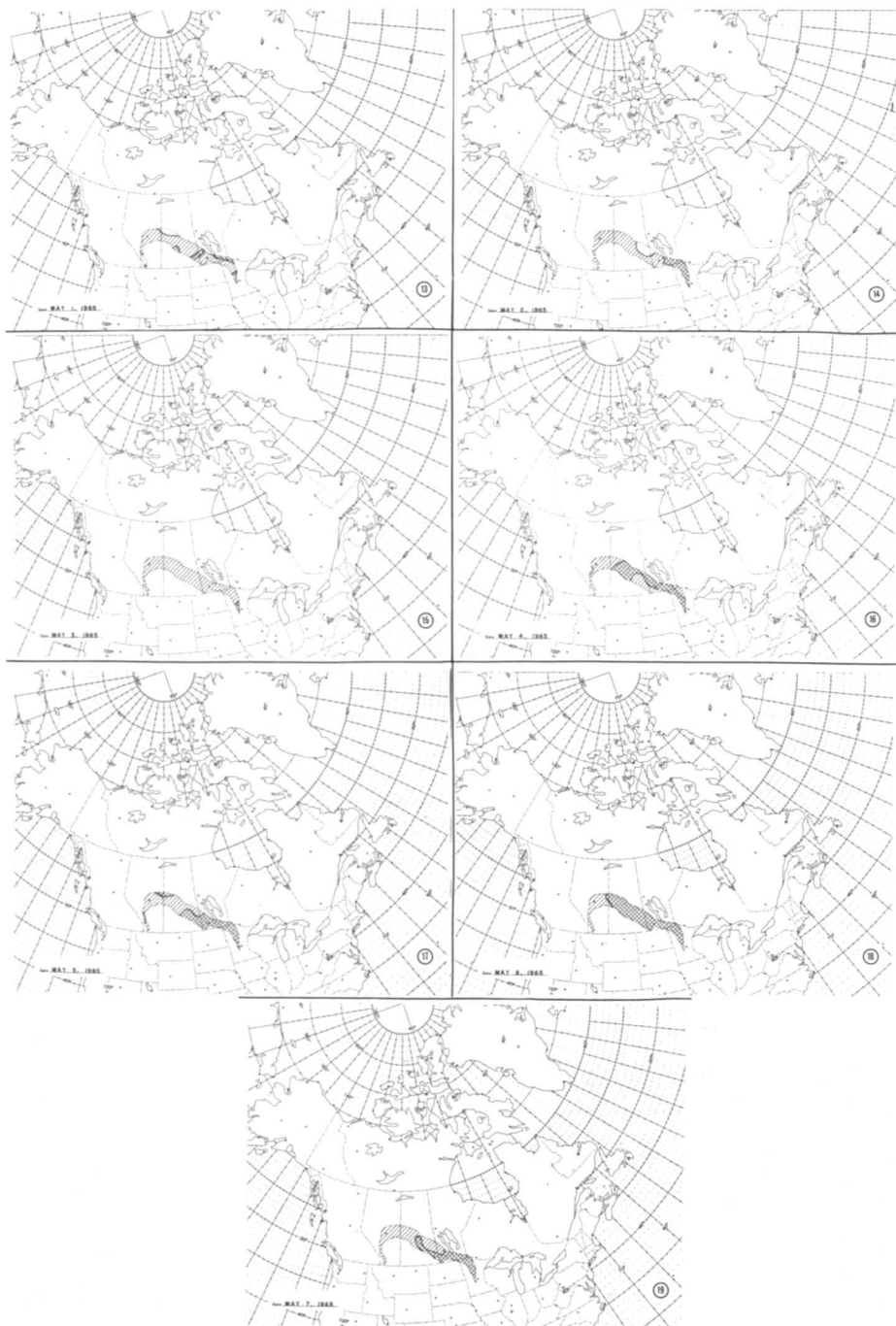
can not be determined solely from meteorological information. A surface trajectory can be determined, that will traverse the pollen source, but without a network of pollen counters from which relative concentrations can be found, the source can not be identified as a specific point on the trajectory, unless very specific meteorological conditions are associated with the actual pollen shedding process at the origin. This aspect of the local variations in source strength will be discussed in the next section.

The pollen source distribution

Evidence from both pollen type analysis, and from phenological correlations in the general period of pollen release within the Aspen Parkland (Rowe, 1959; Bird, 1961) strongly suggests that vegetation zone to be the source of the pollen intrusion at Churchill, Manitoba.

From a total of 2332 pollen grains sampled at Churchill on May 3-5 1965, analysis revealed the presence of twenty pollen types in the amounts shown in Table I. Of these 2263 (97%) belong to five pollen types which display considerable phenological and areal coincidence. These are the amentiferous trees and shrubs-aspen (*Populus*), elm (*Ulmus*), hazel (*Corylus*), alder (*Alnus*), and willow (*Salix*). Moreover it has been shown (Walton and Dudley, 1940, 1947; Moss, 1960; Ritchie and Lichti-Federovich, 1963) that these types form the main early flowering anemophilous species of the Western Interior of Canada, with their flowering occurring normally between April 25 and May 4. The area outlined by dots on the figures 13-19 represents the vegetation zone known as the Aspen Parkland within which all these species occur abundantly, with the aspen poplar clearly dominant.

The meteorological conditions conducive to pollen release in the anemophilous plants, from which the Churchill samples were almost wholly comprised, are warm, dry weather (Gregory, 1961 p. 43, Ebell and Schmidt, 1964). Amentiferous trees and shrubs form polleniferous structures in the fall and release pollen in response to increasing temperatures the following spring (c.f. Sharp and Chisman, 1961). Moss (1960) suggested correlations between initial and maximal pollen emission and ambient temperature, for early flowering anemophilous species in the Western Interior of Canada, based on observations for Edmonton, Alberta, from 1926 to 1958. These findings agree with observations made by one of us (J.C.R.) at Winnipeg, Manitoba between 1960 and 1963, illustrated for one year (1961) in Table II. We observe that the seasonal integrated pollen release of poplar, alder, elm and hazel as represented by the percentage of total annual pollen count, occurred at the beginning of May coincident with the rise of mean daily temperature above 5.5°C in the absence of prolonged precipitation and high humidity. Moreover a more specific correlation is apparent between the temperature and counts of specific



FIGURES 13 — 19. The dotted outline represents the boundary of the area of the Aspen Parkland. The area hatched in one direction only represents the area within which a temperature in excess of 5.5°C exists at 0000Z (approximately 1700 local time), and the cross-hatched area that within which temperature are in excess of 5.5°C at 1200Z (0500 local time).

TABLE II

Daily temperatures, total degree hours above 5.5 C, humidity, precipitation and pollen totals for the first 10 days of May 1961.
Pollen was sampled by a Hirst automatic spore trap, sampling 500 l of air per hour.

Date	Temperature /C			Total degree hours above 5.5 C	Noon relative humidity	ppt. (mm.)	Populus	Alnus	Ulmus	Corylus	Fraxinus	Salix	Acer	Betula
	Max.	Min.	Mean											
May 1.....	6.6	-6.6	1.1	0.2	45	—	258	12	—	4	—	13	—	—
May 2.....	10.0	-3.3	3.9	20.5	39	—	1040	41	—	19	—	47	—	—
May 3.....	17.2	-1.1	8.9	118.8	30	—	3831	10	27	215	—	68	—	—
May 4.....	20.5	2.8	12.8	178.7	20	—	4955	13	267	223	—	—	26	—
May 5.....	17.8	6.6	11.7	153.7	27	0.3	944	5	684	45	—	14	93	1
May 6.....	7.8	5.5	7.2	52.7	89	3.3	22	—	4	—	—	—	1	—
May 7.....	18.3	1.7	9.4	104.9	57	4.3	455	1	3279	16	—	1	13	—
May 8.....	3.3	0.0	1.7	0.2	74	—	53	14	357	4	—	6	3	—
May 9.....	10.0	-5.5	2.8	18.1	39	—	68	1	446	3	—	23	—	—
May 10.....	10.5	2.8	6.7	36.1	31	2.0	12	—	413	1	1	7	7	—

The pollen total for the 10 day period as a percentage of the total for the 1961 season for the pollen type

88.8 75.6 90.2 84.1 0.01 22.5 10.1 0.1

pollen species, though it is not clear whether short term variations, for example in *Populus* and *Ulmus* arise from variations in their individual phenological correlates, or from local variations in the local wind field reflecting variations in the local distribution of pollen sources. The latter might be quite strongly affected by the local microclimate, and would not be evident after transport had taken place over a well mixed trajectory for a few hundred kilometers.

No direct evidence is available on pollen emission in 1965 within the Aspen Parkland region, but we may infer that the critical temperature required for pollen release is exceeded there at least for part of the day, throughout the period studied. Local time in the Aspen Parkland lags Greenwich time by at least seven hours so that 0000Z and 1200Z are equivalent to about 1700 and 0500 local time respectively, or approximate times of maximum and minimum temperatures. The 5.5°C isotherms ($\sim 279^\circ\text{K}$ isentropes at the surface) were analysed for 0000Z and 1200Z respectively and the regions of the Aspen Parkland where the temperature exceeds 5.5°C are depicted by the hatched areas in figures 13-19 for the period May 1-8.

We may safely infer from these figures (13-19) that the Aspen Parkland offers a potential quasicontinuous source of pollen throughout the period studied, of pollen varieties accounting for 97% of the total count arriving at Churchill.

The remaining pollen types (Table I) do not fit conformably into either a floristic-vegetational region, or a phenologically determined area. All of these types flower in early May at latitudes considerably further south, in widely disparate regions.

These considerations of pollen source are in large part compatible with the final interpretation offered above (Section 3), that much of the pollen has been transported approximately 1000-1500 km by winds in a well mixed layer near ground level. Also, a pollen source further west than the Parkland, in the Cordilleran region, is precluded on both floristic and phenological grounds.

Conclusions and suggested studies

The evidence presented suggests strongly that pollen is not transferred along isentropic trajectories terminating at or above the site of anomalous high pollen counts, where the pollen is not native to the region.

From the observed short term relation between the pollen count, surface potential temperature and southerly winds, we may infer that the pollen transfer takes place in a well mixed layer near the ground.

If we accept that transport does not take place along isentropic trajectories, it is not obvious that the potential temperature at the measuring site will be related to pollen count over a period of sufficient length to draw any climatological conclusions. Since the lifetime of aerosol in the lower troposphere may be 3-5 days, it is not obvious that the potential temperature measured at the pollen sampler location will correspond to that at the pollen source. Moreover only if the pollen source strength is dependant on a critical potential temperature, and independent of other meteorological conditions such as wind, turbulence and cloudiness, and if the potential pollen source were zonally symmetric, can we expect the pollen count to be related to potential temperature over a period of climatological significance.

If, however, the pollen count is found to be strongly correlated with temperature whether it is native or not to the sampling region, over a lengthy period of time it could be used as a climatological indicator of the region. Though such a circumstance appears unlikely in the light of the above discussion, an extensive series of observations, particularly, if carried out at different latitudes along a meridian, would resolve the question.

Acknowledgements

One of us (J.C.R.) wishes to record his thanks to Dr. S. Federovich for assistance with the pollen analysis, and to the National Science Foundation, Waskington (Grant 23092), and the National Research Council of Canada (Grant T-1443) for financial support of the pollen work.

Appendix

The isentropic trajectories were obtained by satisfying simultaneously the total energy equation and an identity describing the distance travelled by the parcel.

The latter identity, $D = \int_{t_1}^{t_2} V dt$, may be roughly described in terms

of initial and final points of a trajectory if the speed is assumed to change linearly with distance travelled by $D = (V_f + V_i) \Delta t/2$ or by the slightly more refined approximation $D = (V_f + 2V_m + V_i) \Delta t/4$, where the i , m and f subscripts refer to the initial, mid-point and final values along the trajectory, and Δt is the interval between the initial and final points. If the analyses available are separated by 12 hour intervals ($\Delta t = 12$ hrs.), V_i and V_f may be obtained from successive maps.

The rate of change of kinetic energy of a parcel may be deduced from the Euler equation of motion *in* an isentropic coordinate system

$$\frac{dW_H}{dt} + f k W_H = -\nabla_{\theta}\psi$$

as
$$\frac{d}{dt} \left(\frac{W_H^2}{2} \right) = -W_H \cdot \nabla_{\theta}\psi$$

or
$$\frac{d}{dt} \left(\frac{W_H^2}{2} + \psi_{\theta} \right) = \left(\frac{\partial\psi}{\partial t} \right)_{\theta} + \left(\frac{d\theta}{dt} \right) \frac{\partial\psi}{\partial\theta} \quad \text{a)}$$

Now
$$\frac{\partial\psi}{\partial\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = \frac{C_p T}{\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = \frac{dq}{dt}, \text{ since } dq = C_p dT - \frac{RT}{p} dp,$$

and by definition $\theta = T \left(\frac{1000}{p} \right)^k$ which implies $C_p T \frac{d\theta}{\theta} = dq$, where dq is

the rate of diabatic heating.

Integrating following the motion of the parcel gives:

$$\psi_f - \psi_i + \frac{1}{2} (W_{Hf}^2 - W_{Hi}^2) = \int_{t_i}^{t_f} \frac{\partial\psi}{\partial t} dt + \int_{\theta_i}^{\theta_f} \frac{\partial\psi}{\partial\theta} d\theta \quad \text{b)}$$

where the final values (subscript *f*) occur at potential temperature θ_f and the initial values (subscript *i*) are from isentropic surface θ_i .

The contribution of diabatic heating is neglected and expression b) reduces to:

$$\psi_f - \psi_i + \frac{1}{2} (W_{Hf}^2 - W_{Hi}^2) + (\Delta\psi_i + 2\Delta\psi_m + \Delta\psi_f)/4 = 0 \quad \text{c)}$$

where all the parameters in c) may be evaluated from successive charts of a given isentropic surface. (θ conserved).

Successive approximations to the initial position (*i*) are made from the known final position at Churchill by backwards extrapolation in the following way. First a locus of points is made that satisfy the distance criterion for one time step. This results in an arc orthogonal to the actual trajectory. The values of ψ_i and W_{Hi} for various points on this arc are then substituted in equation c) until a point is found that satisfies the identity. The trajectories were traced backwards over successive 12 hour intervals.

References

- BERKOFSKY, L. and E. A. BERTONI, 1960. Topographic charts at 1° intersections for the entire earth. *G. R. D. Res. Notes, No. 42*. 43 pp.
- BIRD, R. D., 1961. Ecology of the Aspen Parkland of Western Canada. *Publs Dept. Agric. Can.*, 1066.
- DANIELSEN, E. F., 1959. The laminar structure of the atmosphere and its relation to the concept of a tropopause. *Arch. Met. Geophys. Bioklim.*, A 11 : 293-332.
- DANIELSEN, E. F., K. H. BERGMAN and C. A. PANSON, 1962. Radioisotopes, potential temperature and potential vorticity – a study of stratospheric-tropospheric exchange processes. Dept. Met. Climat., Univ. Washington, 54 pp.
- DANIELSEN, E. F., 1964. Radioactivity transport from stratosphere and troposphere. *Rep. Miner. Ind.*, 33 (6) : 1-7.
- DUQUET, R. T., 1964. Data processing for isentropic analyses. *Penn. St. Univ. Tech. Rep. No. 1*. Mixing processes and radioactivity transport. Contr. AT (30-1) — 3317, pp. 18.
- EBELL, L. F. and R. L. SCHMIDT, 1965. Meteorological factors affecting conifer pollen dispersal on Vancouver Island. *For. Dep. Publ.*, 1036, 28 pp.
- GREGORY, Ph. H., 1961. The microbiology of the atmosphere. Leonard Hill, London. 251 pp.
- HIRST, J. M., 1952. An automatic volumetric spore trap. *Ann. appl. Biol.*, 39 : 257-265.
- KENDREW, W. G. and B. W. CURRIE, 1955. The climate of central Canada. Queen's Printer, Ottawa, 194 pp.
- MAHLMAN, J. D., 1965. Relation of stratospheric-tropospheric mass exchange mechanisms to surface radioactivity peaks. *Arch. Met. Geophys. Bioklim.*, A 15 : 1-25.
- MANABE, S. and F. MOLLER, 1961. On the radiative equilibrium and heat balance of the atmosphere. *Mon. Weath. Rev.*, 89 : 503-532.
- MOSS, E. H., 1960. Spring phenological records at Edmonton, Alberta. *Can.Fld Nat.*, 74 : 113-118.
- REED, R. J., 1955. A study of a characteristic type of upper-level frontogenesis. *J. Met.*, 12 : 226-237.
- REITER, E. R., 1963. A case study of radioactive fallout. *J. appl. Meteorology*, 2 : 691-705.
- REITER, E. R. and J. D. MAHLMAN, 1965. Heavy radioactive fallout over the southern United States, November 1962. *J. geophys. Res.*, 70 : 4501-4520.
- REITER, E. R. and J. D. MAHLMAN, 1965. A case study of mass transport from stratosphere to troposphere not associated with surface fallout. Progress Rep. 2. U. S. Atomic Energy Commission. *Tech. Pap. Dep. Atmosph. Sci.*, 70. Col. State U. 54-83,
- REITER, E. R., M. E. GLASSER and J. D. MAHLMAN, 1967. The role of the tropopause in stratospheric-tropospheric exchange processes. *Dep. Atmosph. Sci., Atmosph. Sci. Pap.*, 107. Col. State U. pp. 79.

- RITCHIE, J. C. and S. LICHTI-FEDEROVICH, 1963. Contemporary pollen spectra in central Canada. 1. Atmospheric samples at Winnipeg, Manitoba. *Pollen Spores*, 5 : 95-114.
- ROWL, J. S., 1959. Forest regions of Canada. *Can. Dept. N. Affairs and Nat. Res. Bull.*, 123, 71 pp.
- SHARP, W. M. and H. H. CHISMAN, 1961. Flowering and fruiting in the white oaks. 1. Staminate flowering through pollen dispersal. *Ecology*, 42 s 365-371.
- SHEPPARD, P. A., 1963. Atmospheric tracers and the study of the general circulation of the atmosphere. *Rep. Prog. Phys.*, 26 : 213-267.
- STALEY, D. O., 1960. Evaluation of potential vorticity changes near the tropopause and the related vertical motions, vertical advection of vorticity, and the transfer of radioactive debris from stratosphere to troposphere. *J. Met.*, 17 : 591-620.
- STALEY, D. O., 1962. On the mechanism of mass and radioactivity transport from stratosphere to troposphere. *J. Met.*, 19 : 600-608.
- THOMPSON, P. D., 1961. Numerical weather analysis and prediction. Chapter 2. The MacMillan Co., New York, 23-40.
- WALTON, C. H. A. and M. G. DUDLEY, 1940. Pollen survey in Manitoba. *Can. med. Ass. J.*, 42 : 430-434.
- WALTON, C. H. A. and M. G. DUDLEY, 1947. A geographical study of hay fever plants in Manitoba. *Can. med. Ass. J.*, 56 : 142-148.

FRÉQUENCES ANNUELLES DES PRÉCIPITATIONS AU QUÉBEC MÉRIDIONAL

RAYMOND-M. GAGNON,

Service de Météorologie, Ministère des Richesses naturelles, Québec.

Résumé

Cet article comprend trois cartes climatiques du Québec méridional qui traitent des fréquences annuelles de pluie, de neige et de précipitation totale. L'auteur les compare entre elles et montre leur similitude avec les cartes de précipitations annuelles.

Abstract

This paper presents for meridional Québec three climatic maps which deal with the annual frequencies of rainfall, snowfall and total precipitation. Comparison are made with the annual precipitation maps for the same area.

Introduction

Les perturbations atmosphériques qui balaient régulièrement le Québec ne conservent pas, tout au long de leur séjour en terre québécoise, des propriétés thermodynamiques constantes. Elles subissent des altérations souvent secondaires, parfois même profondes, qui ont pour résultats de faire varier leur comportement d'une région à une autre. Ainsi, il est possible de constater qu'une perturbation particulière déverse des hauteurs de pluie différentes d'un endroit à un autre, qu'elle cause des orages dans une ville sans pour autant en causer dans la campagne environnante, enfin que la pluie persiste 10 heures dans une région, alors qu'ailleurs, elle ne dure que huit heures. Toutes ces variations locales, causées par les altérations des systèmes météorologiques, résultent, à long terme, en des valeurs moyennes qui diffèrent d'une localité à une autre. Des cartes climatiques sont alors tracées pour mettre en évidence la répartition spatiale des valeurs moyennes.

La fréquence annuelle des précipitations ne fait pas exception au phénomène de variabilité que nous venons de décrire. C'est pour mettre en évidence les fluctuations régionales des fréquences annuelles moyennes de pluie, de neige et de précipitation totale que nous avons dressé trois cartes climatiques. Ces cartes ne couvrent que la partie méridionale du Québec et ont été préparées à l'aide des données d'une période de 20 ans, soit celle de 1941 à 1960.

Ces cartes climatiques s'ajoutent à celles que nous avons publiées en 1967 (1).

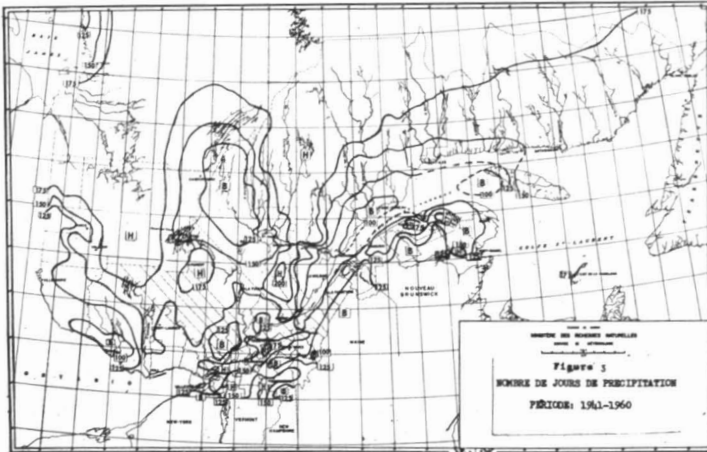
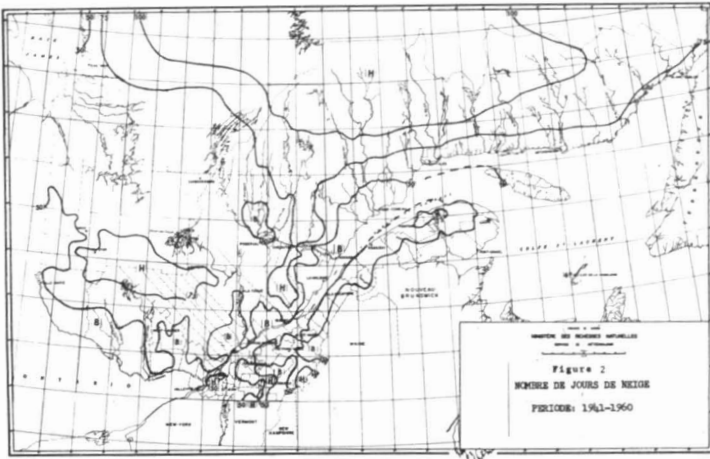
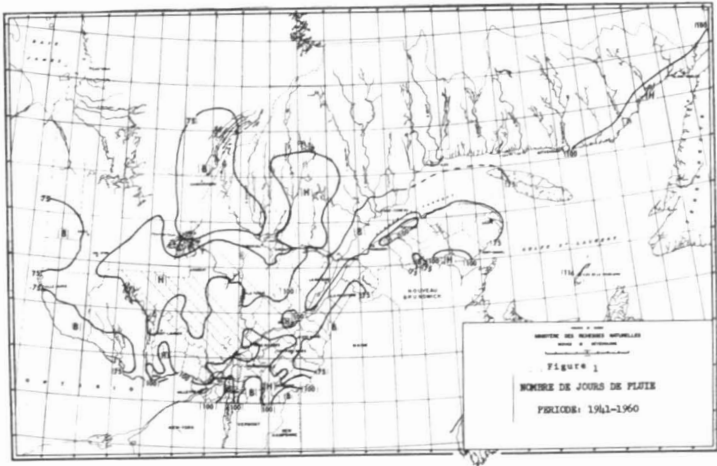


FIG. 1. Nombre de jours de pluie. Période : 1941-1960. FIG. 2. Nombre de jours de neige. Période 1941-1960. FIG. 3. Nombre de jours de précipitation. Période : 1941-1960.

Données utilisées

Les données de quelque 200 stations du Québec, de même que celles d'une soixantaine de stations de l'Ontario et du Nouveau-Brunswick ont servi à la préparation des cartes que nous présentons. Les stations du Québec que nous avons utilisées sont les mêmes que celles décrites dans l'atlas climatique de 1967 (1).

Pour les données de 150 des stations du Québec, de même que pour celles des stations situées en territoires limitrophes, nous avons utilisé des moyennes calculées par la Direction de la Météorologie du Canada (2, 3). Les moyennes de ces stations proviennent ordinairement de données couvrant toute la période 1941-1960. Nous avons utilisé aussi les données d'une cinquantaine d'autres stations afin de préciser les distributions spatiales dans certaines régions et d'en arriver à un meilleur tracé des isolignes. Tous les ajustements statistiques nécessaires ont été effectués pour rendre représentatives de la période 1941-1960 les valeurs moyennes cartographiées.

Fréquence des précipitations

Diverses formes de précipitations sont possibles. Cependant, pour simplifier, ne parlons que de pluie, de neige et de précipitation totale. Pour établir les cartes de fréquences annuelles, nous n'avons d'ailleurs pas poussé plus loin la distinction. Notre étude doit alors considérer trois cas possibles. Il nous faut distinguer entre le jour de pluie, le jour de neige et le jour de précipitation.

Le jour de pluie est défini comme le jour durant lequel une chute de pluie de hauteur supérieure à cinq millièmes (0.005) de pouce est enregistrée.

Le jour de neige est le jour durant lequel une chute de neige supérieure à cinq centièmes (0.05) de pouce est mesurée.

Le jour de précipitation se définit soit comme le jour de pluie, soit comme le jour de neige ou encore comme le jour durant lequel une chute de pluie et une chute de neige successive, antécédente ou mêlée à la pluie, ont laissé plus de cinq millièmes (0.005) de pouce d'eau. Dans ce cas, on exprime la neige sous forme d'équivalent en eau.

Dans chacune de ces trois définitions, le jour correspond au jour météorologique : il débute et se termine à 08:00 heures (H.N.E.). D'après ces trois définitions, il est évident que la somme des jours de pluie et des jours de neige donne une valeur légèrement supérieure aux jours de précipitation.

Nous présentons trois figures climatiques traitant des fréquences moyennes annuelles : la première (figure 1) a pour objet la pluie, la seconde (figure 2), la neige et la troisième (figure 3), la précipitation. Ces trois cartes montrent la répartition des fréquences annuelles sous forme d'isolignes que nous avons tracées et qui ont été étiquetées d'après le nombre moyen de jours où chacun des phénomènes a été observé.

Description

Les trois figures présentées sont très similaires. Elles accusent, toutes les trois, des zones de faible fréquence dans la région immédiate de l'estuaire du Saint-Laurent, de l'est du lac Saint-Jean, de la vallée de l'Outaouais et de la partie sud des monts Notre-Dame au nord du Maine. Toutes les trois, elles accusent des valeurs élevées à la ligne de partage des eaux du bassin de la baie James (soit les parties nord-est de l'Abitibi et nord de la Mauricie), au-dessus des massifs laurentien et gaspésien, dans une partie des Cantons de l'Est et au-dessus de l'île de Montréal. Les régions immédiates des villes de Québec et de Chicoutimi ne sont pas tellement favorisées, puisque ces deux villes sont situées sur la ligne de crête allant du lac Manouan à Beauceville, en passant par le parc des Laurentides. Les fréquences de pluie, de neige et de précipitation sont plus grandes dans ces deux villes que dans les régions avoisinantes.

Comparée à la figure de précipitation totale annuelle, la figure de fréquence annuelle de précipitation offre une ressemblance marquée. Les zones de fortes valeurs de précipitations correspondent ordinairement à des zones de fortes fréquences, et inversement, dans le cas des faibles valeurs. Il n'y aurait donc pas de changements importants dans les distributions de hauteur de pluie ; les fréquences relatives des précipitations faibles et des précipitations fortes seraient les mêmes d'une région à une autre. Si nous comparons la figure des chutes de neige annuelle avec la figure du nombre de jours de neige, nous observons la même coïncidence des zones maximales et des zones minimales. Lorsque la hauteur de neige d'une région est le double de celle d'une autre région, la fréquence de chute est aussi doublée; la même considération que dans le cas de la précipitation intervient ici. Cependant, nous n'avons pu comparer la figure de fréquence des chutes de pluie avec la figure des pluies annuelles, mais il est probable que les mêmes coïncidences auraient été observées.

Conclusion

Les répartitions des fréquences de pluie, de neige et de précipitation totale sont similaires pour le sud du Québec ; ces répartitions sont d'ailleurs semblables à celles de la précipitation totale annuelle et de la neige annuelle. Les trois cartes présentées donnent donc des informations de première valeur sur les fréquences des précipitations solides et liquides au Québec et devraient être utilisées par tous ceux que la précipitation au Québec intéresse.

Références

- (1) FERLAND, M.-G. et R.-M. GAGNON, 1967. Climat du Québec méridional. MP-13. Service de Météorologie, ministère des Richesses naturelles, Québec. 93 p.
- (2) DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE, 1967. Tables des températures et précipitations pour Québec. Volume V. Ministère des Transports, Toronto. 36 p.
- (3) DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE, 1968. Normales climatiques - Tome II - Précipitation. Ministère des Transports, Toronto. 110 p.

LA FRÉQUENCE DE LA ROSÉE À LA STATION AGRONOMIQUE DE SAINT-AUGUSTIN, QUÉBEC

PIERRE GOSSELIN

Service de Météorologie, Ministère des Richesses naturelles, Québec.

Résumé

Un drosomètre était en opération à la station agronomique de Saint-Augustin durant les saisons d'été de 1967 et 1968. L'auteur présente une analyse des drosogrammes obtenus et souligne les diverses difficultés rencontrées avec ce genre d'appareil.

Abstract

During the 1967 and 1968 summer seasons, a drosometer was operated at the agronomical station of Saint-Augustin. The present paper gives an analysis of the drosograms obtained and points out difficulties encountered with this kind of instrument.

Introduction

La rosée est bien connue de tous comme le dépôt de gouttes d'eau qu'on observe sur les plantes et les objets les matins qui suivent une nuit sans vent et avec un ciel dégagé. Ce dépôt d'eau provient de la condensation de la vapeur d'eau que contient l'air et se produit lorsque l'air humide entre au contact de surfaces froides dont la température est inférieure à celle du point de rosée. Cette condensation se produit en général tard la nuit ou de bonne heure le matin, avant le lever du soleil. En effet, le soir, après le coucher du soleil, la terre se refroidit par l'émission de rayonnement calorifique et il en est de même pour l'air. Le sol, perdant de la chaleur beaucoup plus rapidement que l'air, se refroidit davantage et atteint une température pour laquelle l'eau de l'air passe de la phase gazeuse à la phase liquide, c'est-à-dire se condense sous forme de minuscules gouttelettes.

Il y a, pour un observateur placé au sol, une bonne différence entre la rosée et la pluie. Pour cet observateur, la pluie tombe sous forme de gouttes et mouille le sol, tandis que la rosée se produit au contact du sol seulement.

La pluie, à la différence de la rosée, prend naissance en altitude par suite du refroidissement de l'air et d'autres phénomènes plus complexes que celui de la rosée.

Matériel et méthode

La mesure de la rosée se fait au moyen du drosomètre. La rosée est collectée et pesée au moyen d'un tamis à mailles serrées. Le tamis est suspendu au fléau d'une balance dont la déviation est transmise avec amplification au bras d'enregistrement. Le fléau, monté sur couteaux, porte une ailette d'amortissement, mobile dans une chambre remplie d'huile. On évite ainsi toute influence du vent sur l'enregistrement. La déviation du fléau étant transmise au bras portant la plume d'enregistrement, la variation du dépôt de rosée est obtenue sous forme d'une courbe continue. L'étendue des mesures est comprise entre zéro et cinq grammes : ce qui permet de lire la rosée au vingtième de gramme sur la bande à 100 divisions.

Un drosomètre est en opération à la station météorologique de Saint-Augustin, comté de Portneuf, depuis le mois de juin 1966. On y recueille les données de rosée durant les mois d'été, soit de mai à septembre, ce qui permet de disposer de données s'étendant sur un total de 14 mois.

L'extraction des données du drosomètre ne se fait pas sans difficultés. D'abord, la construction du drosomètre ne permet pas de distinguer sur le drosogramme la pluie de la rosée. En effet, s'il pleut tel ou tel jour, la pluie se dépose sur le tamis du drosomètre qui enregistre alors une mesure. À prime abord, on ne peut faire la différence entre des enregistrements de pluie et des enregistrements de rosée. Afin d'éliminer les cas où l'indication du drosomètre provient d'une pluie, nous avons comparé les enregistrements de rosée avec les pluviogrammes des jours correspondants. Ceux-ci proviennent d'un pluviographe à auget basculeur situé à proximité du drosomètre.

Ensuite, l'eau que contient l'air sous forme gazeuse, c'est-à-dire sous forme moléculaire, se condense et s'évapore constamment. En effet, les molécules d'eau rencontrent les surfaces froides, s'y collent, puis rebondissent dans le milieu gazeux environnant. C'est donc une rosée microscopique qui mouille les surfaces pendant très peu de temps et s'évapore aussi en des temps très courts. Comme le nombre de molécules d'eau dans l'air est énorme, la fréquence des courtes durées de mouillage, d'évaporation et de faible poids maximum est très grande, mais le drosomètre ne permet pas d'effectuer des mesures aussi petites.

Finalement, le drosomètre n'étant pas un appareil très sensible, nous avons tronqué les mesures pour lesquelles le poids maximum de rosée était inférieur à 10 centigrammes. Au manque de sensibilité, s'ajoute un temps de réponse relativement long lors de mesures très faibles de poids de rosée.

Donc, après la comparaison des pluviogrammes et des drosogrammes, après avoir tronqué les mesures à partir de 10 centigrammes et avoir éliminé les dro-

sogrammes dont l'enregistrement est défectueux, nous avons retenu les enregistrements d'un nombre total de 37 jours de rosée pour fins d'analyse.

Afin de procéder à une interprétation satisfaisante des données, nous avons effectué quelques calculs statistiques. Ainsi, nous avons calculé le domaine d'étendue, la médiane, la moyenne et l'écart-type pour chacune des variables suivantes : a) le poids maximum de rosée, b) l'heure d'enregistrement du poids maximum, c) la durée de mouillage, d) la durée d'évaporation et e) le rapport de la durée d'évaporation à la durée de mouillage; pour chacune de ces variables, nous donnons les histogrammes.

Analyse des résultats

L'examen des histogrammes nous fait voir que la rosée se dépose durant la nuit et atteint un poids maximum vers 5 heures 30 le matin. On remarque que dans 43 pour cent des cas, le poids maximum de rosée s'est produit entre 5 et 6 heures le matin (fig. 1) et que dans 68 pour cent des cas, il arrive entre 3 heures 30 et 7 heures 30 le matin. La plus grande valeur de poids maximum de rosée observée a été de 100 centigrammes, (fig. 2), le 16 septembre 1967. Ce jour était le troisième de cinq jours consécutifs où il s'est produit de la rosée durant la nuit.

La durée de mouillage, c'est-à-dire le temps à partir duquel la rosée commence à se produire et après lequel elle est complètement évaporée, varie énormément. En effet, la durée de mouillage la plus courte est d'une heure 45 minutes (fig. 3), tandis que la durée la plus longue est de 12 heures 15 minutes. Une longue durée de mouillage, il va sans dire, est favorisée par la présence d'un ciel couvert le matin et d'une masse d'air humide. En moyenne, la durée de mouillage est de six heures, ce qui place le début moyen de la période vers une heure le matin et la fin, vers sept heures.

La durée d'évaporation est la période comprise entre l'heure d'enregistrement du poids maximum et l'heure où toute la rosée s'est évaporée. Cette durée est très variable et dépend de l'heure d'enregistrement du poids maximum, de l'état des masses d'air le matin, de la nébulosité et du vent. Pour des poids de rosée faisant osciller la balance à plus de 10 centigrammes, l'évaporation persiste durant des intervalles variant entre trois quarts d'heure et sept heures et quart (fig. 4). En général, la durée d'évaporation est de deux heures.

La comparaison des durées d'évaporation et des durées de mouillage montre qu'en moyenne, la durée d'évaporation représente environ le tiers de la durée de mouillage (fig. 5). On remarque aussi que dans 68 pour cent des cas, ce rapport est compris entre le cinquième et la moitié du temps de mouillage.

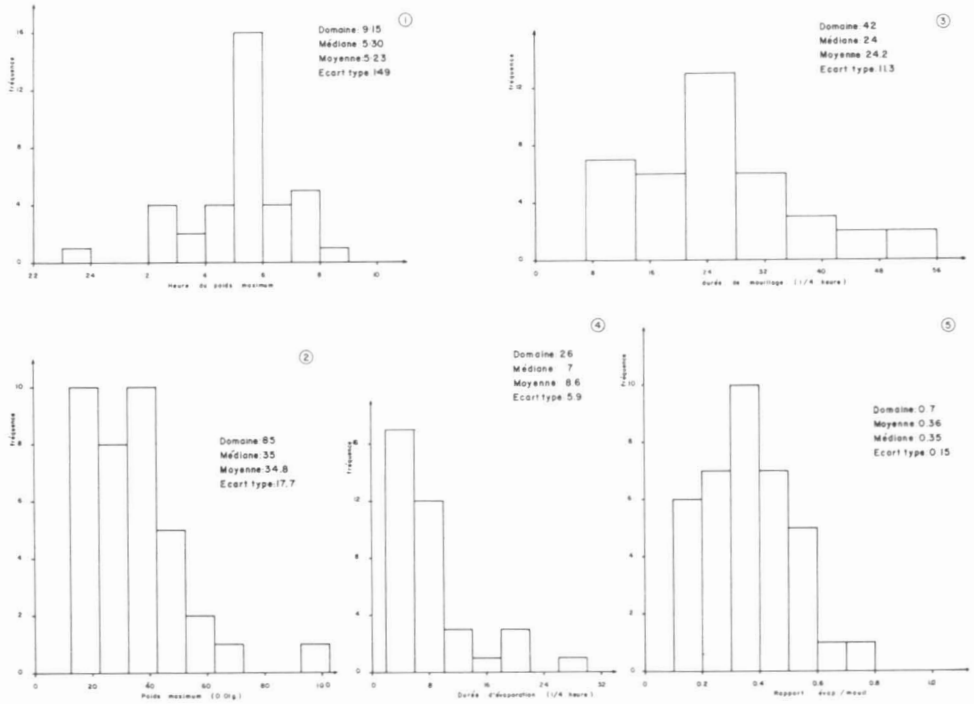


FIG. 1 Histogramme de l'heure du poids maximum. FIG. 2 Histogramme du poids maximum de rosée. FIG. 3 Histogramme de la durée de mouillage. FIG. 4 Histogramme de la durée d'évaporation. FIG. 5 Histogramme du rapport évaporation/mouillage.

On peut établir des comparaisons entre les drosogrammes représentant une rosée pure et ceux causés par une chute de pluie. Comparons les sept drosogrammes suivants dont trois sont consécutifs à la rosée et les quatre autres à la pluie. On remarque d'abord que la pente des courbes de rosée est très faible (figures 6, 7 et 8) : la rosée se produit d'une façon lente et progressive. La pente des courbes de drosogrammes causés par la pluie (figures 9, 10, 11 et 12) est très grande et a un début brusque et bien marqué. La rosée n'atteint sa valeur de poids maximum qu'après une longue période de déposition, tandis que la courbe du drosogramme de pluie atteint plus rapidement une valeur maximum. On remarque que le début de la période de rosée se produit, pour les trois diagrammes de rosée, vers 21 heures, tandis que la pluie peut produire des courbes à des temps de début quelconques. L'allure des tracés dus à la pluie est tout à fait aléatoire, tandis que ceux consécutifs à la rosée sont tous semblables à un "V" très obtus dont le montant gauche est de pente très faible, quasi horizontal. Les valeurs de poids maximum ne dépassent pas 100 centigrammes, tandis que les pluies, selon évidemment leur intensité, entraînent des valeurs de poids dépassant la plupart du temps cette valeur de 100 centigrammes et atteignent très souvent une valeur de saturation, caractéristique de la pluie et fonction du tamis du drosomètre.

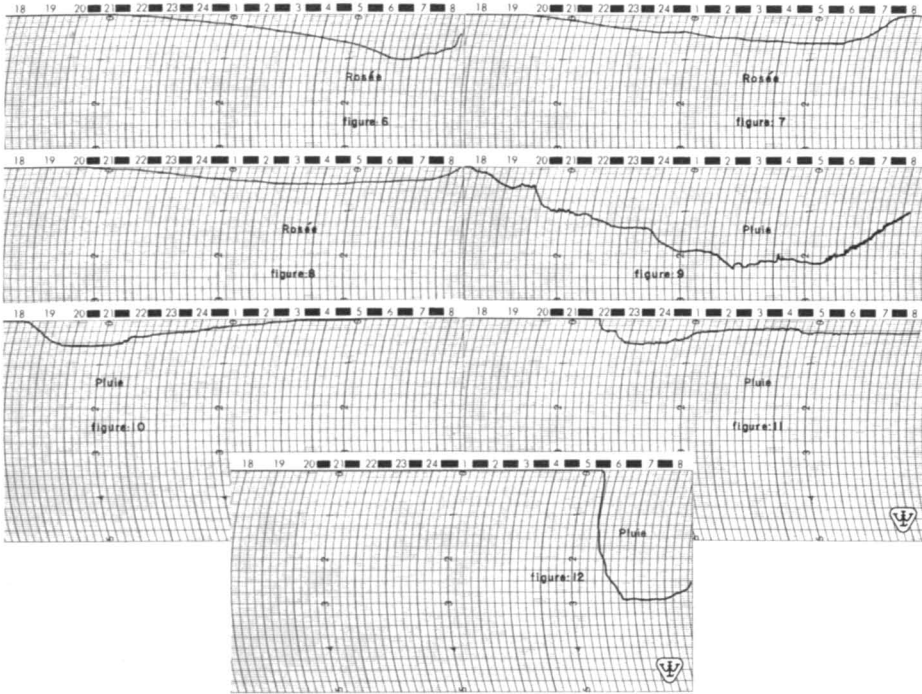


FIG. 6 à 8 Drosogrammes montrant un enregistrement de rosée. FIG. 9 à 12 Drosogrammes montrant un enregistrement de pluie.

Conclusion

Cette étude de la rosée est la première du genre réalisée au Québec. Étant donné le peu de données utilisables, l'auteur n'a pu faire l'étude de la fréquence des rosées durant les mois d'été. De l'étude présente, il peut conclure que, pour la station de Saint-Augustin, la rosée ne contribue que faiblement aux apports d'eau au sol comparativement aux pluies. C'est essentiellement la pluie qui fournit aux plantes l'eau nécessaire à leur croissance et cette situation est probablement générale au Québec.

En moyenne, la rosée maximum se produit généralement vers cinq heures 30 le matin. Le poids moyen maximum du dépôt de rosée est de 35 centigrammes; la durée d'évaporation moyenne est de deux heures et représente en moyenne le tiers de la durée de mouillage.

Le drosomètre mesure les rosées, mais l'interprétation des drosogrammes bruts est sujette à de graves erreurs si l'on ne tient pas compte des données de pluie. En effet, on pourra appeler "durée de la rosée" ce qui n'est en réalité qu'une durée de mouillage consécutive à une pluie. On croira alors à une fréquence élevée de la rosée, alors qu'il faudra soustraire de cette fréquence de mouillage, une valeur évidemment due à la pluie.

Références

- (1) CANADA, Ministère de l'Agriculture 1967. Mesure de la durée de mouillage. Institut de recherches sur les végétaux – Direction de la recherche – Ministère de l'Agriculture du Canada. Bull. No 19F, septembre 1967.
- (2) QUÉBEC, MIN. DES RICHESSES NATURELLES, 1968. Données météorologiques de 1967, Station Agronomique de l'université Laval. *Bull. Serv. Météor. Min. Rich. nat. Québec*, MP-17, 74p.
- (3) LAMBRECHT, Wilh, 1961. Balance de rosée enregistreuse de Hiltner. Mesure des précipitations, Liste 15. Göttingen p. 13-15.

VERTICAL TEMPERATURE DISTRIBUTION OVER MONTRÉAL

D. YAP, K.L.S. GUNN

McGill University

and

C. EAST

Université de Montréal

Résumé

L'étude de la distribution verticale de la température obtenue à l'aide de tours météorologiques et de sondages par hélicoptère montre les caractéristiques suivantes de l'atmosphère urbaine de Montréal :

(1) Durant les mois d'hiver, la présence d'une inversion nocturne, 60 pour cent du temps aux environs de 1,000 pieds, mais 10 à 15 pour cent du temps seulement dans les premiers 200 pieds.

(2) Le matin, la modification progressive de la couche d'air stable par la chaleur urbaine qui détruit l'inversion et crée une couche de mélange dans laquelle les gradients thermiques sont en général de 6°C/km (3.2°F/1000 pieds).

(3) Durant le jour, la persistance de gradients superadiabatiques dans les premiers 200 pieds.

Abstract

Studies of the vertical temperature distribution using instrumented towers and helicopter soundings show that in the urban atmosphere of Montréal :

(1) In the winter months a nocturnal inversion is present 60% of the time at 1000 ft, but only 10-15% of the time in the lowest 200 ft.

(2) During the morning, the warm city tends progressively to modify the stable air, destroying the inversion and creating a mixed layer in which lapse rates are generally 6°C/km (3.2°F/1000 ft).

(3) During the day, superadiabatic gradients persist in the lowest 200 ft.

Introduction

Knowledge of the temperature structure in the lowest few thousand feet of the atmosphere, such as the shape of the temperature profile, and the height of any inversion if present, is a necessary element in the analysis and predic-

tion of air pollution levels. Detailed investigations of the temperature structure in the urban atmosphere, the differences between urban and non-urban vertical temperature fields, have been made for relatively few cities (Duckworth and Sandberg 1954, DeMarrais 1961, Munn and Stewart 1967, Bornstein 1968). These studies indicated a lower percentage of inversions in the city than in nearby rural sites ; they indicated that over the city the heat island (i.e. the characteristic warmth of the city) tended to destroy the nocturnal inversion in the lowest few hundred feet, while the inversion persisted aloft ; and they further indicated that the lapse rate in the sub-inversion layers over the city varied from nearly isothermal to nearly adiabatic. In addition, Duckworth and Sandberg (1954) and Bornstein (1968) observed frequently a "cross-over" effect in which the air at some level above the city is colder than that above the country at the same height.

Prior to 1968, no detailed measurements of the temperature structure over Montréal had been made, except from two micrometeorological installations, a tower in the Montréal Botanical Gardens and the CBC-TV tower on Mont Royal, each equipped with temperature sensors at two levels. In early 1968, a series of vertical temperature soundings was undertaken, using a helicopter, within the Montréal area. Some of these data for the months March and April 1968 were used in the work reported here.

This paper reports a study of the temperature structure in the urban atmosphere of Montréal from the micrometeorological installations and from a series of vertical temperature soundings by helicopter; and the relation of the temperature structure to the analysis and prediction of air pollution levels.

Material and methods

GENERAL FEATURES OF THE TERRAIN

The City of Montréal is situated on a large island just east of the junction of the Outaouais and Upper Saint-Laurent Rivers. It is in the low, flat land of the Saint-Laurent Valley which lies between the Laurentian Plateau to the north and the Appalachians to the south. The plain itself is dotted with Montegian Hills. One of these, Mont Royal, is situated in the centre of the city, rising to a height of 760 feet above mean sea level.

An outline of the built-up and densely built-up areas around Montréal is shown in Fig. 1. The irregularities in the surface due to the different shape and heights of buildings are most pronounced in the densely built-up areas.

METEOROLOGICAL TOWERS

There are two micrometeorological installations in Montréal which form part of a Canadian national air sampling network. These are the Botanical

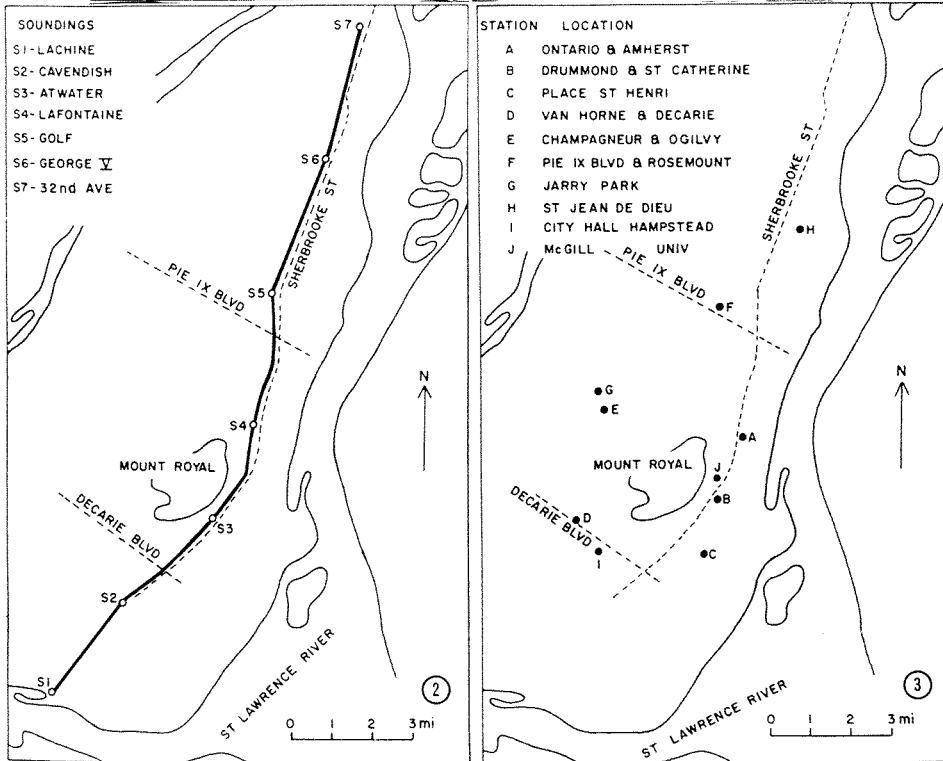
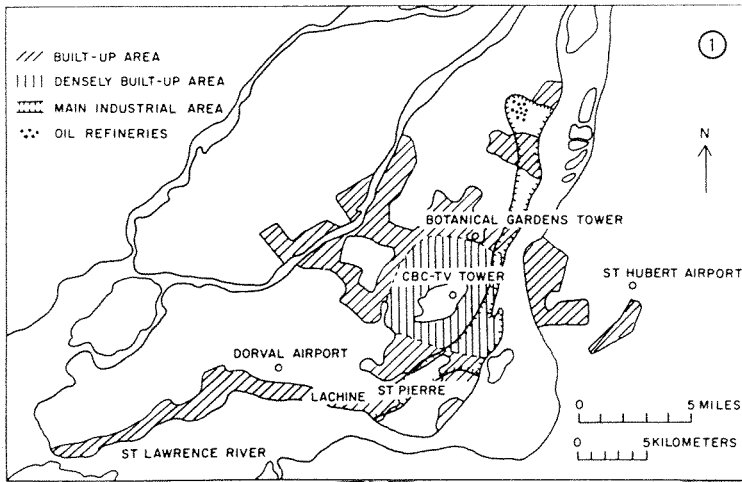


FIG. 1 - Location and land-use map of Montréal.

FIG. 2 - Map of Montréal showing the location of the helicopter sounding sites and the traverse route used in this study.

FIG. 3 - Location of the smoke samplers in Montréal.

Gardens tower and the CBC-TV tower atop Mont Royal. Their locations are indicated in Fig. 1. The Botanical Gardens tower is located in an eastern suburban area of the city with its base 150 ft above mean sea level. Temperature measurements are taken at elevations of 20 ft and 196 ft above the ground and wind measurements at a height of 200 ft. The CBC-TV tower is located on Mont Royal with its base 740 ft above mean sea level. The temperature sensing units (thermistors) are located at heights of 105 ft and 290 ft and the wind sensor at a height of 300 ft above the tower base. A summary of the tower and sensor heights is given in Table I.

Tabulations of hourly temperature differences between the two levels and of hourly wind measurements are made by the Meteorological Branch, Department of Transport and are published in the Meteorological Tower Bulletin. Data from these two towers for the months November 1967 to April 1968 were used.

TABLE I
Tower and sensor heights (ft)

	Botanical Gardens		CBC-TV	
	above ground	above msl	above ground	above msl
Anemometer	200	350	300	1040
Upper thermistor	196	346	290	1030
Lower thermistor	20	170	105	845
Base of tower	0	150	0	740

HELICOPTER TEMPERATURE SOUNDINGS

For a detailed study of the temperature pattern over Montréal, data from a regular series of vertical soundings were used. These soundings were taken at a series of selected sites using an instrumented helicopter. The data used were obtained on ten days during the period March-April 1968 in which soundings were made in the morning between the hours of approximately 0700-0900 EST and in the afternoon between the hours of approximately 1300-1500 EST. Complete data were available from seven sites in the Montréal area. Their location is shown in Fig. 2. They are roughly in a line from the Lachine Canal in the south-west, along Sherbrooke Street from Cavendish to Pointe-aux-Trembles in the north-east. The distance from Lachine (S1) to 32nd Avenue (S7) is about 19 mi (31 km) and the seven sites are at intervals of about 3 mi (4.8 km).

The temperature sensor (thermistor type), mounted on the helicopter, had a sensitivity of 0.1°C , an accuracy of 0.2°C and a time constant of 0.5 second. It was housed in a cylindrical radiation shield installed on a ten-foot pipe in such a way that the sensor was protruding two feet ahead of the helicopter skid. In this position, the sensor was immune to any interference from the exhaust pipe and from the rotor blades, provided that the helicopter had a forward motion of at least 20 mihr^{-1} . Accordingly, the vertical soundings were always performed with a 25 to 35 mihr^{-1} forward motion along an ascending spiral trajectory of about 200 foot radius. At this speed, and for upward motion, the problem of dynamic heating can be neglected. A pressure-height transducer (accuracy : 15 ft; time constant : 0.5 sec) was installed inside the cabin together with recorder.

SMOKE SAMPLING NETWORK

The air sampling network consisted of ten stations within the Montréal area which were all instrumented with A.I.S.I. (American Iron and Steel Institute) smoke samplers. The sites of these sampling stations are shown in Fig. 3. All samplers were located about two to three stories above street level (approximately 30 feet).

Determination of smoke concentration by filter paper sampler has been described in detail by Hemeon, Haines and Ide (1954). Basically, the sampler draws in air at a constant flow rate through a tape of filter paper and suspended particulate is deposited on the paper. The suspended particles (i.e. smoke particles) measured are in general less than five microns and most are sub-micron size. The amount of discoloration is evaluated by measuring the decrease in light transmission through the filter paper. Results are expressed as COH units per 1000 linear feet of air. For interest of brevity, the expression "COH" will be used to indicate "COH units per 1000 linear feet" as the unit of smoke concentration.

Adjectival ratings are used to specify the level of smoke concentration. These ratings are based on an extensive survey of air pollution by means of smoke samplers made by the New Jersey State Department of Health (1958).

Smoke Concentration (COH units)	Adjectival Ratings
0-0.9	light
1.0-1.9	moderate
2.0-2.9	heavy
3.0-3.9	very heavy
4.0 plus	extremely heavy

Smoke concentration data for a few selected days in March and April 1968 were used in conjunction with the detailed measurements of the vertical

Analysis of the tabulations of the temperature differences on the Botanical Gardens tower (Fig. 4) indicates a different pattern from that observed at non-urban sites. It is seen that weak lapse conditions prevail during the night (only four of these hourly plots show inversion conditions); that thermally unstable conditions (superadiabatic gradients) are prevalent during the daytime and sometimes occur during the night. The individual hourly observations indicate also these same general features. Nocturnal inversions for a duration of five hours or more occurred on about 15% of the days during these six months. Weak lapse conditions were the dominant feature during the hours of darkness. Thus, the temperature data on the Botanical Gardens tower illustrate the effect of the city's heat at night on the vertical temperature structure in the lowest 200 ft.

The pattern from the tabulations of the hourly values of the monthly average temperature differences on the CBC-TV tower (Fig. 5) indicates that inversion conditions prevail during the night and weak lapse conditions during the daytime. At this height (600-800 ft) above the city, superadiabatic conditions on the average are non-existent. Inversions sometimes persist throughout the entire day. The individual hourly observations confirm these general features. However, on some occasions, superadiabatic gradients were observed in this layer during the early afternoon.

The frequency of inversions for the winter months (December 1967 – February 1968) is given in Table II at the two tower sites. In these figures for inversions, isothermal conditions were also included.

These results indicate that the lowest 200 ft above the city for these three months (December 1967 – February 1968) are characterized by about 15% nocturnal inversions; less than 1% inversions in the afternoon; and about 10% inversions of the total hours of observation. In the air above the city for the layer between approximately 600 ft and 800 ft, inversions were more frequent at nights, occurring about 60% of the time. During the afternoon, the frequency was reduced to 37%. Of the total hours of observations, there were about 54% with inversions.

Thus, vertical temperature gradients observed on the towers in Montréal give some indication of the vertical extent of the urban heat island effect and its modification of the temperature structure over the city. During these months studied (December 1967 – February 1968), nocturnal inversions were four times more frequent on the CBC-TV tower than on the Botanical Gardens tower. It is inferred that the city, acting as a heat source, destroys the nocturnal inversions in the lowest few hundred feet. The nocturnal inversion is replaced by a weak lapse condition (between isothermal and adiabatic). Shortly after sunrise, with the solar heating, thermally unstable conditions (superadiabatic gradients) develop in the lowest 200 ft (possibly higher on occasions) and persist throughout the daylight hours on the CBC-TV tower. In such

TABLE II

Botanical Gardens Tower					
Time of day (EST)	00-05	06-11	12-17	18-23	Total
All cases (hrs)	546	546	546	546	2184
Inversions (hrs)	111	41	4	53	209
% Inversions	20.2	7.5	0.7	9.7	9.6
CBC-TV Tower					
Time of day (EST)	00-05	06-11	12-17	18-23	Total
All cases (hrs)	532	528	538	533	2131
Inversions (hrs)	327	300	200	328	1155
% Inversions	61.4	56.9	37.2	61.6	54.2

situations, the mixing created by heating from below is confined to a layer below approximately 600 ft all day over the city. Furthermore, when light winds prevail during such occasions, high smoke concentration are usually recorded at the surface in most areas of the city.

Typical temperature distributions from the helicopter soundings

From the helicopter data, it was found possible to classify the temperature profiles into two categories. Type I was ascribed to the cases in which a strong low level inversion occurred in the morning and was still in evidence by early afternoon. This type occurred on 5 of the 10 days. The designation Type II was given to those cases in which a weak low level inversion occurred in the morning but was destroyed completely by early afternoon. These were observed on 4 of the days. The tenth case showed no inversion in the morning at the time of the soundings and was thus not included in the above classification.

An example of a Type I day occurred on March 29, 1968. The weather reports from Dorval Airport indicated that overnight, skies were mainly clear and light northerly winds prevailed. Visibility there was restricted in fog and smoke. While northerly winds prevailed at the airport, winds on the CBC tower atop Mont Royal were in general from the southwest. Fig. 6(a) illustrates the temperature profiles at a few locations over Montréal in the morning. These soundings all show a very strong inversion below about 300 m (1000ft) above sea level. The formation of this inversion seems to have resulted from both radiational and advective processes. Except for the Atwater sounding, inversions were based near the ground. The Atwater profile, taken in a vicinity close

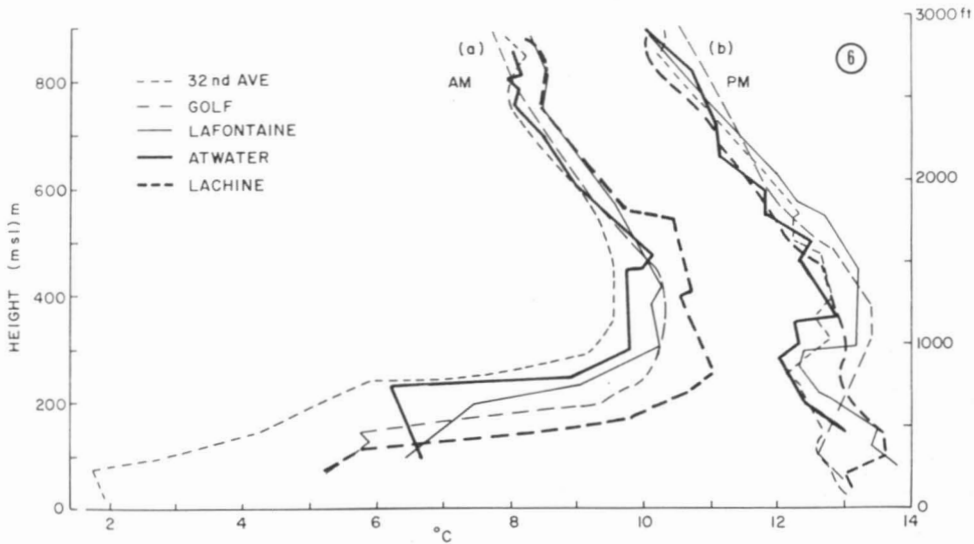
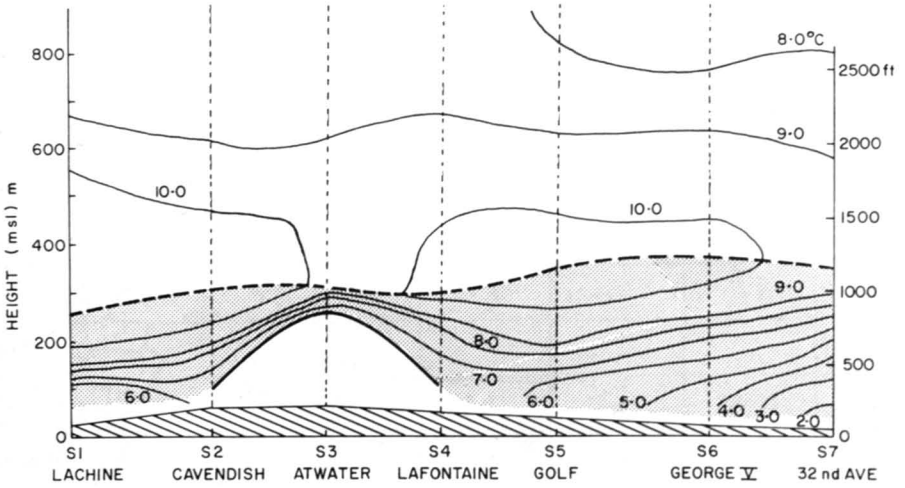


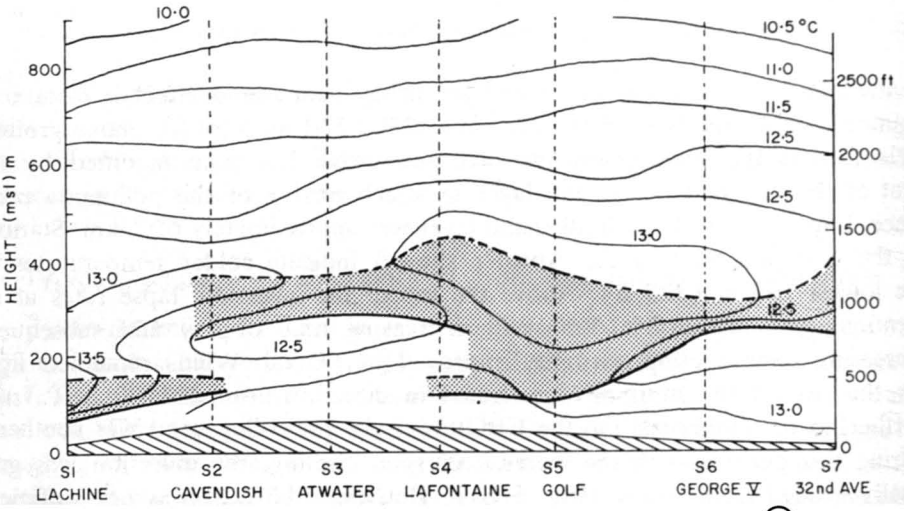
FIG. 6 - Examples of temperature soundings on March 29, 1968 (Type I).

to the central part of the city where the urban heat island effect is most pronounced, shows the base of the inversion about 200 m (650 ft) above ground. This then is the layer below the inversion which has been modified by the heat of the city and is also the layer in which mixing of the pollutants takes place. Lapse rate in this sub-inversion layer was approximately $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$. Stations to the east and west of the Atwater site all indicate colder temperatures in the lowest 100 m (325 ft). Above the top of the inversion, lapse rates at all locations were about $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$. With increasing time of day and subsequent increasing solar heating, visibility improved at Dorval. Winds remained light for the rest of the morning but shifted in direction around 1100 EST from northerlies to southerlies. On the CBC tower the prevailing wind was southerly during this period. With the increase of solar heating, the inversion was gradually eroded from below (Fig. 6(b)). However, the heat was not sufficient to destroy the entire inversion by early afternoon and as a result, mixing was still confined to a layer below 300 m (1000 ft) above sea level. During the time from the morning to early afternoon soundings, temperatures showed large increases in the lowest 100 m (325 ft) but at the same time, there was also an additional increase of 2.5°C at all levels. This additional increase can be attributed to advective influences with the southerly flow of warm air that developed during the day. In the afternoon, lapse rates both above and below the inversion over the city were still approximately $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

The vertical cross-sections of the temperature pattern over the city in the morning and afternoon are illustrated in Fig. 7 and Fig. 8 respectively. Approximate height profiles of the surface along the traverse route are indicated by the hatched areas at the bottom of the cross-section. The inversion layers



7



8

FIG. 7 - Vertical temperature distribution over Montréal on March 29, 1968 at approximately 0730 EST.

FIG. 8 - Vertical temperature distribution over Montréal on March 29, 1968 at approximately 1330 EST.

are indicated by the shaded region. The heavy solid lines delineate the base of the inversion and the dashed solid lines delineate the top of the inversion. The heat island effect can be seen in the modification of the inversion over the central part of the city. The cross-sectional view of the inversion base in the morning shows a dome-like structure over the city and thus indicates a view of the layer of mixing across the city wherein the pollution would be confined.

With the low ventilation in the morning, as a result of low mixing depth and windspeed, smoke concentration was extremely heavy. At Station J (McGill), an average value for smoke readings in the three hours preceding the time of the soundings was 4.1 COH. Earlier in the morning when winds were extremely light, the pollution readings were even higher. It seems likely under the prevailing weather conditions that this dome-like structure is associated with an urban convection cell in which air tends to rise over the city so that a circulatory system develops. However, no firm conclusion of this on the 29 March 1968 can be ascertained without studying the low level wind field for convergence of the flow towards the centre. Lack of a suitable wind data network prevents any verification on this day.

By early afternoon the mixing depth over the city became rather complex with double inversions reported at some sites. The level of smoke concentration was reduced markedly to about 1.1 COH at McGill for the three hours preceding the time of the afternoon soundings. The slight increase in ventilation perhaps was sufficient to cause this marked reduction in smoke level.

A Type II classification is illustrated by the situation on March 12, 1968. Clear skies and mostly calm winds were reported at Dorval Airport overnight.

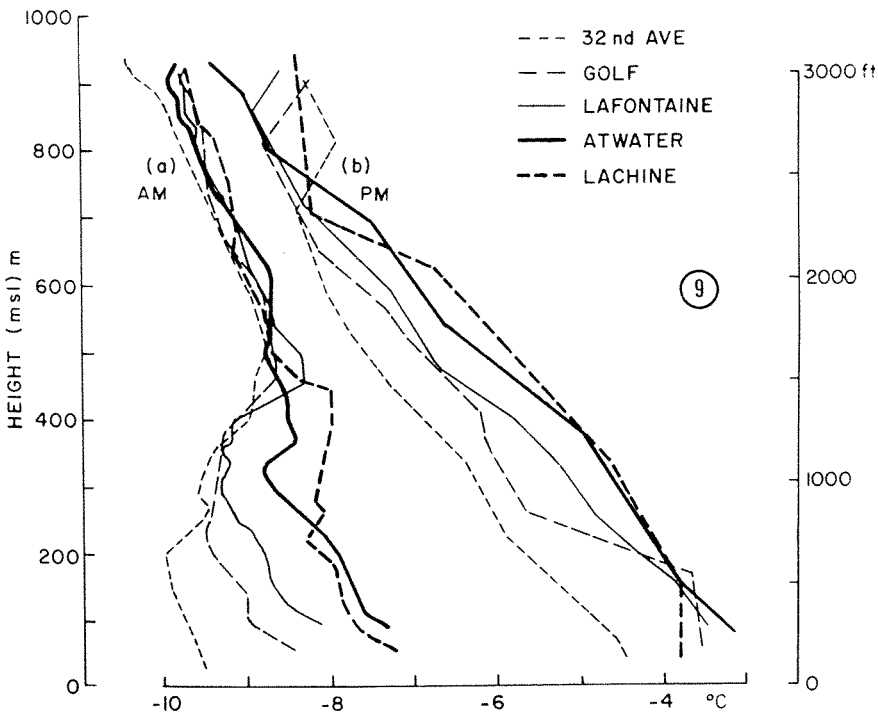
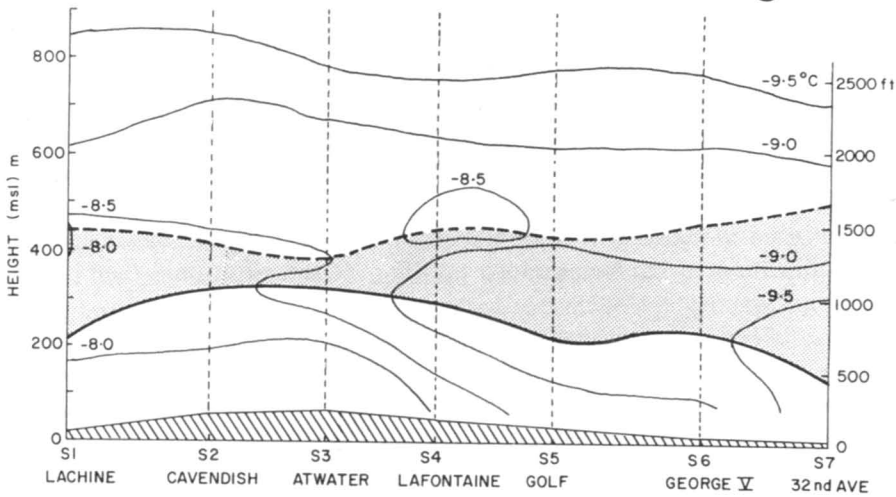


Fig. 9 - Examples of temperature soundings on March 12, 1969 (Type II).

In the early morning after 0500 EST, light northerly winds prevailed. Visibility was good during the night but was restricted in haze after 0700 EST. Around noon, skies became cloudy while winds remained light northerlies. Winds on the CBC tower were predominantly light southeasterlies during the early morning, becoming light easterlies by noon. Figs 9(a) and 9(b) illustrate a few of the temperature profiles in the morning and afternoon respectively. The morning soundings all show weak inversions present with the base of the inversion lowest at the 32nd Avenue site and gradually increasing towards the centre of the city, as a result of progressive modification of stable air in moving over the relatively warm city. At Lachine, Cavendish and Atwater, the temperature profiles in the lowest 200 m (650 ft) are quite similar. This occurred on several other occasions in the morning. As the main heat island core of Montréal is usually centred slightly to the northeast of the Atwater site (Oke, 1968), these three soundings would generally be typical of the structure on the downwind side of the heat island centre in a northerly flow. On the upwind side, the inversion layer (from 32nd Avenue to Lafontaine) shows approximately the same type of profile, but on the downwind side the situation was more complex with marked warming in the inversion layer. This was observed in another case of light wind conditions and may possibly be the effect of divergence of heat aloft over the main heat island core downwind. Lapse rates in the subversion layer and above the inversion were close to $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$. By early afternoon the low level inversion was completely destroyed at all sites with the increasing solar heating. Lapse rates in the afternoon were in general close to $8^{\circ}\text{C}/\text{km}$. In the lowest 100 m (365 ft), the temperature increase from morning to afternoon was not as large as that on March 29, 1968. At this level, the Type I cases generally showed a larger increase in temperature from morning to afternoon than Type II. There was some advection influence with the southeasterly flow so that temperatures at all heights showed about an additional 1°C warming from the morning to the afternoon sounding.

Cross-sections of the temperature pattern over the city in the morning and afternoon are shown in Figs 10 and 11. The base of the inversion which delineates the layer of mixing shows a sloping surface towards the central part of the city where the heat island is most pronounced. Smoke readings were not available for Station J (McGill) that day but readings from other stations within the city showed COH values predominantly in the moderate range (between 1.0-1.9 COH) for the two hours preceding the morning soundings. By early afternoon, with the inversion completely destroyed, the vertical temperature pattern over the city was fairly uniform in temperature gradient. Mixing at this time had now extended to an appreciable depth of more than 800 m (2600 ft) so that the ventilation was high even though light winds prevailed. As a result, the smoke readings for the two hours preceding the afternoon soundings were predominantly in the light range (0-0.9 COH) for most stations.

(10)



(11)

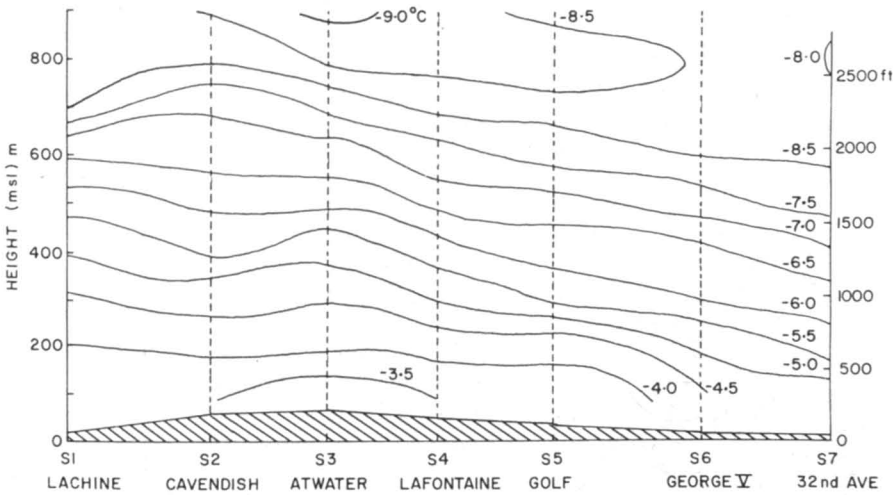


FIG. 10 - Vertical temperature distribution over Montréal on March 12, 1968 at approximately 0730 EST.

FIG. 11 - Vertical temperature distribution over Montréal on March 12, 1968 at approximately 1330 EST.

Schematic temperature profiles in the urban and rural atmosphere

In order to illustrate the principal characteristics of the temperature profiles in the lowest 800 m (2600 ft), two schematic diagrams were constructed. Since the wind flow at the surface was in a general north or northeast direction in the morning on all the days studied, the 32nd Avenue soundings were used

to represent the typical non-urban profile on the upwind side of the city. For the temperature profile in the urban atmosphere, the Atwater soundings were used. The schematic diagram for Type I (Fig. 12), based on five days' data is the case of a strong inversion in the morning. In the morning both urban and rural (upwind) sites are shown with a finite mixing depth. The mixing over the rural site is caused by the effects of solar heating primarily while the urban mixing depth is due to both solar heating and the heat island effect. If the soundings had been taken before sunrise, one would expect no mixing depth in the country on the upwind side of the city but rather surface based inversions. The modification of the temperature profile over the city would then be solely

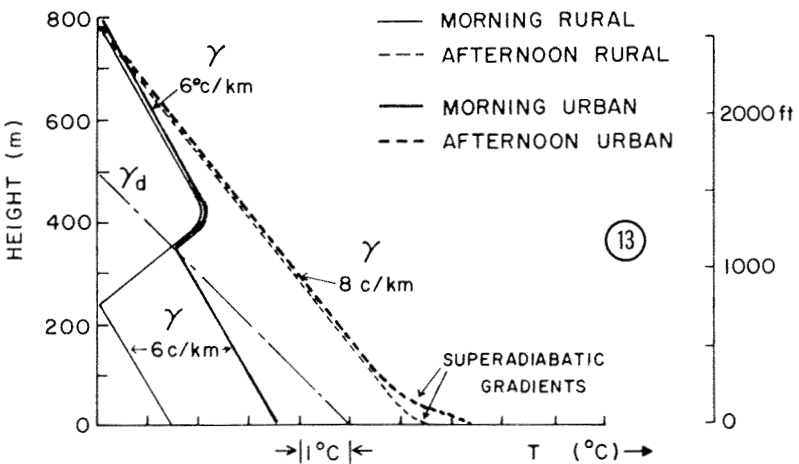
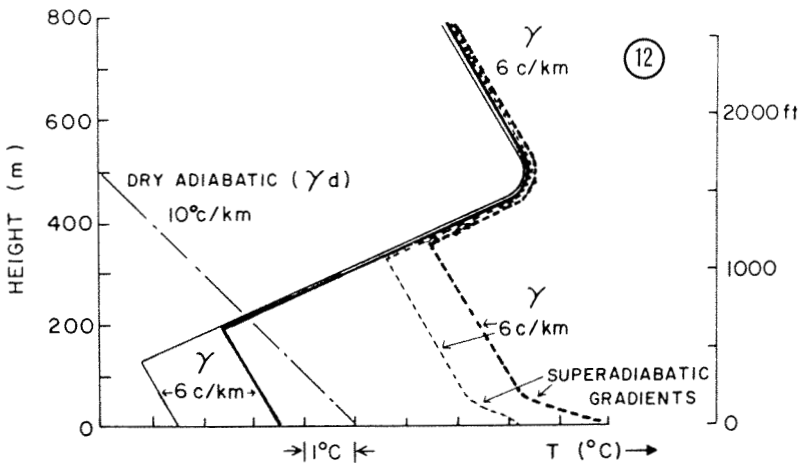


FIG. 12 - Schematic diagram of the variation of temperature with height for the case of Type I - a strong inversion in the morning.

FIG. 13 - Schematic diagram of the variation of temperature with height for the case of Type II - a weak inversion in the morning.

from the heat island effect. Lapse rates in this subinversion layer were found on the average to be $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ both over the urban and rural sites. Above the top of the inversion, the lapse rates were also $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$. By early afternoon, the mixing depths at both locations had increased but still in general were restricted to a layer below 400 m (1300 ft). The depths of mixing were not significantly different over both locations. On many of the days studied, warm air advection occurred between the time of the morning and afternoon soundings. This was filtered out in constructing these schematic diagrams. In the afternoon, lapse rates both below and above the inversion were approximately $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ but in the lowest 100 m (325 ft) superadiabatic gradients were inserted. The presence of superadiabatic gradients near the ground are not only confirmed by measurements on the Botanical Gardens tower but also by joining the surface temperature at McGill to that of the nearest available sounding (Atwater). (Yap, 1969, Appendix II). On the average the depth of the inversion layer was about 500 m (1600 ft) and was not destroyed completely by early afternoon.

Type II schematic, based on 4 days' data, is the case of a weak inversion (Fig. 13). Here, the mixing depth tends to be higher in the morning than in the Type I situation. This may partly be due to turbulent effects. Lapse rates in the morning were once again about $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ both below and above the inversion. By early afternoon the inversion had been destroyed completely and the lapse rates tended to approach the dry adiabatic. Superadiabatic gradients are also indicated in the lowest 100 m (325 ft). The change from a lapse rate of $6^{\circ}\text{C}/\text{km}$ in the subinversion layer in the morning to about $8^{\circ}\text{C}/\text{km}$ in the early afternoon may be due to increased convection and hence vertical mixing as the lapse rate approaches the dry adiabatic.

A study of surface temperatures at McGill (urban) and Dorval (rural) on the days of the helicopter traverses shows a predominance of largest temperature difference between urban and rural sites around noon rather than in the morning (Yap, 1969, Appendix III). The cause of this is not known. However, it may be related to the degree of superadiabaticity present over urban and rural sites in the lowest 100 m (325 ft). The largest temperature difference at 100 m (325 ft), as measured from the helicopter soundings on the ten days, between urban and rural sites occurred in the morning in all cases. This sample is, however, rather small so may not be representative of conditions at the surface during the winter months. The cause of the weak lapse condition below the inversion is not easy to explain, as the same lapse conditions are observed both over the rural and urban sites.

The layer of mixing over the city

Under low ventilation conditions in the morning, the smoke is confined to a shallow layer of mixing below the inversion over the city. The lid to this smoke-filled air is often well-defined over Montréal, especially in the downtown

area, where the top of the layer can be measured against the tall structures which protrude above the lid into the inversion layer. The shape of this layer can be mapped from the series of vertical temperature soundings in the city.

The effect of progressive modification of stable air in moving over a relatively warm city was proposed by Summers (1964) and incorporated in an urban ventilation model. It implied a thickening of the mixed layer from the upwind edge to the center of the city with a sloping boundary between the mixed layer and the stable air, analogous to the situation in a wind tunnel of an increasing boundary layer over a flat plate.

The shape of this boundary layer in the morning over the city was investigated from the available helicopter soundings. The heavy solid line of Fig. 10 shows this sloping boundary from the upwind edge to the central part of the city as suggested by Summers. The case of March 29, 1968 (Fig. 7) shows a situation in which mixing occurred only over the central part of the city and resulted in a dome-like structure. In some cases, the shape of the layer from the upwind edge to the center of the city in the morning was rather complex and may be caused by the presence of multi-heat island cells in the city. Recent measurements in Montréal (Oke, 1969) have confirmed the existence at times of several heat island cells at the surface in Montréal. Visual observations by East from the helicopter seem to confirm this indirectly. At times, low level convergence of the smoke towards the central area of the city and other parts of the city were observed simultaneously. This also suggests the presence at times of multiconvection cells in Montréal.

Since the surface wind flow was generally from the north on all days studied in the morning, it was possible to depict the mean mixing layer across the city in accordance with the type classification (I and II), the cases of strong and weak low level inversions in the morning, respectively. This is shown in Fig. 14. The mean afternoon mixing depth is also shown for Type I. This, however, was averaged without any distinction as to the wind direction which often changed between morning and afternoon soundings. Type I shows a maximum mixing depth in the morning over the city below approximately 150 m (500 ft) and below about 300 m (1000 ft) in the afternoon. Type II situation, on the other hand, shows the maximum mixing depth in the morning about 300 m (1000 ft) and by afternoon (not indicated) the mixing depth extends above 800 m (2600 ft). In the morning, then, the smoke-filled air on the average is mixed in a layer below 300 m (1000 ft) above the city.

Ventilation calculations

The product of mixing depth (h) times the mean windspeed (u) in the layer is defined as the ventilation coefficient. Using the available data from the helicopter traverses on the ten days, mixing depths in the vicinity of Station J (McGill) and Station F (Boulevard Pie IX and Rosemont) were estimated

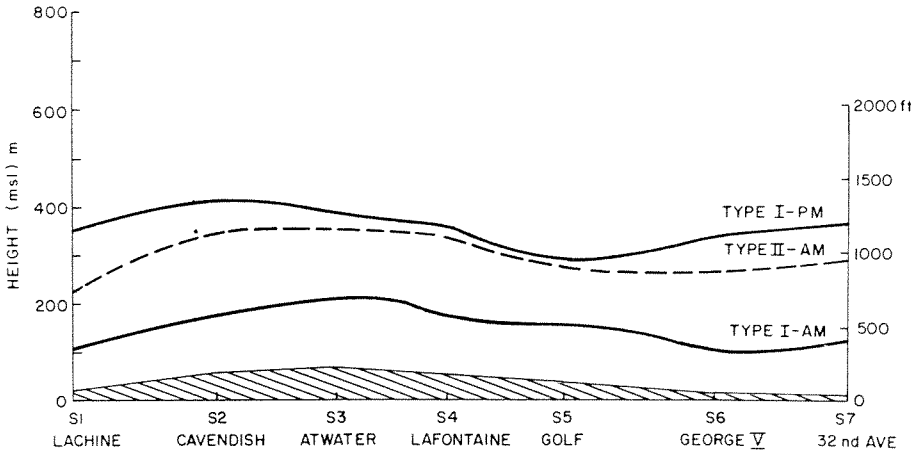
for both mornings and afternoons. In cases where the depth extended above 800 m (2600 ft), a value of 800 m (2600 ft) was used. Winds in the mixed layers were estimated from all available wind data in the city. The wind closest to the center of the layer was taken as the mean windspeed. This was averaged for the two hours preceding the time of the soundings. Smoke concentrations at Station J (limited data available) and Station F for the two hours preceding the time of the soundings were also computed. Plots of smoke concentration versus the inverse of ventilation coefficient for Stations J and F are shown in Figs 15 and 16 respectively. Although there is considerable scatter when the values of $\left(\frac{1}{uxh}\right)$ are low (i.e. ventilation high), nevertheless the graphs both show increasing smoke concentration with increasing values of $\left(\frac{1}{uxh}\right)$ (i.e. decreasing ventilation). Similar ventilation rates at both sites result in higher smoke concentrations at Station J (McGill). Since smoke concentration not only depends on the ventilation rate but also on the rate of smoke production, it would seem from the two graphs that the smoke emission in the vicinity of McGill is higher. No attempt to consider the wind direction in these calculations was made as the sample was not large enough. It no doubt would have some effect on the smoke level at a particular station.

Conclusions

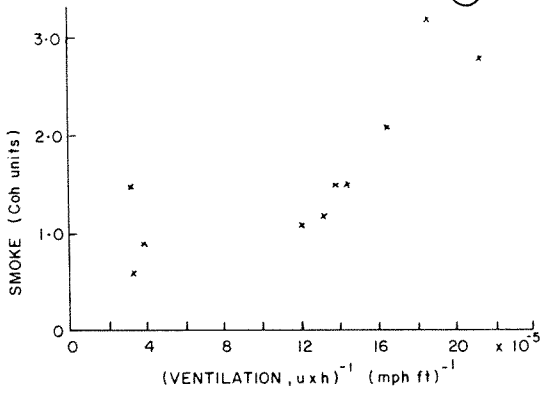
Analysis of the vertical temperature gradients on the towers in Montréal has provided information on some general aspects of the modification of the temperature structure in the urban atmosphere and as well, the vertical extent of the urban heat island effect. During the months, December 1967 — February 1968, nocturnal inversions were four times more frequent on the CBC-TV tower than on the Botanical Gardens tower. It is inferred that the nocturnal heat island destroys the inversion in the lowest few hundred feet. The nocturnal inversion is replaced by a weak lapse condition. During the daylight hours, superadiabatic gradients develop in the lowest 200 ft.

The analysis of a series of vertical soundings over Montréal by helicopter has provided more detailed information on the vertical temperature structure over the city. It was found possible to classify the temperature profiles into two types : 1) the case of a strong low level inversion in the morning which persisted through to early afternoon and 2) the case of a weak low level inversion in the morning which was completely destroyed by early afternoon. (Recent investigations of the complete series of vertical soundings (21 days) for the period February — April 1968 show that a third type (the case of no inversion in the morning) is also quite common). Days of heavy smoke pollution were generally associated with the first type. In general, the lapse rate in the sub-inversion layer and above the inversion layer were approximately 6°C/km. The reason for the 6°C/km lapse rate in the sub-inversion layer is not well under-

14



15



16

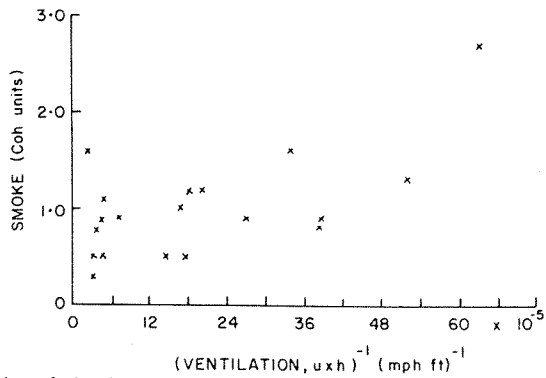


FIG. 14 - Mean height of the base of the mixing layer across the city.

FIG. 15 - Smoke concentration versus inverse of ventilation at Station J (McGill).

FIG. 16 - Smoke concentration versus inverse of ventilation at Station F (Blvd Pie IX and Rosemont).

stood. Nevertheless, one may conclude that the mixing of pollutants in the sub-inversion layer is far from being vigorous. Using the temperature profiles, it was possible to map the top of the mixing layer (defined as the base of the inversion). In some cases, the progressive modification of stable air moving over the relatively warm city, as described by Summers (1964), was observed. As a result, the layer of mixing thickened with distance downwind towards the city centre. A sloping boundary between the mixed layer and the stable air could be delineated. This effect is quite similar to an increasing boundary layer over a flat plate in a wind tunnel. At times, a dome-like shape of the mixed layer was found under light wind conditions. Such a shape suggests the possible existence of urban convection cells. On few occasions, visual observation from the helicopter has indicated low level convergence of the smoke towards the central downtown area. In addition, it appears from recent investigations that Montréal may at times have several heat island cells. This could result in the rather complex pattern of the mixing depth over the city noted on some occasions. The modification of the temperature profile downwind from the heat island centre is also at times very complex, particularly in the inversion layer. It appears that the divergence or outflow of warm air aloft over the main heat island core, when advected downwind, produces this effect. With knowledge of the mixing depth and an estimation of the mean wind speed in the layer, a few ventilation calculations were made for two stations. An approximately linear relationship was found between smoke level and the inverse of ventilation for these stations.

Acknowledgements

The helicopter data of this study were collected by one of us (C. East) as part of a joint project of the Federal Department of Health and Welfare and of the Province of Québec Department of Health, being carried out at the School of Public Health of the University of Montréal. Another of us (D. Yap) undertook the analysis of the data as part of his research for the M.Sc. in Meteorology, while on educational leave from the Meteorological Branch, Department of Transport.

References

- BORNSTEIN, R. D., 1968. Observations of the urban heat island effect in New York City. *J. appl. Met.*, **7** : 575-582.
- DEMARRAIS, G. A., 1961. Vertical temperature differences observed over an urban area. *Bull. Am. met. Soc.*, **42** : 548-554.
- DUCKWORTH, F. S. and J. S. SANDBERG, 1954. The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients. *Bull. Am. met. Soc.*, **35** : 148-207.
- HEMEON, W. C. L., G. F. HAINES, JR. and H. M. IDE, 1953. Determination of haze and smoke concentration by filter samplers. *Air Repair*, **3** : 22-28.

- MUNN, R. E. and I. M. STEWART, 1967. The use of meteorological towers in urban air pollution programs. *J. Air Pollut. Control Ass.*, **17** : 98-101.
- New Jersey State Department of Health, 1958. State wide air pollution survey-smoke index. *Publ. Hlth News*, No. **39** : 227-242.
- OKE, T. E., 1968. Some results of a pilot study of the urban climate of Montreal. *Clim. Bull.* (McGill University), **3** : 36-41.
- OKE, T. E., 1969. Private Communication. Dept. of Geography, McGill Univ.
- SUMMERS, P. W., 1964. An urban ventilation model applied to Montreal. Thesis for Ph. D. in Meteorology, McGill Univ., Montreal.
- YAP, D., 1969. Air pollution and vertical temperature distribution over Montreal. Thesis for M. Sc. in Meteorology, McGill Univ., Montreal

LES PLUIES MAXIMALES PROBABLES AU QUÉBEC

RAYMOND PERRIER

Service de Météorologie, Ministère des Richesses naturelles, Québec.

Résumé

On cherche à établir, par la méthode statistique de Hershfield, la valeur limite des pluies maximales de 24 heures pour l'ensemble du Québec méridional. Par opposition à la méthode physique où, dans la recherche des « plafonds » de pluie, on ne traite qu'un nombre limité de tempêtes, les tempêtes exceptionnelles connues, la méthode statistique utilisée fait appel à la masse des observations pluviométriques disponibles. Elle permet d'obtenir une estimation statistique des pluies ponctuelles maximales probables de 24 heures ainsi que l'ordre de grandeur de leur fréquence.

On a déterminé que le nombre approprié d'écart types à ajouter à la pluie journalière maximale moyenne pour obtenir la pluie journalière maximale probable est de quinze unités. Enfin, on illustre, à l'aide d'une carte géographique, la répartition spatiale des pluies maximales probables de 24 heures au Québec méridional et on en discute les particularités.

Abstract

The author evaluates, by Hershfield statistical method, the upper limit of maximum 24-hour rainfall for southern Québec. While the physical approach to the problem of evaluating rainfall extremes deals with the analysis of a limited number of storms, the largest storms of record, the statistical method makes use of the large mass of available rainfall observations. This method leads to statistical estimates of probable maximum 24-hour rainfall and to the order of magnitude of their frequencies.

The appropriate number of standard deviations to be added to the mean value of the 24-hour maximum rainfall, in order to obtain the probable maximum 24-hour rainfall, has been considered to be fifteen. The areal distribution of the 24-hour maximum probable rainfall over southern Québec is presented on a geographical map and discussed.

Chaque année, on construit au Québec des dizaines d'ouvrages hydrauliques sur de petits et de grands cours d'eau. Chacun de ces ouvrages d'adduction ou de contrôle doit être conçu en tenant compte des débits à canaliser ou à contrôler. Comme les débits des cours d'eau sont souvent mal connus, en particulier ceux des petits cours d'eau, on évalue ces débits en partant des données de la précipitation observée pendant de longues périodes.

Les évacuateurs de crue sont essentiels à la sécurité d'un barrage; ils doivent être suffisamment grands pour que ce dernier ne déborde pas lors d'une forte crue, surtout dans le cas d'un barrage de terre construit en amont d'une région habitée. Au moment de la mise en plan, l'ingénieur se demande quelle est la crue la plus forte que Dame Nature peut produire sur la rivière où un barrage est prévu. La réponse à cette question, c'est ordinairement le météorologiste qui doit la fournir. Cette idée de faire appel à la météorologie pour obtenir une évaluation de la limite supérieure des chutes de pluie n'est pas nouvelle; elle est née aux États-Unis vers le milieu des années trente (1, 9).

Bien qu'il n'existe pas de limite certaine à la violence des phénomènes atmosphériques, le météorologiste doit évaluer la limite supérieure des pluies d'orage sur le bassin versant étudié; il doit déterminer la hauteur maximale des accumulations de neige et estimer le plafond des taux de fonte de neige. Ces estimations sont ensuite utilisées pour calculer le ruissellement subséquent à l'aide de la méthode de l'hydrogramme unitaire. Enfin, le ruissellement maximal calculé sert de critère dans le choix des dimensions des évacuateurs.

Deux méthodes servent à évaluer ces plafonds : la méthode physique et la méthode statistique.

LA MÉTHODE PHYSIQUE

Elle requiert l'analyse systématique de toutes les perturbations atmosphériques importantes ayant affecté le bassin versant qui alimente le cours d'eau sous étude ainsi que les bassins adjacents s'ils sont jugés homogènes du point de vue météorologique. Pour chaque orage, on établit les courbes « hauteur-surface-durée » des pluies observées. Puis on « maximalise » ces valeurs en utilisant un facteur qui tient compte du contenu en eau de l'air au moment de l'orage et du contenu maximal en eau de l'air observé au-dessus de la région, à la même époque de l'année, au cours d'une longue série d'années antérieures.

Enfin, on trace l'enveloppe de toutes les courbes précédentes et on obtient les courbes « hauteur-surface-durée » de l'orage maximal possible sur le bassin versant étudié, compte tenu du climat actuel.

LA MÉTHODE STATISTIQUE

Elle est basée sur l'analyse de longues séries de pluies ponctuelles. Hershfield (5) a déterminé, à partir de l'analyse de plus de 2,600 stations climatologiques de longue durée aux U.S.A., que la pluie maximale probable d'une durée donnée pouvait être estimée à chaque station en utilisant l'équation

$$P.M.P. = P_M + K_M \sigma \dots\dots\dots (I)$$

où P.M.P. signifie la pluie maximale probable, P_M représente la pluie maximale moyenne en pouces d'eau, σ , l'écart type évalué à l'aide de la série des

pluies maximales observées et K_M représente le nombre d'écart types qu'il faut ajouter à la moyenne pour obtenir la pluie maximale probable.

Dans cette équation, K_M prend une valeur égale à 15 unités pour l'ensemble des États-Unis.

C'est cette deuxième méthode, la méthode statistique, qui a servi à préparer une carte montrant la répartition des pluies maximales probables de 24 heures au Québec. Nous avons pu vérifier que, pour l'ensemble du Québec méridional, une valeur de K_M égale à 15 est amplement suffisante, compte tenu des observations officielles de la pluie (10). Pour tenir compte de certaines mesures non officialisées, prises dans des récipients divers et notées au cours d'enquêtes faites sur le terrain (bucket-surveys) après des averses catastrophiques, il y aurait lieu de prendre plus de 20 écart types ($K_M = 20$) en première approximation. Mais ces observations ne sont pas très sûres; de plus, elles ont été notées à des endroits où il n'y a pas toujours une station de référence vraiment représentative permettant le calcul adéquat de la valeur de K_M .

Notre carte de la précipitation maximale probable au Québec a donc été construite en utilisant une valeur de K égale à 15 dans l'équation I. Une telle valeur de K correspond à un intervalle de récurrence de 10^8 années environ. Ce qui revient à dire que les pluies maximales probables indiquées sur la carte illustrant leur répartition au Québec, ont la faible chance de se produire une fois en cent millions d'années...

À titre d'exemple, prenons les observations de la station de la ville de Sherbrooke. L'analyse de la série de 50 ans de relevés pluviométriques (1916-1965) donne une valeur moyenne de la pluie maximale de 24 heures de 1.86 pouce de pluie. L'écart type évalué à l'aide de l'échantillon de 50 ans est de 0.72 pouce de pluie. Donc, la pluie maximale probable de 24 heures à Sherbrooke est de l'ordre de 13 pouces d'eau soit :

$$P.M.P. = 1.86 + 15 (0.72) = 12.66 \text{ pouces d'eau}$$

Les calculs résumés ici pour la station de la ville de Sherbrooke ont été effectués à 191 stations météorologiques du Québec méridional. Les résultats de ces calculs ont été portés sur une carte géographique du Québec et ont été analysés. Les isolignes présentées sur cette carte (fig. 1) sont discutées plus loin.

DÉFINITIONS

Le terme « pluie ponctuelle » signifie : la pluie qui tombe sur la petite surface où elle est captée et mesurée; dans le cas qui nous occupe, il s'agit de la surface collectrice du pluviomètre. Cette surface est de 10 pouces carrés dans le cas du pluviomètre normalisé du Service météorologique du Canada. La surface collectrice du pluviomètre peut être considérée comme ponctuelle par

rapport au territoire couvert. En effet, on accepte les hauteurs de pluie mesurées par le pluviomètre comme représentatives de la pluie qui tombe sur une superficie environnante de 10 à 25 milles carrés en région de plaine. En région montagneuse, la superficie couverte par un pluviomètre est inférieure à 10 milles carrés.

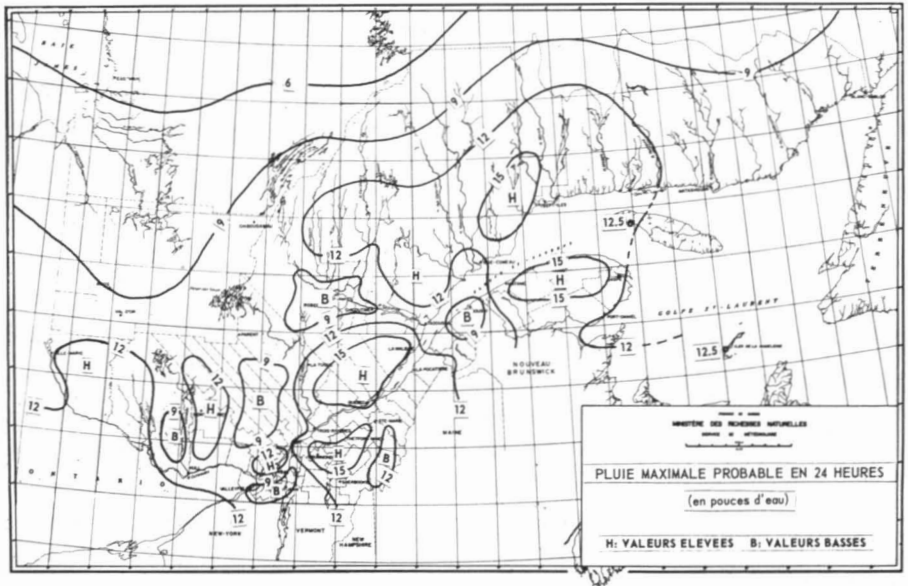


FIG. 1 – Pluie maximale probable en 24 heures (en pouces d'eau)

On appelle *pluie de 24 heures* ou *pluie journalière* la hauteur de pluie tombée au cours d'une période fixe de 24 heures, c'est-à-dire le total de la pluie tombée entre les observations du matin de journées consécutives. Les observations du matin ont lieu à 8 heures a.m., heure normale du lieu.

La *pluie décadaire de 24 heures* est la plus forte pluie journalière susceptible de se produire en moyenne une fois en dix ans. La *pluie centenaire de 24 heures* est la plus forte pluie journalière susceptible de se produire en moyenne une fois en cent ans. La *pluie millénaire de 24 heures* est la plus forte pluie journalière susceptible de se produire en moyenne une fois en mille ans.

La *pluie maximale probable de 24 heures* est la plus forte pluie journalière susceptible de tomber en un point donné. On peut également parler de pluie décadaire, de pluie centenaire, de pluie millénaire et de pluie maximale probable de 2 heures, de 6 heures, de 12 heures, de 48 heures ou de toutes autres durées.

Enfin, quand nous parlons de *pluies d'été* ou plus simplement de *pluies*, il s'agit toujours de la précipitation liquide mesurée aux stations météorologiques

au cours de la période de six mois allant du premier mai au premier novembre. L'été dont il est question dans l'expression *pluies d'été* n'a donc rien de commun avec la saison d'été entendue dans son sens astronomique : période allant du solstice de juin à l'équinoxe de septembre.

LES DONNÉES UTILISÉES

Tous les relevés pluviométriques disponibles dans les archives du Service de Météorologie de Québec ainsi que dans le « *Monthly Record of Meteorological Observations in Canada* » ont été utilisés. La période de 47 ans allant de 1916 à 1962 a servi de période de base. Après avoir mis de côté plusieurs stations météorologiques où les relevés étaient incomplets, il est resté, pour l'analyse, 191 stations réparties comme suit : 63 stations régulières de 40 ans et plus, 16 stations régulières ayant entre 30 et 40 ans de relevés, 19 stations régulières ayant entre 20 et 30 ans de relevés et 93 stations saisonnières de 20 ans et plus.

À chacune de ces 191 stations météorologiques, la valeur maximale de la *pluie de 24 heures* au cours de chaque *saison d'été*, a été retenue et la série des valeurs maximales a servi à l'analyse.

Analyse

Pour chacune de ces 191 séries de valeurs extrêmes de la pluie, nous avons calculé la pluie maximale moyenne (P_M) et l'écart type (σ_M). La valeur de l'écart type a été corrigée en suivant la méthode suggérée par Hershfield, dans le cas où la série des maximums observés contenait une valeur exceptionnellement forte. Ces valeurs ainsi qu'une valeur de K_M égale à 15, utilisées dans l'équation I, ont fourni les pluies maximales probables des 191 stations analysées.

Afin de vérifier qu'une valeur de K_M égale à 15 ne fournirait une estimation ni trop faible, ni exagérément forte des pluies maximales probables au Québec, nous avons procédé de la façon suivante.

Pour chacune des stations de 40 ans et plus, nous avons enlevé de la série des pluies maximales de 24 heures, la plus forte pluie observée. Puis nous avons calculé pour chacune des séries ainsi amputées de leur plus forte valeur une nouvelle moyenne (P_i) et un nouvel écart type (σ_i). En substituant dans l'équation I, la pluie maximale observée à la pluie maximale probable, P_i à P_M et σ_i à σ_M , nous avons calculé pour chaque station une valeur indépendante de K_M dénotée K_{Mi} en utilisant l'équation II.

$$\text{Pluie maximale observée (P.M.O.)} = P_i + K_{Mi} \sigma_i \dots\dots\dots \text{(II)}$$

Ces valeurs de K_M correspondent dans chaque cas au nombre d'écarts types qui doivent être ajoutés à la moyenne pour obtenir la pluie maximale

observée. Elles permettent de comparer les extrêmes observés à chaque station sur une base statistique. On pourra donc dire, à l'aide des K_{Mi} , si la pluie maximale observée à une station est un événement plus rare que la pluie maximale observée à une autre station.

Dans cette façon de calculer les K_{Mi} , tout se passe comme si on observait la pluie maximale observée (P.M.O.) après le calcul de P_i et de σ_i .

VALEURS DES K_{Mi} INDÉPENDANTES ET ALÉATOIRES

Si on pointe sur une carte du Québec méridional les valeurs de K_{Mi} , on voit immédiatement qu'elles n'ont aucune espèce de relation avec la géographie, des valeurs élevées voisinant avec des valeurs basses sans qu'il soit possible de faire apparaître de groupement.

Il n'y a pas de relation non plus entre les valeurs élevées de pluie enregistrées simultanément à plusieurs stations au cours d'orages exceptionnels et les valeurs de K_{Mi} . Ainsi, l'orage du 29 septembre 1924 a produit la pluie maximale de 24 heures observée à sept stations météorologiques de la région comprise entre Trois-Rivières et Québec, sur la rive nord du Saint-Laurent. Pourtant, les K_{Mi} associés à ces valeurs maximales varient de 3.24 à 6.90.

Il semble donc bien certain que les K_{Mi} se présentent de façon aléatoire à l'intérieur du réseau de pluviomètres du Québec méridional. L'échantillon des 191 K_{Mi} disponibles peut donc être considéré comme un échantillon aléatoire provenant d'une population commune de données pluviométriques, peu importe le rapprochement entre les stations et peu importe l'orage responsable des pluies maximales observées (P.M.O.).

La distribution des K_{Mi} pour les 63 stations de 40 ans d'observation et plus, est présentée en tableau I.

TABLEAU I

Distribution des K_{Mi} (série de 40 ans et plus)

Intervalle de classe des K_{Mi}	Nombre de cas
1.00 à 1.99	0
2.00 à 2.99	14
3.00 à 3.99	22
4.00 à 4.99	18
5.00 à 5.99	4
6.00 à 6.99	3
7.00 à 7.99	1
8.00 à 8.99	0
9.00 à 9.99	1

Dans ce groupe de 63 stations de 40 ans et plus, le K_{M_i} maximal observé est de 9.40. Il a été obtenu des données de la station de Mont-Laurier où une pluie de 24 heures atteignant 6.07 pouces d'eau a été observée en juillet 1939. On obtient des K_{M_i} quelque peu inférieurs à 10 en analysant les séries de valeurs extrêmes de stations de courte durée (20 ans); par ailleurs, le nombre des K_{M_i} dépassant des valeurs de cinq, six et sept est proportionnellement plus élevé dans les séries de courte durée que dans le groupe des séries de longue durée.

Il apparaît donc qu'une valeur de K_M égale à dix (10.00) enveloppe toutes les valeurs de K_{M_i} telles que calculées aux 191 stations officielles ayant une série convenable de pluies maximales de 24 heures. Cependant, cet échantillon de 191 séries de valeurs maximales est bien peu considérable. Le fait qu'un K_M de dix enveloppe toutes les pluies maximales officiellement observées jusqu'à maintenant, n'est pas une garantie qu'il contienne également la pluie maximale probable, l'enveloppe des pluies records connues étant susceptible de nouvelles majorations avec l'amélioration du réseau de mesure. En effet, si Hershfield a pu raisonnablement montrer que les 2,645 valeurs de K_{M_i} qu'il a calculées, étaient non seulement aléatoires, indépendantes, influencées ni par la géographie ni par l'orage qui le produit ni par la densité du réseau de mesure, mais qu'en plus elles formaient un échantillon adéquat permettant d'établir un K maximal, nous ne pouvons être aussi sûrs des résultats tirés de notre faible échantillon de 191 stations. C'est pourquoi nous avons attaché beaucoup d'importance, dans la recherche du K maximal, aux variations saisonnières et aux mesures non officielles de la pluie.

Variation saisonnière des pluies

Une critique fort à propos de la méthode de Hershfield a été faite par Guillot (5); on note en particulier dans cette critique, une lacune importante de la méthode de Hershfield en ce qui concerne la variation saisonnière des fortes pluies. La définition de pluie maximale probable (P.M.P.) de Hershfield étant basée sur l'utilisation de la pluie journalière maximale de l'année, elle ne fait aucune distinction de saison. Or, il est bien certain que si le risque de

TABLEAU II

Station	K_{M_i} annuel	K_{M_i} saisonnier
Beauceville	7.52	9.45
La Galette	6.16	10.10
La Malbaie	6.33	9.05
Mont-Laurier	9.40	9.60
Nicolet	6.53	7.60
Notre-Dame-du-Laus	7.72	7.80
St-Tite	6.90	9.05

fortes pluies varie avec la latitude, il varie également avec la saison. Il nous a donc semblé utile de calculer les valeurs de K_{M_i} sur une base saisonnière (pluies de printemps, orages d'été, pluies d'automne). Ceci a amené une majoration des K_{M_i} , en particulier dans le cas de valeurs déjà élevées comme il apparaît en tableau II.

MESURES NON OFFICIELLES ET TRANSPOSITIONS

Les mesures non officielles de la pluie, relevées au cours d'enquêtes menées sur le terrain, à la suite de tempêtes exceptionnelles liées à des crues catastrophiques, sont dans bien des cas, nettement plus élevées que les mesures effectuées à l'aide du pluviomètre officiel aux stations régulières du Service de Météorologie. La qualité de ces observations est très inégale; pourtant nous avons attaché de l'importance à ces valeurs, du moins à toutes celles qui paraissaient plausibles et qu'il était possible de rattacher à une série d'observations officielles. Dans la région de Thetford Mines, la tempête du 3 août 1957 a permis de mesurer sur le terrain une pluie de 9.10 pouces à Saint-Pierre-Baptiste (3). Cette pluie nécessite l'addition de 11 écarts types à la moyenne à long terme des maximums annuels de la pluie journalière de Thetford Mines. Une autre pluie non officielle de 15 pouces d'eau, liée à la même tempête, a été mesurée à quelques milles au nord-est de Thetford Mines. Il faudrait ajouter plus de 20 écarts types à la moyenne des maximums de Thetford Mines pour en tenir compte.

Nous avons également transposé dans la région de Montréal-Ottawa, une valeur exceptionnellement élevée de pluie mesurée dans le sud de l'Ontario, le 15 octobre 1954, lors du passage de l'ouragan Hazel, soit 7.15 pouces d'eau à Snelgrove. La transposition de cette pluie a donné des K_{M_i} variant de 6.98 à 12.70, ce maximum provenant de Sainte-Agathe-des-Monts.

Ces quelques cas nous ont convaincu qu'il est raisonnable d'utiliser pour l'estimation de la pluie maximale probable (P.M.P.), la valeur de K_M égale à 15 proposée par Hershfield. Enfin, pour être rigoureux, nous aurions dû multiplier les données climatologiques par un facteur de 1.13 (8) afin de ramener les données de la journée climatologique fixe de 24 heures à la journée mobile de 1,440 minutes. Nous avons considéré que le fait d'utiliser un facteur K_M égal à 15, au lieu de 12.70 qui est la valeur enveloppe des records connus, tiendrait compte de cette majoration de 13 pour cent.

La pluie maximale probable en 24 heures

Les valeurs de la pluie maximale probable en 24 heures calculées en utilisant l'équation I et en suivant la procédure décrite, ont été pointées sur une carte du Québec méridional; c'est la figure 1 que nous allons décrire brièvement.

On note d'abord une variation graduelle de la pluie maximale avec la latitude. Des valeurs de plus en plus faibles de la P.M.P. correspondent aux latitudes plus élevées, sans doute à cause de la diminution de l'eau précipitable dans l'atmosphère aux latitudes élevées. L'eau précipitable dans l'atmosphère est elle-même liée à la température et à l'éloignement des régions-sources d'humidité. Or, la plus importante région-source d'humidité, se situe bien au sud du Québec, soit dans le golfe du Mexique et la mer des Caraïbes.

Sans vouloir tenter d'expliquer toutes les particularités de la figure 1, nous notons des valeurs maximales dépassant 15 pouces d'eau en 24 heures dans quatre régions. Ce sont quatre régions montagneuses : la région des Cantons de l'Est centrée sur les monts Notre-Dame, la région de Québec correspondant au versant sud et sud-est du massif laurentien, un secteur particulier du nord de la Gaspésie correspondant au flanc sud du massif des Chic-Chocs et un secteur du plateau laurentien à l'ouest de Sept-Iles sur la côte nord. Ces régions, en particulier celle de Québec, ont le plus fort potentiel en ce qui concerne l'occurrence de fortes pluies de 24 heures.

Des valeurs minimales de l'ordre de neuf pouces d'eau en 24 heures apparaissent dans les vallées et les régions de plaine. Notons la région au sud de Montréal, la vallée de la Gatineau, le versant sud-est des Laurentides au nord de Montréal, la région du Lac St-Jean et un secteur du bas du fleuve immédiatement autour de Rimouski. Plus au nord, dans le versant de la baie James, les pluies maximales probables sont inférieures à six pouces d'eau.

Cette figure présente beaucoup de similitude avec la carte des précipitations totales annuelles (4). Il est bien certain que les facteurs qui influencent la chute de pluie sur une base annuelle (latitude, proximité des nappes d'eau, orographie) affectent également la pluie maximale probable en 24 heures.

Les valeurs présentées sur cette figure sont comparables à celles présentées par Hershfield qui sont de l'ordre de 15 pouces dans les états de la Nouvelle-Angleterre au sud de la frontière québécoise. Elles sont comparables aux pluies maximales possibles en 24 heures évaluées par la méthode physique. En effet, Gagnon et Bruce (2) ont trouvé dans les Cantons de l'Est, pour des superficies de 100 milles carrés, une valeur de pluie maximalisée de 11.00 pouces en 24 heures.

Conclusion

En conclusion, nous voulons insister sur le fait que ces valeurs de la pluie maximale probable de 24 heures ne sont que des estimations dont il n'est pas possible d'évaluer avec rigueur la précision. Qu'elles soient obtenues par la méthode physique ou par la méthode statistique, les pluies maximales calculées sont susceptibles d'être révisées à mesure que s'améliorent les réseaux de mesure

des pluies et peut-être aussi à mesure que « la nature se chargera de nous montrer ce dont elle est capable ». Il faut se rappeler que les plus longues séries de données utilisées sont de 60 ans à peine et que l'utilisation de la méthode physique ne permet pas non plus de reculer plus d'une cinquantaine d'années en arrière.

Une pluie maximale probable est un événement extrêmement rare dont la probabilité de dépassement est extrêmement petite; malheureusement il n'est pas possible de graduer en probabilité de risque ces « plafonds » que constituent les pluies maximales probables.

Nous croyons que ces estimations ont la qualité d'être basées sur un volume considérable de données météorologiques officielles et non officielles. De plus, elles se comparent aux pluies maximales probables calculées dans les régions voisines, c'est-à-dire aux États-Unis et en Ontario. L'ingénieur chargé de construire des ouvrages nécessitant le maximum de sécurité, pourra les utiliser avec avantage.

Références

- 1 – BRUCE, J.P. and R.H. CLARK, 1966. Introduction to hydrometeorology. Pergamon Press Limited, London, U.K. 320 pages.
- 2 – BRUCE, J.P. et R.-M. Gagnon, 1966. Pluies maximales possibles dans les régions de la Beauce et de l'Estrie. *Feuille Météorologique*, 5 (4): 73-79.
- 3 – CARTIER, L. et A. LECLERC, 1962. Bassin de la rivière Bécancour, inondation du 3 août 1957. *Rapp. Min. Rich. nat. Québec*, 33-2, 75 pages.
- 4 – FERLAND, M.-G. et R.-M. GAGNON, 1967. Climat du Québec méridional. *Publ. Min. Rich. nat. Québec*, MP-83, 93 pages.
- 5 – GUILLOT, P., 1968. Remarques sur la notion de « Pluie Maximale Probable » pour l'estimation des crues. Électricité de France. Division Technique Générale, Grenoble. 8 pages.
- 6 – HERSHIELD, David M., 1961. Rainfall frequency atlas of the United States. *Hydrometeor. Rep. U.S. Weather Bureau*, n°. 40, 64 pages.
- 7 – JENKINSON, A.E., 1955. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Q. J. R. met. Soc.*, 81: 158-171.
- 8 – PERRIER, Raymond, 1965. Hauteur-fréquence-durée des précipitations dans la région de Québec. *Bull. Min. Rich. nat. Québec*, M-14, 38 pages.
- 9 – SCHWARZ, Francis K., 1965. Probable maximum and TVA precipitation over the Tennessee River Basin above Chattanooga. *Hydromet. Rep. U.S. Weather Bureau*, n° 41, 148 pages.
- 10 – VILLENEUVE, G.-Oscar, 1967. Sommaire climatique du Québec. *Publ. Min. Rich. nat. Québec*, M-24, 168 pages.

PLUIE HORAIRE À L'ASSOMPTION, QUÉBEC

R.-M. GAGNON

Service de Météorologie, Ministère des Richesses naturelles, Québec.

Résumé

L'auteur montre la similitude qui existe dans les distributions des fréquences et des hauteurs horaires de chute de pluie. L'étude basée sur 18 saisons de relevés du pluviographe couvre les mois de mai à octobre et traite seulement de la station de L'Assomption, près de Montréal.

Abstract

The author shows the similitude between hourly rainfall frequency and amount distributions. The study based on 18 season rain-gauge data, deals with May to October months and concerns only the station of L'Assomption near Montréal.

Introduction

Il peut pleuvoir à n'importe quel moment du jour et de la nuit ; il peut pleuvoir le matin, l'avant-midi, le midi, l'après-midi, le soir et même la nuit sans que personne ne s'étonne et n'y voit un phénomène extraordinaire. Chacun sait que la pluie peut débuter ou cesser à n'importe quelle heure du jour, durer plus ou moins longtemps et être plus ou moins intense. Mais pleut-il plus souvent à certaines heures ? Tombe-t-il plus d'eau du ciel à certains moments de la journée ? Ce sont là des questions dont les réponses précises ne peuvent être données que par un examen sérieux des intensités et des durées de la pluie. L'enregistrement de la chute de pluie par un pluviographe à auget basculeur nous renseigne sur les heures de pluie, sur sa durée et sur son intensité. Ainsi, par le dépouillement et l'analyse des données du pluviographe, il est possible de connaître les variations journalières de la fréquence et de l'intensité des pluies. Dans ce but, nous avons étudié les données du pluviographe de L'Assomption, près de Montréal, et nous présentons les résultats que nous avons tirés de cette analyse.

Données utilisées

La station de L'Assomption (Québec) maintient en opération un pluviographe à auget basculeur durant la période de mai à octobre depuis 1950. Nous disposons pour notre étude des pluviogrammes de 18 saisons qui ont été utilisés pour connaître les répartitions horaires des chutes de pluie.

PRÉCISION DES DONNÉES

Le pluviographe à auget basculeur a une sensibilité de 0.01 pouce de pluie; il ne réagit qu'à un volume d'eau correspondant à une chute de pluie de 0.01 pouce. Ceci cause quelques difficultés il va sans dire. D'abord, toute pluie continue ou discontinue dont l'intensité est inférieure à 0.01 pouce à l'heure est enregistrée de façon inadéquate. De même, les heures exactes du début et de la fin d'une pluie dont l'intensité est supérieure à 0.01 pouce à l'heure ne sont pas connues avec précision. Ce manque de sensibilité de l'appareil enregistreur ne cause pas d'erreurs significatives dans la détermination des hauteurs moyennes horaires de la chute de pluie. Par contre, lorsqu'il s'agit de déterminer la fréquence horaire des pluies, ce manque de sensibilité introduit une erreur systématique causant une sous-estimation des fréquences horaires. Néanmoins, nous avons voulu présenter une étude des fréquences parce qu'une pluie dont l'intensité est inférieure à 0.01 pouce à l'heure est une pluie si peu intense qu'elle ne peut avoir de conséquences majeures.

Résultats

LES FRÉQUENCES DES PLUIES

Nous présentons en tableau I tout ce qui a trait aux fréquences des pluies à L'Assomption pour chacun des mois de mai à octobre et pour l'ensemble de ces mois. Ce tableau donne, d'abord, le nombre moyen de jours et le nombre moyen d'heures où une pluie a été enregistrée par le pluviographe. Il détaille ensuite, pour les 24 heures du jour, les fréquences horaires des pluies enregistrées exprimées en pourcentage du nombre moyen d'heures de chacun des mois et aussi de toute la période. Nous avons encadré dans ce tableau, les valeurs minimales de fréquences horaires et souligné les valeurs maximales.

Pendant la période de mai à octobre, le pluviographe a permis d'établir qu'il pleut en moyenne 330 heures réparties sur 73 jours. Ces 73 jours sont distribués assez uniformément durant toute la période puisqu'il pleut en moyenne entre 11 et 13 jours par mois. Par contre, le nombre moyen d'heures de pluie montre une plus grande variabilité d'un mois à un autre. S'il pleut durant 47 ou 48 heures en juillet et en août, ce nombre d'heures atteint 65 en octobre. Ceci nous amène à considérer la durée moyenne de la pluie sur une base men-

TABLEAU I

Fréquences des pluies à L'Assomption

Répartitions horaires des fréquences des chutes de pluie à L'Assomption. Ces fréquences sont exprimées en pourcentage du nombre moyen d'heures, mensuel ou semestriel, durant lesquelles des pluies ont été enregistrées. Le nombre moyen de jours de pluie est aussi indiqué pour chaque mois et pour le semestre.

H.N.E.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Semestre
1	4.2	4.4	4.8	4.6	4.2	4.5	4.4
2	4.6	4.1	5.0	5.1	4.3	4.4	4.5
3	5.1	4.0	4.7	5.2	4.3	4.1	4.5
4	5.0	4.3	4.4	5.0	4.1	4.1	4.4
5	4.5	4.5	4.2	4.5	4.1	4.3	4.3
6	4.2	4.7	4.0	4.0	4.1	4.7	4.3
7	3.7	4.7	3.9	3.8	3.7	4.7	4.2
8	3.2	4.5	3.9	3.3	3.4	4.6	4.0
9	3.2	4.2	4.2	2.9	3.5	4.6	3.9
10	3.6	3.6	4.2	3.0	3.6	4.6	3.8
11	4.1	3.6	3.7	3.6	3.4	4.5	3.9
12	4.3	3.6	3.6	4.3	3.4	4.3	4.0
13	4.3	3.6	4.2	4.3	3.8	4.3	4.1
14	4.5	3.8	4.5	4.1	4.2	4.3	4.2
15	4.7	4.2	4.4	4.0	4.3	4.3	4.3
16	4.6	4.6	4.4	4.1	4.6	4.3	4.4
17	4.3	4.6	4.3	4.3	4.8	4.1	4.4
18	4.0	4.7	3.9	4.4	4.7	4.0	4.2
19	4.1	4.6	3.5	4.5	5.0	3.8	4.2
20	4.2	3.9	3.4	4.6	5.1	3.5	4.1
21	4.0	3.4	4.0	4.3	4.6	3.1	3.9
22	3.7	3.5	4.5	4.0	4.2	3.1	3.9
23	3.8	3.8	4.2	3.9	4.3	3.1	3.9
24	4.1	4.2	4.2	4.2	4.3	4.2	4.2
Nombre moyen d'heures	55	60	48	47	55	65	330
Jours de pluie	13	13	12	11	12	12	73

suelle. Ces durées moyennes sont les quotients des nombres moyens d'heures de pluie par les nombres moyens de jours de pluie. Elles s'établissent comme suit :

mai	4.2 heures	août	4.3 heures
juin	4.6 heures	septembre	4.6 heures
juillet	4.0 heures	octobre	5.4 heures

Ensemble des mois : 4.5 heures

Les durées moyennes des pluies automnales sont nettement supérieures à celles de l'été. Cette supériorité vient de ce que les systèmes atmosphériques sont meilleurs producteurs de pluie à l'automne et qu'ils peuvent soutenir des pluies pendant une plus longue durée que durant la saison estivale.

Les fréquences moyennes des pluies horaires ne se répartissent pas uniformément sur les 24 heures du jour. Elles accusent, au contraire, des variations comprises entre 2.9 et 5.2 pour cent du nombre mensuel moyen d'heures de pluie enregistrées. Août est le mois montrant le plus de variation (les fréquences sont comprises entre 2.9 et 5.2 pour cent). Juin, à l'opposé, montre le plus faible écart des fréquences (celles-ci varient entre 3.4 et 4.7 pour cent). Globalement, la période de mai à octobre montre des variations inférieures à un pour cent du nombre total d'heures : les fréquences sont comprises entre 3.8 et 4.5 pour cent.

Si les fréquences des chutes de pluies horaires se répartissaient uniformément sur tout le jour, chaque heure devrait montrer une fréquence d'un vingt-quatrième du nombre total d'heures de pluie : en fréquence relative ou en pourcentage, ce un vingt-quatrième équivaldrait à 4.2 pour cent. Afin de constater les similitudes éventuelles d'un mois à un autre dans les variations de fréquences horaires, nous avons construit le diagramme de la figure 1. Ce diagramme met en évidence les heures du jour durant lesquelles une fréquence supérieure à 4.2 pour cent est observée à chacun des mois et aussi durant l'ensemble de la période.

D'un point de vue général, pour l'ensemble de la période, la figure 1 montre que les pluies sont plus fréquentes entre 1 et 6 heures, 15 et 17 heures. Elles sont moins fréquentes entre 7 et 14 heures, 18 et 24 heures. Quelques mois cependant laissent voir des répartitions différentes. Ainsi, octobre affiche ses valeurs les plus fortes entre 5 et 16 heures; juin fait voir des valeurs supérieures à 4.2 pour cent entre 4 et 9 heures; août et septembre présentent des valeurs assez fortes entre 18 et 24 heures.

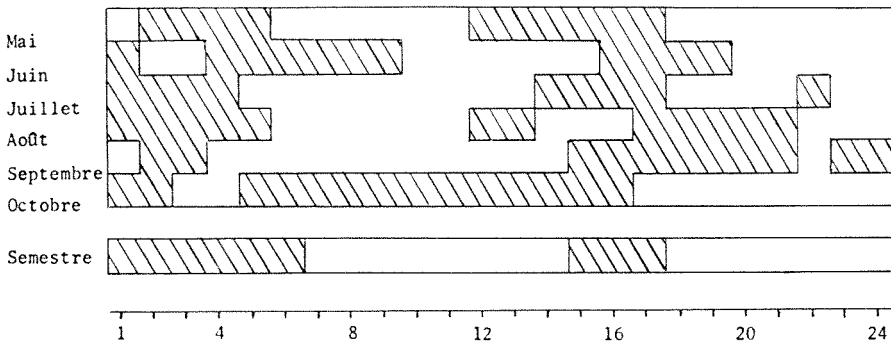


FIGURE 1 — Diagramme montrant, dans sa partie hachurée, les heures du jour ayant une fréquence relative de chutes de pluie supérieure à 4.3 pour cent.

Un examen du tableau I nous permet, d'ailleurs, une meilleure comparaison des distributions mensuelles. Nous avons, dans ce tableau, encadré les valeurs minimales et souligné les valeurs maximales. Tous les mois, à l'exception de septembre, ont leur fréquence maximale durant la nuit entre 2 et 6 heures. Trois mois, juin, juillet et octobre, n'ont pas leur fréquence minimale à 8 ou 9 heures. Juillet présente cependant un minimum secondaire de fréquence à 8 heures et juin à 11 heures. Septembre, pour sa part, présente un maximum secondaire à 3 heures. Somme toute, seul le mois d'octobre est vraiment différent des autres mois avec sa fréquence minimale à 21 heures, sans qu'aucun minimum secondaire n'apparaisse aux environs de 8 heures.

Les constatations faites d'après le diagramme de la figure 1 sont donc justifiées. Elles peuvent maintenant être précisées. En général, les fréquences de pluie sont maximales la nuit entre 2 et 6 heures. Elles sont minimales entre 8 et 11 heures. Un maximum secondaire apparaît entre 14 et 20 heures et un minimum secondaire entre 20 et 24 heures.

LES HAUTEURS DES PLUIES

Les résultats de l'étude sur la distribution des hauteurs de chutes de pluie sont présentés en tableau II. Ce tableau indique d'abord la hauteur moyenne de la chute de pluie pour chaque mois et pour l'ensemble de la période de mai à octobre. Il montre ensuite la répartition des chutes de pluies horaires le long des heures du jour en pourcentage des hauteurs moyennes. Comme dans le tableau I, les valeurs minimales des distributions horaires ont été encadrées et les valeurs maximales, soulignées.

Pendant la période de mai à octobre, il tombe à L'Assomption 20.27 pouces de pluie qui se répartissent mensuellement entre 2.96 et 3.75 pouces.

Mai et octobre sont les mois les plus secs avec 2.96 et 3.00 pouces de pluie, alors que septembre est nettement le mois le plus humide avec 3.75 pouces.

D'un mois à l'autre, les valeurs horaires de chutes de pluie montrent plus de variation que dans le cas des fréquences, puisqu'elles varient entre 2.3 et 7.2 pour cent des valeurs mensuelles. Août est encore le mois qui montre la variation maximale : les hauteurs horaires de pluie oscillent entre 2.3 et 7.2 pour cent de la valeur mensuelle. L'écart minimum des variations horaires est cependant déplacé en septembre où il est seulement de deux pour cent de la valeur mensuelle. Globalement, une variation de 1.6 pour cent de la valeur totale de la chute de pluie est observée durant l'ensemble de la période, variation plus grande que dans le cas des fréquences.

Pour mieux établir les similitudes des variations horaires entre les mois, nous avons dressé, comme dans le cas des fréquences, le diagramme de la figure 2. Ce diagramme fait ressortir les heures du jour pendant lesquelles on a observé une hauteur de pluie supérieure à 4.2 pour cent de la hauteur moyenne. Il montre qu'en général, la plus forte quantité de pluie tombe entre midi et 20 heures, ou entre minuit et 5 heures. Par contre, la pluie la plus faible tombe le matin entre 6 heures et midi ou le soir entre 20 heures et une heure. Il existe évidemment des cas exceptionnels comme dans le cas des fréquences.

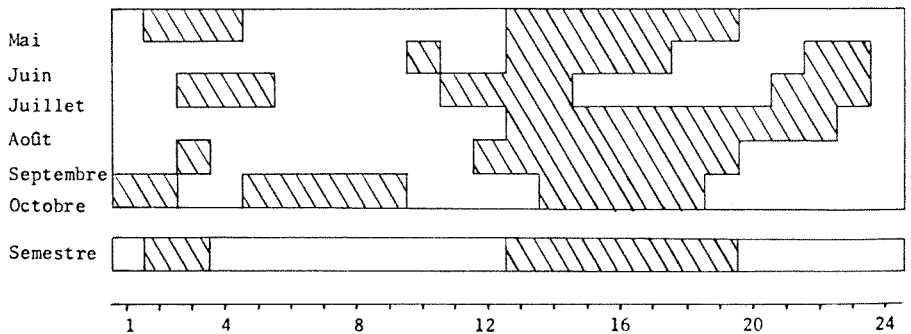


FIGURE 2 - Diagramme montrant, dans sa partie hachurée, les heures du jour pendant lesquelles les hauteurs de pluie enregistrées représentent plus de 4.3 pour cent de la hauteur mensuelle ou totale.

Le tableau II montre que, sauf en octobre, les valeurs maximales de hauteur se produisent durant l'après-midi, entre 13 et 19 heures. En octobre cependant, on enregistre un maximum secondaire durant l'après-midi. Les valeurs minimales, pour leur part, se produisent à des heures qui varient d'un mois à un autre. Durant deux mois, on les note à 9 heures. Durant les quatre autres mois, elles ont lieu entre 20 et 24 heures. Toutefois, la présence de minima secondaires rend les distributions similaires. Il faut s'en reporter aux

TABLEAU II

Répartition des pluies à L'Assomption

Répartitions horaires des hauteurs moyennes des chutes de pluie à L'Assomption. Ces hauteurs sont exprimées en pourcentage de la moyenne mensuelle ou semestrielle.

H.N.E.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Semestre
1	3.7	4.1	4.0	2.8	3.7	5.0	3.9
2	4.3	4.1	5.3	2.9	3.9	4.8	4.2
3	5.0	4.1	5.3	3.3	4.4	4.2	4.4
4	4.8	3.8	4.5	3.6	3.9	4.1	4.1
5	4.2	3.4	3.9	3.4	3.9	4.9	3.9
6	3.9	3.6	3.7	2.9	4.1	5.6	3.9
7	3.6	3.9	3.5	2.7	3.5	5.2	3.7
8	3.1	3.7	3.5	2.3	3.5	4.7	3.4
9	2.9	4.1	3.6	2.3	4.2	4.4	3.6
10	3.2	4.5	4.0	2.6	4.2	3.8	3.7
11	3.7	4.0	4.4	3.0	3.7	3.3	3.7
12	4.2	4.0	4.8	3.9	4.2	3.3	4.1
13	4.3	5.0	5.4	4.6	4.9	3.8	4.7
14	4.2	5.4	4.6	5.0	4.7	4.5	4.8
15	4.3	5.1	3.5	5.5	4.3	4.7	4.6
16	5.4	5.0	3.7	5.9	4.4	4.3	4.8
17	6.1	4.7	3.9	6.1	5.1	4.3	5.0
18	5.0	4.1	4.2	6.5	5.5	4.4	5.0
19	4.3	3.6	3.6	7.2	4.8	3.7	4.5
20	4.1	3.2	3.3	6.8	3.9	3.0	4.1
21	3.6	3.5	4.6	5.6	3.4	3.5	3.9
22	3.8	4.4	5.3	4.4	3.5	2.5	4.0
23	4.2	4.5	4.2	3.7	4.1	2.9	4.0
24	4.0	4.1	3.1	3.1	4.2	4.0	3.8
Hauteur de pluie (en pouces d'eau)	2.96	3.52	3.55	3.49	3.75	3.00	20.27

valeurs de l'ensemble de la période pour mieux localiser le temps d'occurrence des valeurs minimales. Ainsi, les hauteurs de chute de pluie sont maximales à 17 ou 18 heures et minimales à 8 heures. Un maximum secondaire apparaît à 3 heures et un minimum secondaire aux environs de 21 ou de 24 heures.

Discussion des résultats

La distribution des hauteurs de pluie sur une base horaire est tout à fait semblable à celle des fréquences et c'est une cause commune qui en est responsable.

Les fréquences et les hauteurs de pluie sont en général minimales le matin. Elles augmentent durant la journée jusqu'à la fin de l'après-midi, temps où les fréquences atteignent un maximum secondaire et les hauteurs un maximum absolu. Une plus grande instabilité de l'air de l'après-midi par rapport à celle du matin serait responsable de la situation. Cette instabilité, directement reliée à la radiation solaire, produirait au cours de la journée, des nuages de plus en plus capables de produire de la pluie.

Ce maximum de l'après-midi est suivi d'une décroissance des fréquences et des hauteurs de pluie jusqu'à 21 heures et un nouveau maximum de fréquences et de hauteurs apparaît vers les 3 heures. La décroissance serait due à un début de stabilisation de l'air consécutive au coucher du soleil et le nouveau maximum de la nuit proviendrait de l'instabilité créée dans l'atmosphère, par le refroidissement nocturne des couches nuageuses supérieures. Puis, il y aurait décroissance de l'instabilité jusqu'au matin.

Tout ceci n'explique pas cependant pourquoi le maximum de fréquence apparaît la nuit. Dans le but d'élucider ce problème, nous avons étudié les variations d'intensité des pluies durant la période des 24 heures pour l'ensemble de la période de mai à octobre. Les valeurs des intensités, établies en divisant la hauteur moyenne horaire de pluie par la fréquence moyenne correspondante, ne sauraient être exactes. Elles sont plutôt des indices des intensités que des valeurs réelles. Il faut se rappeler que le pluviographe sous-estime les fréquences à cause de son manque de sensibilité. Les variations des indices d'intensité apparaissent en figure 3.

La figure 3 établit clairement deux périodes d'intensité. De midi à 23 heures, les pluies sont beaucoup plus intenses qu'elles le sont entre minuit et midi. Donc, s'il pleut plus souvent la nuit que le jour, par contre les pluies nocturnes sont beaucoup moins intenses. Les nuages, formés le jour par l'instabilité de l'air, acquerraient une nouvelle vigueur sous l'effet du refroidissement nocturne de leur sommet par radiation, mais ce processus nocturne de

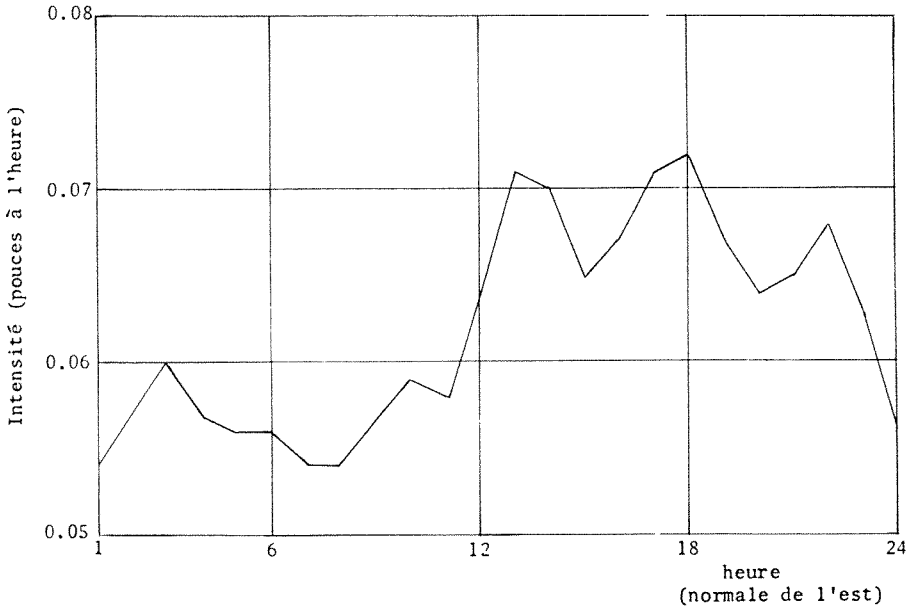


FIGURE 3 – Intensité horaire moyenne des chutes de pluie pour l'ensemble de la période de mai à octobre.

refroidissement par le haut, s'il provoque de la pluie, ne saurait avoir une intensité comparable au processus diurne de réchauffement par le bas. Les nuages ne pourraient produire que de faibles pluies qui ont d'autant moins de chances de s'évaporer entre les nuages et la terre que l'atmosphère nocturne est plus froide et plus humide que l'atmosphère diurne.

L'étude des intensités moyennes mensuelles révèle des faits intéressants. Ces intensités calculées en divisant les hauteurs mensuelles moyennes de pluie par les nombres mensuels d'heures de pluie, montrent la variation suivante :

mai	.054 pouce à l'heure
juin	0.59 pouce à l'heure
juillet	0.74 pouce à l'heure
août	0.74 pouce à l'heure
septembre	.068 pouce à l'heure
octobre	.046 pouce à l'heure

Il y aurait donc une croissance des intensités de mai à juillet et une décroissance d'août à octobre. Si l'on compare à ces valeurs d'intensité les valeurs

moyennes d'humidité absolue à Montréal en grammes d'eau par livre d'air, soit :

pour mai	43 gr/lb
pour juin	63 gr/lb
pour juillet	76 gr/lb
pour août	72 gr/lb
pour septembre	54 gr/lb
pour octobre	37 gr/lb

on observe immédiatement une similitude. On constate donc que l'humidité absolue de l'air contrôle la variation mensuelle des intensités de pluie.

Conclusion

Notre étude basée sur les valeurs de 18 saisons de relevés du pluviographe de L'Assomption montre une variation similaire dans les fréquences et les hauteurs horaires des chutes de pluie. Les fréquences et les hauteurs de pluie horaires atteignent leurs maxima vers 3 heures et 17 heures; elles atteignent leurs minima vers 8 heures et 21 heures. Les fréquences horaires de pluie sont les plus fortes vers 3 heures et les hauteurs horaires, vers 17 heures. Toutes les deux sont les plus faibles vers 8 heures du matin. En général, les pluies horaires sont moins intenses durant la première moitié de la journée et plus intenses durant l'autre moitié.

Références

- CANADA, DIRECTION DE LA MÉTÉOROLOGIE, 1967. Tables des températures et précipitation pour Québec. Ministère des Transports, Toronto 36 pp.
- CANADA, METEOROLOGICAL BRANCH, 1959, Climatic summaries for selected meteorological stations in Canada. Volume II (Revised). Department of Transport, Toronto, 141 pp.
- THOMAS, M.K., 1962. The diurnal variation of precipitation frequency at Toronto. CDS 7-62. Meteorological Branch, Department of Transport, Toronto. 6 pp.

ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE AU QUÉBEC

MICHEL FERLAND

Service de Météorologie, Ministère des Richesses naturelles, Québec.

Résumé

L'auteur applique quelques formules, analytique (Penman) et empiriques (Blaney & Criddle, Thornthwaite et Turc), au calcul de l'évapotranspiration potentielle au Québec et il obtient ainsi des cartes d'évapotranspiration potentielle moyenne saisonnière. Il donne en plus des diagrammes qui font voir les répartitions mensuelles de l'évapotranspiration potentielle à quelques stations et les déficits mensuels cumulatifs à ces mêmes stations. Une carte montre les régions où en moyenne la réserve d'eau du sol s'épuise durant la saison et l'auteur a calculé les dates moyennes du début de la période où l'irrigation est nécessaire à quelques stations.

Abstract

The author has computed mean potential evapotranspiration for the Province of Québec by means of some of the most common formulas, either analytical (Penman) or empirical (Blaney & Criddle, Thornthwaite, Turc). Graphs of the mean monthly distributions of potential evapotranspiration at typical stations are also given. A map shows the areas where irrigation is needed and the author has developed a formula which yields the dates when the needs for irrigation at some stations begin.

Introduction

L'évapotranspiration est un phénomène naturel de la plus haute importance, car elle est une des composantes principales du cycle de l'eau. La nécessité de connaître quantitativement la répartition spatiale de cette variable climatique n'est pas à démontrer : ainsi, les besoins de l'agriculture exigent la connaissance, du moins avec une certaine approximation, de l'évapotranspiration potentielle, c'est-à-dire de la quantité maximale d'eau que peut fournir un couvert végétal continu, bien alimenté en eau, l'énergie étant le seul facteur limitant. Et le rendement d'une culture est fonction de la quantité d'eau disponible à cette culture, quantité qui limite son évapotranspiration réelle. La détermination de l'évapotranspiration potentielle nous informe donc des besoins d'irrigation, si besoins il y a.

Peu d'études exhaustives ont été faites sur l'évapotranspiration potentielle moyenne au Québec et les demandes en ce sens se font de plus en plus nombreuses. En fait, la plus complète qui ait été publiée jusqu'à maintenant est celle de Chapman et Brown (1966), laquelle s'étend à tout le Canada : elle est basée sur la méthode de Thornthwaite (1948), que nous exposerons en détail, plus loin dans cet article.

Exposé sur les méthodes

ESTIMATIONS DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE

Les diverses méthodes développées pour estimer l'évapotranspiration potentielle (ETP) peuvent se grouper en deux classes générales : les méthodes analytiques et les méthodes purement empiriques. Parmi les méthodes analytiques, les principales font appel au bilan énergétique ou au bilan hydrique d'une région; d'autres sont basées sur les théories de transfert turbulent. Certaines combinaisons des méthodes de bilan énergétique et de transfert turbulent ont conduit au développement de méthodes mixtes par Penman (1948) et par quelques autres (Halstead (1951), Businger (1956)).

Les méthodes purement empiriques permettent d'obtenir des estimations de l'évapotranspiration à l'aide de facteurs météorologiques facilement mesurables. De façon générale, il est peu recommandé d'appliquer ces formules à des endroits autres que ceux pour lesquels elles ont été développées. Néanmoins, elles sont utiles pour obtenir une évaluation grossière des valeurs d'évapotranspiration, dans les régions où aucune mesure directe n'a été effectuée. Elles peuvent aussi indiquer la variation relative de l'évapotranspiration à l'intérieur d'une région homogène quant au climat, au sol et à la végétation. Nous utilisons dans cette étude quelques-unes des formules empiriques les plus courantes, à savoir celles développées par Blaney & Criddle (1962), par Thornthwaite (1948) et par Turc (1961).

MÉTHODE ANALYTIQUE

Parmi les méthodes analytiques ou physiques, la seule qu'il soit possible d'utiliser pour connaître l'évapotranspiration potentielle au Québec est celle de Penman, et encore celle-ci n'est-elle utilisable qu'à un nombre très limité de stations. En effet, les variables nécessaires au calcul par différentes méthodes analytiques, telles les méthodes de transfert turbulent, de bilan énergétique ou de bilan hydrique, ne sont mesurées simultanément à aucune station. Toutefois, les mesures nécessaires au calcul par la méthode de Penman sont effectuées à un nombre limité de stations climatologiques, ce nombre n'étant d'ailleurs pas suffisant pour permettre le tracé d'une carte d'évapotranspiration potentielle pour le Québec méridional. Ces mesures disponibles à certaines

stations pour le calcul par la méthode de Penman sont la température moyenne mensuelle, la durée de l'ensoleillement, l'humidité de l'air et la vitesse du vent. Encore faut-il préciser que dans quelques cas, on a utilisé comme vitesse du vent celle d'une station ou d'un aéroport voisin, où on estime que la vitesse du vent est peu différente de celle de la station considérée, pour une moyenne à long terme.

L'équation fondamentale de Penman peut s'exprimer sous la forme suivante (6) :

$$E_o = \frac{\Delta H + E_a \gamma}{\Delta + \gamma}$$

où E_o est une estimation de l'évaporation d'une surface d'eau libre ;

Δ est la pente de la courbe de pression de vapeur saturante e_w à la température T_a , à savoir de_w/dT_a ;

H est le bilan d'énergie ;

γ est la constante de l'équation psychrométrique ;

E_a est le pouvoir évaporant de l'air, fonction de la vitesse du vent V et de $(e_w - e)$, où e_w est la tension de vapeur saturante à la température T_a , et e est la tension de vapeur réelle à cette température.

$$E_a = 0.26 (1 + 0.4V) (e_w - e)$$

$$H = Ig (1 - a) (0.18 + 0.55 n/N) - \sigma T_a^4 (0.10 + 0.90 n/N) \\ (0.56 - 0.99 \sqrt{e})$$

où Ig est la radiation extraterrestre moyenne ;

a est le coefficient de réflexion (albédo) ;

n/N est le rapport de la durée quotidienne moyenne de l'insolation à la durée astronomique du jour ;

σ est la constante de Stefan-Boltzmann ;

T_a est la température de l'air (en degrés absolus).

Dans la présente étude, nous appliquons la formule de Penman aux moyennes climatiques des variables météorologiques énumérées ci-haut ; les périodes pour lesquelles ces moyennes ont été employées sont les suivantes :

Température (T_a) : 1931-1960

Durée de l'ensoleillement (n) : 1954-1963

Tension de vapeur moyenne (e) : 1954-1963

Vitesse du vent (V) : 1954-1963 sauf à Roberval : 1958-1967

Dans certains cas, la vitesse du vent a été obtenue à une station voisine de celle pour laquelle on calcule l'évapotranspiration, celle-ci ne procédant alors à aucune mesure de vitesse du vent. C'est le cas des stations suivantes :

Mont-Joli utilisé pour La Pocatière ;

Dorval utilisé pour Berthierville, Montréal (McGill), Montréal (Jar. Bot.) ;

Sherbrooke utilisé pour Victoriaville ;

Campbelton utilisé pour Caplan.

Nous obtenons donc des valeurs moyennes de l'évaporation potentielle à partir des valeurs moyennes des éléments climatiques. Penman lui-même dans son texte original a appliqué son équation d'évaporation potentielle aux moyennes climatiques pour la Grande-Bretagne.

Les valeurs saisonnières d'évaporation potentielle moyenne aux stations indiquées sont énumérées au tableau I.

TABLEAU I

Évaporation et évapotranspiration potentielles calculées par la méthode de Penman

STATION	ÉVAPORATION POTENTIELLE (po.)	ETP (po.)
Ancienne-Lorette	26.19	20.95
Amos	20.11	16.09
Berthierville	25.05	20.04
Caplan	21.80	17.44
Fort George	17.54	14.03
Grandes-Bergeronnes	23.37	18.70
La Pocatière	25.05	20.04
Montréal (Jar. Bot.)	28.22	22.58
Montréal (McGill)	29.13	23.30
Port Harrison	9.41	7.53
Québec	26.41	21.13
Roberval-Nord	25.27	20.22
Schefferville	14.77	11.82
Sherbrooke	24.60	19.68
Victoriaville	22.80	18.24

Penman a employé une méthode empirique pour obtenir une estimation de l'évapotranspiration potentielle à partir de sa formule d'évaporation d'une nappe d'eau. Cette méthode consiste à calculer pour chaque station, l'évaporation d'une surface d'eau libre hypothétique et à appliquer à cette valeur un coefficient empirique f pour obtenir l'évapotranspiration potentielle correspondante. Penman (1948) a mesuré l'évapotranspiration à partir de surfaces d'évapotranspiromètres gazonnés ainsi qu'à partir de surfaces d'eau libre, les deux types de surface ayant même exposition. Il obtint, pour les mois d'été, au sud-est de l'Angleterre, le coefficient 0.8 et cette valeur a été acceptée, de façon générale, par les chercheurs travaillant en d'autres régions.

Nous avons donc, sous toute réserve de vérification expérimentale, appliqué ce coefficient de 0.8 aux valeurs d'évaporation moyenne des surfaces d'eau libre pour obtenir une estimation de l'évapotranspiration potentielle. Ces valeurs d'évapotranspiration sont aussi consignées dans le tableau I.

Quel que soit le facteur f à utiliser, ce facteur devrait sans doute être le même pour tout le sud du Québec, de sorte que les valeurs relatives demeurent comparables aux divers endroits.

Dans le sud du Québec, les valeurs d'évaporation de nappes d'eau libre vont de 29.13 pouces à Montréal à 20.11 à Amos et elles sont à peu près les mêmes sur le littoral du Saint-Lourent qu'à l'intérieur des terres ; fait à remarquer, la valeur de la station de Roberval est très élevée (25.27 pouces) pour la latitude. Par contre, les valeurs des stations de Sherbrooke et de Victoriaville sont relativement faibles. Il est difficile cependant d'évaluer jusqu'à quel point ces différences sont significatives.

MÉTHODES EMPIRIQUES

Il y a risque à appliquer des formules empiriques indifféremment à toute zone climatique. En principe, on devrait les employer seulement après les avoir vérifiées par des méthodes basées sur des principes physiques ou par des mesures directes. Mais comme les mesures nécessaires à ces vérifications ne sont pas disponibles sur l'ensemble du territoire québécois, les résultats présentés ici n'ont pas été contrôlés et n'ont, par conséquent, qu'un caractère d'indice provisoire.

MÉTHODE DE BLANEY & CRIDDLE

La consommation d'eau par les végétaux varie avec plusieurs facteurs naturels dont les plus importants sont le climat, l'eau disponible, le sol et la topographie. Parmi les facteurs climatiques, ceux qui ont le plus d'effet sur la consommation d'eau, et dont les mesures sont disponibles en général, sont la

température, la précipitation, l'humidité, le parcours du vent et la saison de croissance. Les méthodes d'irrigation, de même que le genre de culture, le type de plantes et leur état de développement exercent de plus une influence sur la consommation d'eau. Blaney & Criddle (1962) ont développé une formule donnant la consommation d'eau par les végétaux en fonction de la température, de la longueur de la saison de croissance et de la longueur moyenne mensuelle du jour exprimée en pourcentage par rapport à l'année. A partir de cette équation, on peut estimer la consommation d'eau par les cultures et la végétation naturelle pour toute région où les données climatiques de base sont disponibles.

Pour développer leur formule, Blaney & Criddle ont mis des valeurs mesurées de consommation d'eau en corrélation avec la température mensuelle, avec la longueur moyenne mensuelle du jour, exprimée en pourcentage de la somme annuelle de ces valeurs, avec la précipitation et avec la saison de croissance. Les coefficients ainsi obtenus permettent le calcul de consommation d'eau pour différentes cultures.

Pour les besoins de la présente étude, nous avons appliqué la formule suivante pour le calcul de la consommation saisonnière d'eau en pouces :

$$U = KF$$

où U = consommation d'eau (en pouces) ;

K = coefficient empirique saisonnier ;

F = somme pour la saison des facteurs mensuels (f) ;

$$F = \sum_{1}^{12} f$$

$$f = \frac{t \times P}{100}$$

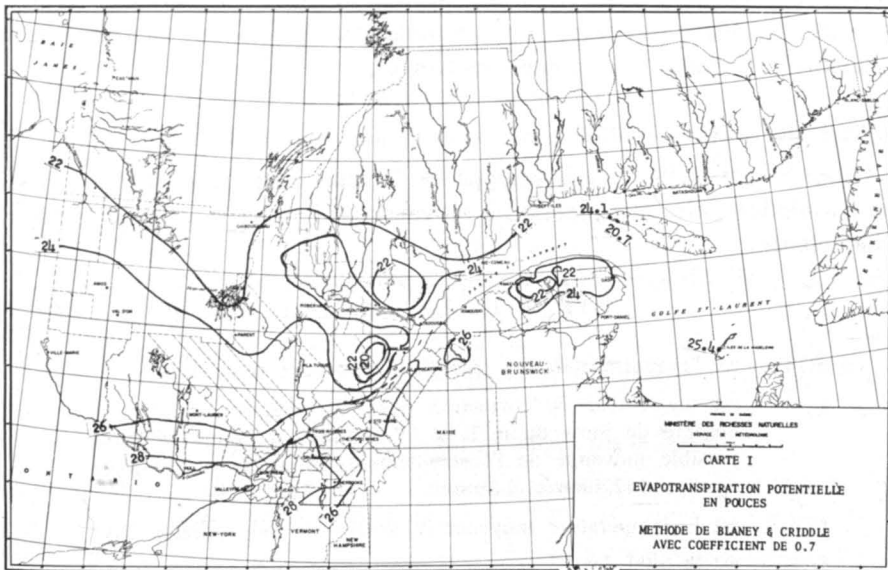
t = température moyenne mensuelle (en degrés F.) ;

P = durée moyenne mensuelle du jour exprimée en pourcentage de la somme pour l'année des 12 durées moyennes mensuelles.

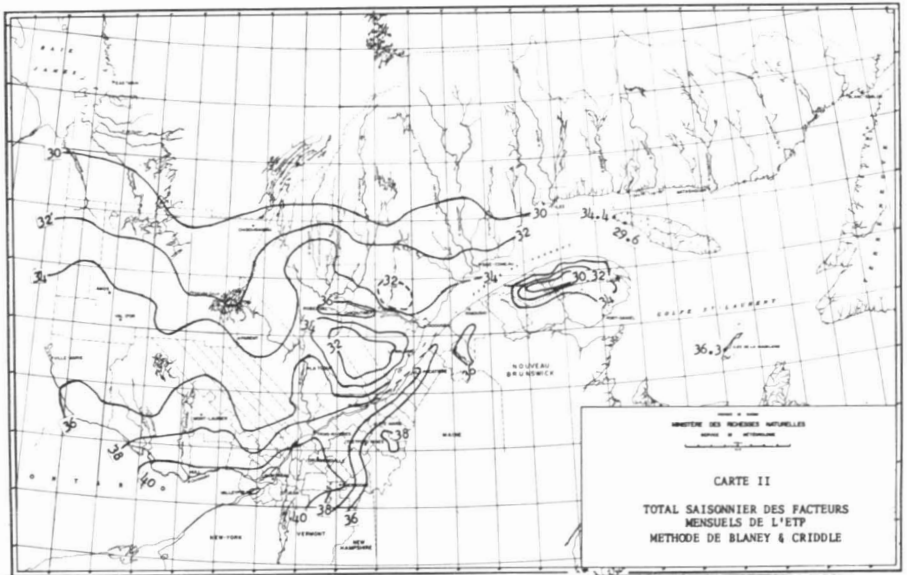
La détermination du coefficient K cause quelque difficulté, parce que les évaluations de K montrent des variations importantes. Les mesures sont d'ailleurs difficiles à effectuer et furent sujettes à bien des erreurs, lors d'études par différents chercheurs. Dans ces diverses études, non seulement le climat variait, mais souvent aussi les sols, les réserves utiles d'eau, les méthodes de mesure de la consommation d'eau, le rendement des cultures et bien d'autres facteurs influençant l'évapotranspiration. Cependant, d'après Blaney & Criddle, ce coefficient varie de 0.50 à 1.10 suivant les cultures et leur saison de croissance.

Pour les fins de la présente étude, nous avons calculé les facteurs mensuels (f) de consommation au moyen des températures moyennes mensuelles de la période 1931-1960 et nous avons fait la somme (F) de ces facteurs pour la saison de croissance (mois avec température moyenne au-dessus de 32 degrés F.). Nous avons ainsi obtenu une valeur dépendant seulement des données climatiques (t) et géo-astronomiques (P). Puisque le coefficient K varie avec la végétation, il est impossible de fixer une valeur unique d'évapotranspiration. Comme une grande partie du territoire du Québec méridional est recouverte de forêts mixtes, nous avons utilisé le coefficient 0.70 suggéré par Blaney & Criddle pour tracer une carte d'évapotranspiration convenant à ces forêts du Québec. Ici encore, il faut considérer cette formule comme purement empirique, et les valeurs qui en découlent uniquement comme un indice d'évapotranspiration.

Les valeurs d'évapotranspiration potentielle saisonnière calculées ont permis de tracer la carte I. Les isorhymes ont été tracées à tous les deux pouces, car l'erreur sur les valeurs calculées est trop grande pour qu'on exige plus de précision. Les valeurs d'évapotranspiration potentielle pour la forêt mixte s'échelonnent de près de 30 pouces dans la région de Montréal à moins de 21 pouces au nord du 50ième parallèle. Les massifs montagneux des Laurentides et des Shickshocks ont des valeurs inférieures aux régions voisines : moins de 20.0 pouces au nord de Québec (19.7 pouces à La Galette) et certainement moins de 24.0 pouces à l'intérieur de la Gaspésie. A ce dernier endroit, les mesures ne permettent pas de préciser la valeur minimale. Comme cette carte ne s'applique en principe qu'à l'évapotranspiration de forêts mixtes, nous avons



CARTE I - Évapotranspiration potentielle en pouces. Méthode de Blaney & Criddle avec coefficient de 0.7.



CARTE II – Total saisonnier des facteurs mensuels de l'ETP. Méthode de Blaney & Criddle.

cru bon de tracer une carte d'isolignes représentant les sommes des facteurs mensuels de consommation d'eau (carte II). Ces facteurs demeurent valables quelle que soit la végétation, car ils ne dépendent que de la température et de la longueur du jour. Reste à l'utilisateur de juger lui-même quel coefficient empirique de consommation employer, suivant la nature du couvert végétal ; ce dernier devrait être déterminé expérimentalement, si l'on veut vraiment obtenir une valeur représentative des conditions locales.

MÉTHODE DE THORNTHWAITE

Thornthwaite (1948) a développé la formule empirique suivante, basée sur la corrélation entre la température moyenne de l'air et le taux de transpiration des plantes :

$$ETP = 1.6 L_a (10t/I)^a$$

où ETP est l'évapotranspiration potentielle mensuelle (en mm) ;

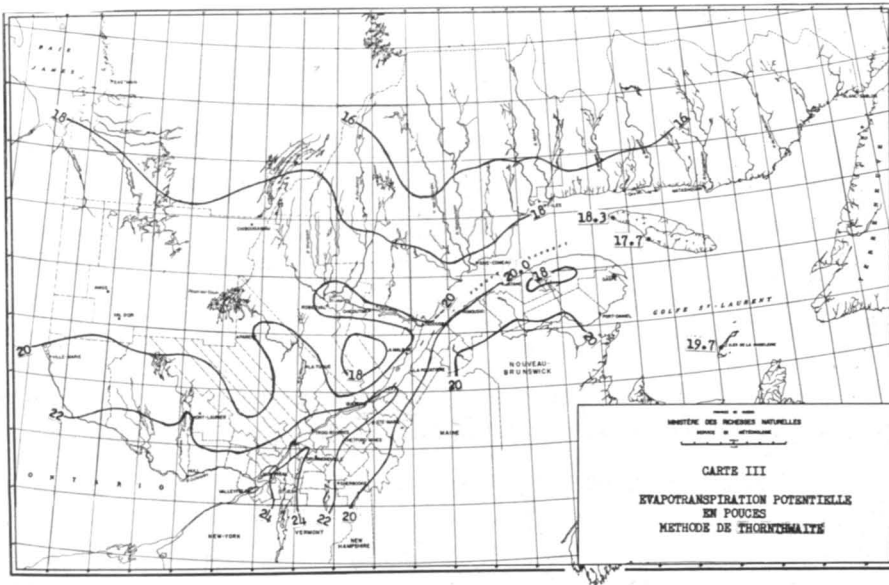
L_a est un facteur de correction pour la longueur du jour, le nombre de jours du mois et la latitude ; il donne la durée possible moyenne de l'ensoleillement, en unités de 30 jours égaux de 12 heures chacun ;

t est la température moyenne mensuelle de l'air (degrés C.) ;

I est le total des 12 valeurs mensuelles de l'indice de chaleur $i = (t/5)^{1.514}$

et $a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.79 \times 10^{-2} I + 0.49$

Les seules données nécessaires au calcul de cette méthode sont la température moyenne et la latitude de la station. Encore une fois, nous avons utilisé comme période de base celle de 1931 à 1960 et nous avons employé les tables et graphiques préparés par Thornthwaite (1948) pour faire les calculs. Les résultats obtenus nous ont permis de tracer la carte III. Les valeurs de l'ETP obtenues par cette méthode s'échelonnent de 24 pouces dans la région de Montréal à moins de 17 pouces au nord de la latitude 50 degrés. Elles sont donc plus faibles que les valeurs obtenues par la méthode de Blaney & Criddle avec coefficient de 0.7 et un peu plus élevées que les valeurs données par la formule de Penman avec le coefficient de 0.8.



CARTE III - Évapotranspiration potentielle en pouces. Méthode de Thornthwaite.

MÉTHODES DE TURC

Turc (1961) a développé une formule pour le calcul du déficit d'écoulement D , qu'on définit de la façon suivante :

$$D = P - Q$$

- où P est le module pluviométrique annuel sur le bassin ;
 Q est l'écoulement ou drainage (somme du ruissellement et de la percolation) sur le bassin.

Pour une période suffisamment longue, le déficit d'écoulement d'un bassin versant est approximativement égal à l'évapotranspiration réelle du bassin, car

les variations de rétention de l'eau deviennent négligeables par rapport aux autres termes du bilan hydrique.

Turc (1961) a formulé le déficit d'écoulement de façon empirique, en fonction seulement de la précipitation annuelle (P) et de la température moyenne annuelle (T) :

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

où L = $300 + 25 T + 0.05 T^3$;

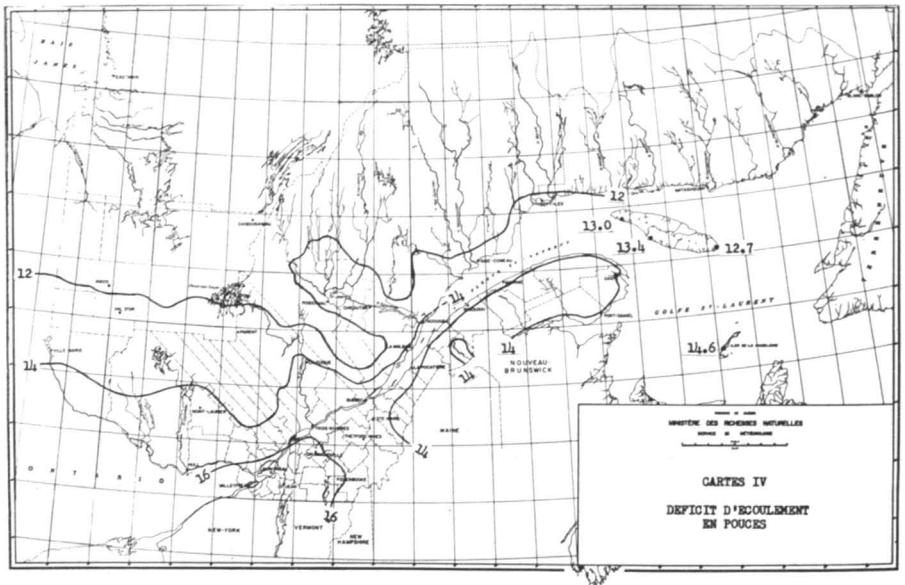
D est le déficit annuel moyen d'écoulement en mm de hauteur ;

T est la température moyenne annuelle sous abri en degrés C. ;

P est la précipitation moyenne annuelle en mm de hauteur.

Nous avons déjà publié en collaboration (Ferland et Gagnon, 1967), une carte du déficit annuel d'écoulement, basée sur la période 1931-1960. Cette carte est reprise ici (carte IV) pour fins de comparaison avec les cartes de l'ETP.

Le déficit d'écoulement donne des valeurs nettement plus faibles que l'ETP, allant d'un peu plus de 16 pouces au sud-ouest du Québec à moins de 12 pouces



CARTE IV – Déficit d'écoulement en pouces.

à la latitude de 50 degrés. Le massif laurentien connaîtrait même une évapotranspiration réelle moindre que 12 pouces.

Quant à l'évapotranspiration potentielle, Turc (1961) en a donné une formulation qui se rapproche de celle de Penman, en ce sens qu'elle évalue l'évapotranspiration potentielle en fonction de la température et de l'intensité du rayonnement. Il a montré que pour une atmosphère pas très sèche (humidité relative mensuelle supérieure à 50 pour cent), ce qui est le cas du Québec méridional, on peut évaluer l'ETP pour les surfaces irriguées, avec une approximation habituellement meilleure que 15 pour cent, par la formule :

$$\text{ETP} = 0.40 \times \frac{t}{t + 15} \times (\text{I}_g + 50)$$

où ETP = évapotranspiration potentielle en millimètres d'eau par mois ;

t = température de l'air sous abri en degrés C. pendant la période considérée ;

I_g = radiation globale d'origine solaire, directe et diffusée (radiation incidente de courte longueur d'onde) en petites calories par cm² de surface horizontale et par jour, pendant la période considérée.

Comme il existe au Québec très peu de stations où l'on mesure le rayonnement global, on utilise des stations où la durée d'ensoleillement h est connue pour évaluer le rayonnement global I_g au moyen de la formule suivante :

$$\text{I}_g = \text{I}_{g_a} (0.18 + 0.62 h/H)$$

où I_{g_a} est l'énergie de la radiation qui atteindrait le sol si l'atmosphère n'existait pas (en cal./cm²/jour) ;

h/H est l'insolation relative ;

H est la durée astronomique du jour ;

h est la durée d'insolation (mesurée au Québec à l'aide de l'héliographe Campbell-Stokes).

Cette formule, appliquée aux quelques stations du Québec où à la fois des moyennes de température et de durée d'ensoleillement sont disponibles, donne des valeurs annuelles indiquées au tableau II.

La comparaison avec les valeurs obtenues par la formule de Penman montre des écarts de 10 à 15 pour cent pour plusieurs stations, plus faibles et même nuls dans certains cas, plus grands dans quelques autres.

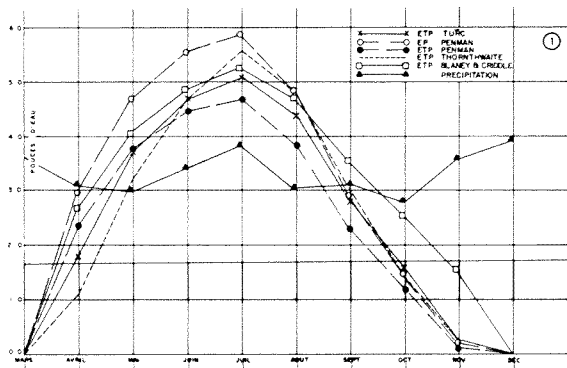


FIG. 1: Distributions mensuelles de l'ETP et de la précipitation à Montréal (Jardin Botanique).

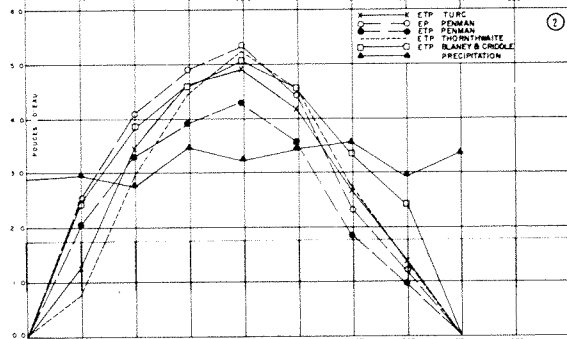


FIG. 2: Distributions mensuelles de l'ETP et de la précipitation à Berthierville.

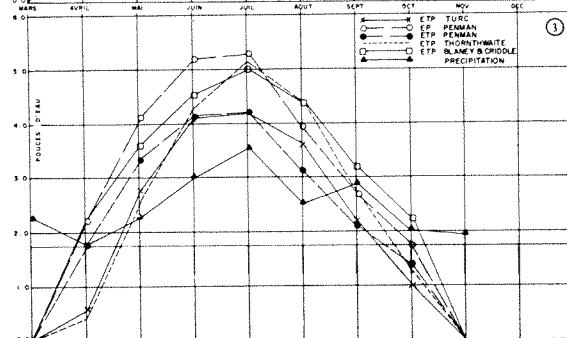


FIG. 3: Distributions mensuelles de l'ETP et de la précipitation à Roberval-Nord.

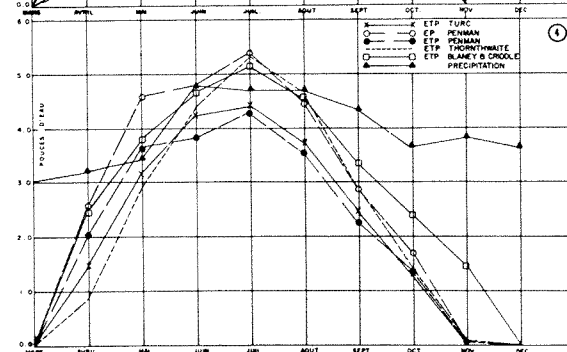


FIG. 4: Distributions mensuelles de l'ETP et de la précipitation à Québec.

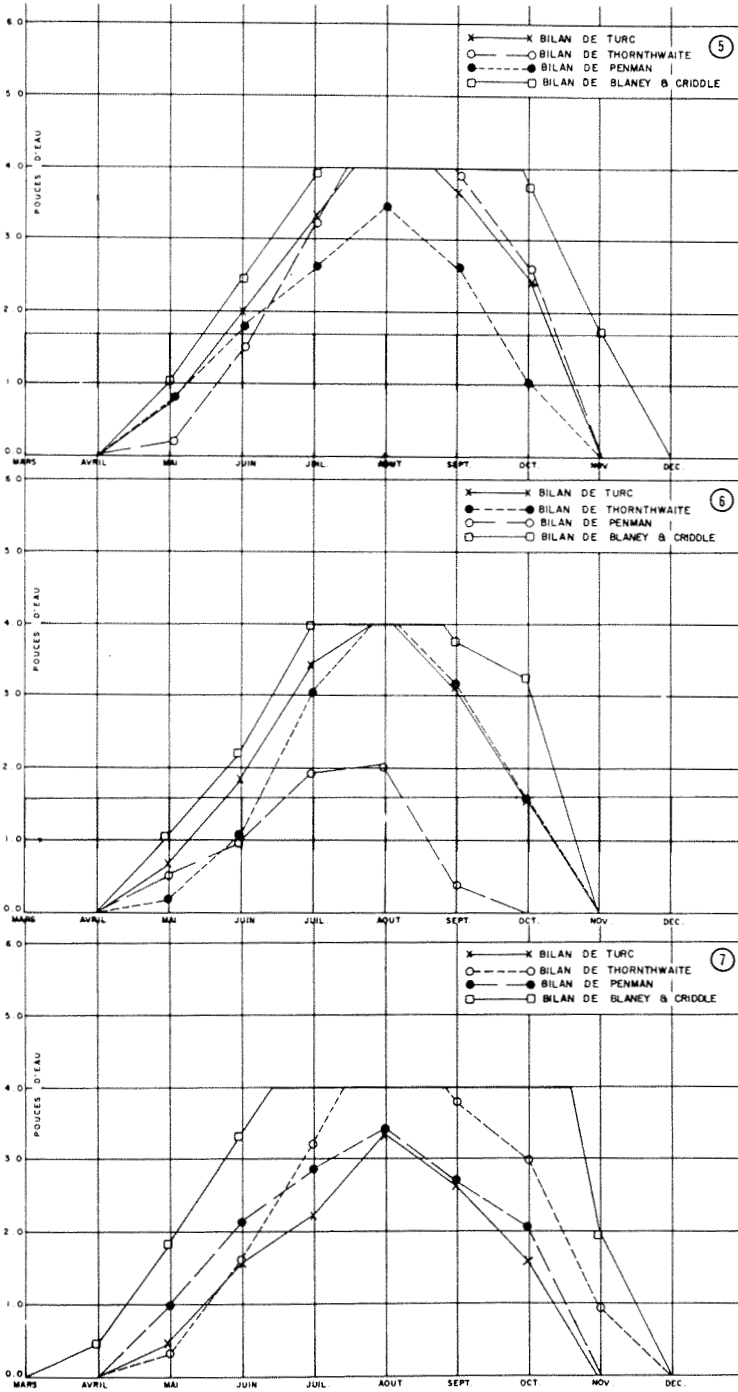


FIG. 5: Déficit mensuels cumulatifs à Montréal (Jardin Botanique).

FIG. 6: Déficit mensuels cumulatifs à Berthierville.

FIG. 7: Déficit mensuels cumulatifs à Roberval-Nord.

Analyse

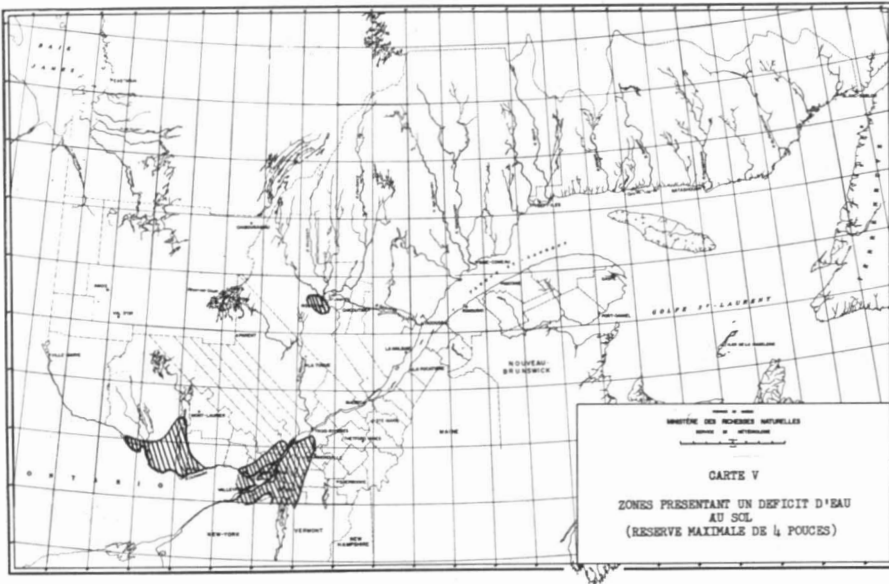
Une série de diagrammes (figures 1 à 4) montre, pour quelques stations types du Québec méridional, les répartitions mensuelles de l'évapotranspiration potentielle calculée par les méthodes de Penman, de Thornthwaite et de Turc, l'évaporation d'une surface d'eau libre EP par la formule de Penman et aussi la répartition mensuelle de la précipitation. On note immédiatement quelques points communs aux distributions de toutes ces stations : à partir de juillet, rapprochement de toutes les distributions d'évapotranspiration potentielle et de celle d'évaporation d'une nappe d'eau; avant juillet, étalement des courbes de distribution dans le même ordre à presque toutes les stations, l'évaporation potentielle d'une nappe d'eau demeurant presque toujours supérieure à toutes les autres. Autre point : la distribution de l'ETP de Thornthwaite présente toujours des valeurs-pointes plus élevées en été (juin, juillet août et septembre) que les autres distributions de l'ETP, rejoignant à peu près les valeurs de l'évaporation d'une nappe d'eau.

Les figures 5, 6 et 7 montrent les déficits mensuels de l'ETP de Thornthwaite (précipitation - ETP) à certaines stations choisies du Québec méridional. On a limité à quatre pouces ce déficit, en considérant que la réserve utile d'eau au sol ne dépasse pas cette valeur. On a indiqué sur une carte du Québec méridional (carte V) les régions où cette réserve d'eau s'épuise pendant l'été. Cette région est assez limitée; elle s'étend de l'extrême sud du Québec jusqu'à Nicolet et Berthierville au nord-est; elle inclut la région de Montréal; elle comprend aussi la vallée de la Gatineau jusqu'à Maniwaki et un petit « îlot » autour de Roberval. À ce dernier endroit cependant, le déficit s'explique par la faible précipitation d'été uniquement, contrairement aux autres régions, où la précipitation est plus forte, mais les températures plus élevées. On a utilisé l'ETP de Thornthwaite pour calculer ces déficits, parce que l'ETP de Thornthwaite, donnant de plus grandes valeurs-pointes en été, est plus sujette à produire des déficits en juillet et en août, alors que d'après les autres méthodes, les répartitions de l'ETP sont plus uniformes au cours de la saison et les déficits presque inexistantes.

Le tableau IV donne les dates (quantième et mois) du début présumé de l'épuisement de la réserve utile d'eau (quatre pouces) du sol, par rapport à l'ETP de Thornthwaite. Cette tentative a été faite simplement à partir de la formule suivante, développée par récurrence :

$$N = 31 \frac{S_1}{E - P}$$

- où N est le quantième du mois où débute le déficit ;
 S₁ est la réserve d'eau du sol au début du mois où se produit le déficit ;
 E est l'évapotranspiration potentielle de Thornthwaite pour ce mois ;
 P est la précipitation pour ce même mois.



CARTE V- Zones présentant un déficit d'eau au sol. (Réserve maximale de 4 pouces).

TABLEAU II

Évapotranspiration potentielle calculée par la méthode de Turc

Station	ETP (po.)	Écart avec ETP Penman
Albanel	17.47	—
Amos	16.47	+ 2%
Ancienne-Lorette	20.34	- 2%
Berthierville	22.55	+10%
Caplan	19.55	+10%
Causapscal	16.68	—
Fort George	11.17	-25%
Grandes-Bergeronnes	17.38	-10%
La Pocatière	19.34	- 5%
Montréal (Jar. Bot.)	24.54	+10%
Montréal (McGill)	24.52	+ 5%
Normandin	17.50	—
Port Harrison	6.85	-15%
Québec	20.63	- 5%
Roberval-Nord	18.62	-10%
Schefferville	9.39	-15%
Sherbrooke	22.75	+15%
Victoriaville	21.53	+15%

TABLEAU III

Évapotranspiration potentielle en pouces d'après les quatre méthodes

Stations	Penman	Thornthwaite	Turc	B. & C.
Albanel	—	20.43	17.47	24.72
Amos	16.09	19.51	16.47	24.21
Ancienne-Lorette	20.95	21.78	20.34	25.91
Berthierville	20.04	22.16	22.55	26.40
Caplan	17.44	20.32	19.55	26.26
Causapscal	—	19.81	16.68	24.26
Fort George	14.03	15.11	11.17	20.03
Grandes-Bergeronnes	18.70	—	17.38	—
La Pocatière	20.04	21.00	19.34	26.82
Montréal (Jar. Bot.)	22.58	24.08	24.54	29.16
Montréal (McGill)	23.30	24.00	24.52	29.51
Normandin	—	20.00	17.50	24.12
Port Harrison	7.53	12.09	6.85	13.35
Québec	21.13	22.45	20.63	27.87
Roberval	20.22	20.96	18.62	25.35
Schefferville	11.82	—	9.39	17.35
Sherbrooke	19.68	22.74	22.75	28.16
Victoriaville	18.24	21.73	21.53	27.38

TABLEAU IV

Dates du début de l'épuisement de la réserve d'eau du sol (4 pouces)

Station	Date
Berthierville	26 août
Chelsea	29 juillet
Farnham	28 août
Joliette	3 août
L'Assomption	30 août
Les Cèdres	28 juillet
Maniwaki	20 août
Montréal (Jar. Bot.)	13 août
Nicolet	23 août
Philipsburg	15 août
Roberval	13 août
St-Hyacinthe	16 août
St-Lin-des-Laurentides	19 août
Ste-Anne-de-Bellevue	15 août
Sorel	15 août
Val-du-Lac	21 août

Cette formule suppose évidemment une répartition quotidienne uniforme de la précipitation et de l'ETP moyennes durant le mois, ce qui est assez juste dans le cas de la précipitation, comme on a pu le vérifier sur de longues périodes.

On note, en tableau IV, que les déficits les plus hâtifs (28 et 29 juillet) se produisent aux stations Chelsea et Les Cèdres et qu'ailleurs, les déficits commencent vers la mi-août. Nous mettons en doute la date du 3 août obtenue à Joliette, car elle diffère de 15 à 30 jours de celles des stations voisines. On ne doit accorder évidemment qu'une valeur d'indice à ces dates, étant donné que la réserve d'eau facilement utilisable par les plantes est inférieure à la réserve utile et qu'on s'est basé sur une seule méthode de calcul, celle de Thornthwaite.

Le tableau III met en regard les valeurs d'évapotranspiration potentielle saisonnière obtenues par les quatre méthodes (Penman, Blaney & Criddle, Thornthwaite et Turc) aux 18 stations où il est possible de les appliquer. On constate immédiatement que la méthode de Blaney & Criddle avec le coefficient de 0.7 donne des valeurs nettement plus élevées que les trois autres et qui ne correspondent probablement pas à la réalité. D'ailleurs, le choix du coefficient pose un problème qui ne peut être résolu qu'expérimentalement. C'est pourquoi nous avons tracé la carte II montrant la répartition des facteurs

de consommation d'eau, qui eux dépendent uniquement des facteurs climatiques.

Les trois autres méthodes cependant donnent des valeurs assez comparables. Des écarts maxima existent entre les valeurs calculées par la méthode de Thornthwaite et celles obtenues par les méthodes respectives de Penman et de Turc. Ces deux dernières méthodes produisent des valeurs très rapprochées, comme on l'a déjà vu (tableau II) et ceci s'explique peut-être par le fait qu'elles font toutes deux appel aux données de rayonnement global, en plus des données de température. Les écarts les plus grands obtenus par les trois méthodes se produisent aux stations du Nouveau-Québec, à savoir Fort George et Port Harrison : peut-être faut-il mettre en doute l'applicabilité de ces méthodes à des climats aussi nordiques.

Conclusion

Cette étude explore les diverses possibilités de calcul de l'évapotranspiration potentielle au Québec par les quelques méthodes les plus usuelles, méthodes soit analytique (Penman), soit empiriques (Blaney & Criddle, Thornthwaite et Turc). Ces quatre méthodes donnent pour chaque station quatre valeurs annuelles différentes, dont trois présentent entre elles des écarts moindres que 20 pour cent. Il a été possible de mettre sur cartes les résultats des méthodes de Blaney & Criddle et de Thornthwaite, auxquelles on a ajouté la carte du déficit d'écoulement (évapotranspiration réelle) d'après Turc. Les distributions spatiales des isorhymes sont presque similaires sur ces cartes; seules les valeurs ponctuelles diffèrent grandement. On retrouve sur toutes les cartes, les caractéristiques suivantes : évapotranspiration maximale dans la partie sud-ouest du Québec, évapotranspiration minimale dans les massifs laurentien et gaspésien, valeurs relativement élevées dans le bassin du lac Saint-Jean et la vallée du Saguenay pour la latitude, isorhymes s'alignant le long du Saint-Laurent et des vallées des principales rivières, décroissance générale des valeurs du sud au nord.

Nous avons aussi calculé les déficits d'eau au sol d'après les valeurs de l'ETP de Thornthwaite. En supposant une réserve utile de quatre pouces au sol, on trouve des déficits dans les régions du sud-ouest du Québec autour de Montréal, dans la vallée de la Gatineau jusqu'à Maniwaki et près de Roberval au Lac-Saint-Jean (carte V). Ces régions nécessiteraient donc une irrigation en été : le tableau IV indique les dates où les besoins d'irrigation commenceraient à se faire sentir à quelques stations susceptibles de déficit : ces dates vont de la fin de juillet à la fin d'août.

Pour juger de la validité des formules, et de la supériorité de telle méthode sur telle autre pour le Québec, il faudrait recueillir les données expérimentales

nécessaires pendant de longues périodes et procéder à leur analyse. Ce travail permettrait par le fait même de déterminer les coefficients expérimentaux qui entrent dans les formules empiriques.

Références

- (1) BLANEY, H. F. and W. D. CRIDDLE, 1962. Determining consumptive use and irrigation water requirements. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, *Tech. Bull.* N° 1275 ; 59 pages.
- (2) BUSINGER, J. A., 1956. *Neth. J. agric. Sci.* **4** (1); 77-80.
- (3) CHAPMAN, L. J. and D. M. BROWN, 1966. The climate of Canada for agriculture, Inventaire canadien des terres. Rapport N° 3, Ministère des Forêts et du Développement rural, Canada. 24 pages.
- (4) FERLAND, M. et R.-M. GAGNON, 1967. Climat du Québec méridional. *Bull. Serv. Météor. Min. Rich. nat. Québec*, MP-13, 93 p.
- (5) HALSTEAD, M. H., 1951. The derivation of an equation for potential evapotranspiration. *John Hopkins Univ. Publ. Climatol.*, Seabrook, N. J., **4** (5); 10-12.
- (6) PENMAN, H. L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. London, Series A*, **193**; 120-145.
- (7) THORNTON, C. W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, **38** (1); 55-94.
- (8) TURC, L., 1961. Evaluation des besoins en eau d'irrigation, Evapotranspiration potentielle. *Annls agron.*, **12** (1); 13-49.



VAPOR PRESSURE DEFICIT VS. RELATIVE HUMIDITY FOR EXPRESSING ATMOSPHERIC MOISTURE CONTENT ¹

G.D.V. WILLIAMS and J. BROCHU ²

*Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Research Branch,
Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada.*

Résumé

L'humidité de l'atmosphère est souvent exprimée en termes d'humidité relative dans des cas où l'usage du déficit de pression de vapeur (DPV) serait de beaucoup préférable. Le plus souvent on est surtout intéressé à l'influence de l'humidité de l'atmosphère sur la perte d'eau d'un objet ou d'un organisme, influence qui est plus reliée au DPV qu'à l'humidité relative. Au cours de recherches sur l'évaporation d'un atmomètre de Bellani, le DPV expliqua 76 pour cent des variations d'évaporation et l'humidité relative seulement 64 pour cent. Les auteurs présentent un nomogramme permettant d'évaluer le DPV à partir de l'humidité relative et de la température. Ils recommandent aussi l'emploi de l'unité millibar pour exprimer le DPV.

Abstract

Relative humidity is frequently employed as an expression of atmospheric moisture content in cases where it would be much better to use the vapor pressure deficit (VPD). The aspect of atmospheric moisture which is most often of interest is the effect on water loss from an object or organism, and this effect is more closely related to the VPD than to relative humidity. In an investigation of evaporation from a Bellani plate atmometer, the VPD explained 76% of the variance of water loss while the relative humidity explained only 64%. A nomogram for determining VPD from the relative humidity and temperature is provided. The use of the millibar as the standard unit for expressing VPD is recommended.

Introduction

Many research workers, particularly in the biological sciences, use relative humidity to specify atmospheric water vapor, where they might obtain much more adequate results by converting the data to vapor pressure deficit.

1. Contribution N°. 727 of the Plant Research Institute.

2. Student from Laval University, employed by the Meteorological Branch, Canada Department of Transport, during summer of 1965.

Relative humidity (RH) may be defined as the *ratio* of the actual water vapor pressure in the air to the maximum possible (or saturation) water vapor pressure at the existing temperature and is expressed as a percentage. The vapor pressure deficit (VPD) is the *difference* between the saturation vapor pressure and the actual vapor pressure at the existing temperature. The VPD is also called the *saturation vapor pressure deficit*, the *water vapor deficit*, and the *saturation deficit* or *saturation deficiency*. The term *saturation deficit* may also have several other meanings, one of which is to denote the difference : $100 - \text{RH}$.

The following examples illustrate the distinction between the RH and the VPD :

(a) Temperature 25°C (77°F), actual water vapor pressure in the air 15.671 mb (millibars). The saturation vapor pressure over water at 25°C is 31.671 mb, so the VPD is $31.671 - 15.671 = 16.000$ mb, and the RH is $(15.671/31.671) \times 100 = 49.5\%$.

(b) Temperature 20°C (68°F), actual water vapor pressure in the air 7.373 mb. The saturation vapor pressure over water at 20°C is 23.373 mb, so the VPD is $23.373 - 7.373 = 16.000$ mb, and the RH is $(7.373/23.373) \times 100 = 31.5\%$. Note that the VPD was the same in both these examples but the RH differed considerably.

It may sometimes be useful to express atmospheric moisture data in terms of relative humidity, in situations where the moisture content of an organism or object is assumed to come to an equilibrium with the humidity of the air after prolonged exposure. This might be of interest where moisture content below certain values appears to be lethal (e.g. for an insect) or a hazard (e.g. for debris during forest fire season). In most cases however, it is the *rate* at which some response to atmospheric moisture conditions occurs which is of greatest interest. This rate is much more directly related to the vapor pressure deficit than to the relative humidity.

In biological studies the atmospheric moisture is most often measured with a hair hygograph, which gives the percent RH, and this is frequently accompanied by temperature data from a thermograph. In view of the desirability of converting these data to VPD, there seemed to be a need for simple methods to make this conversion without repetitive calculations. Before such computational aids could be prepared, the unit to be employed for expressing VPD had to be chosen from among the various units in common use.

The purpose of this paper is to review the VPD and its applications, to describe its computation and recommend a standard unit for expressing it, to present a nomogram to facilitate computation of the VPD from RH and temperature data, and to compare the use of VPD from RH in analysing latent evapor-

ation data. The advantages of using VPD rather than RH in biological research are emphasized.

Review of literature

APPLICATIONS AND COMPUTATIONAL AIDS

The advantages of using vapor pressure deficit were recognized many years ago by research workers such as Buxton (1931), Anderson (1936) and Gordon (1940). More recently Wang (1967) remarked that the vapor pressure deficit is "a far better parameter than relative humidity as far as the effects on plant growth are concerned".

Edney (1957) noted the importance of the VPD (which he called *saturation deficit*) in relation to terrestrial arthropods, and referred to a number of earlier studies in which the VPD was used in entomological research, including a very useful review by Johnson (1942) of insect survival and the VPD. Jensen (1954) found that evapotranspiration from clover and grass increased with increasing VPD. Water loss from plants during periods of high VPD may be reduced by a reduction of the size of stomatal openings, and Wormer (1965) found that the width of these openings in coffee plants tended to decrease with increasing VPD.

The VPD was found to be an important factor in studies of evaporation from white Livingstone-type clay bulb atmometers (Kucera, 1954), and from black Bellani plate atmometers, black porous disc atmometers, and Class A pan and sunken tank evaporimeters (Pelton, 1964). Later studies by Desjardins (1967) provided further proof of the importance of VPD in relation to evaporation from black porous disc atmometers and Class A pans.

Damagnez *et al.* (1963) found a good correlation between potential evapotranspiration and the VPD (*déficit de saturation* or $e_a - e_d$) in Tunisia, particularly in the more arid areas and in oases. The VPD was also used by de Parcevaux (1963) in connection with studies of the relation between transpiration and the production of dry matter, and by Rutter (1968) in discussing water consumption by forests.

The VPD, to indicate the atmospheric moisture content, was used by Baier and Robertson (1965) in equations for estimating latent evaporation (LE) from various routinely observed data. LE, a measure of the drying ability of the meteorological environment which reflects the influence not only of atmospheric moisture content but also of radiation, temperature and wind, has been discussed in a number of papers summarized by Robertson (1964).

The LE estimates, when converted to potential evapotranspiration, have a number of applications such as the estimation of irrigation requirements (Coligado, Baier and Sly, 1968, Baier and Russelo, 1968) and the study of crop yields (Baier and Robertson, 1968).

Tables designed for obtaining the VPD from RH and the temperature in degrees Fahrenheit have been prepared by Williams and Léger (1967). Several graphical aids to computing the VPD also appear in the literature. Buxton (1931) provided a chart for determining the VPD in mm of mercury from the RH and the temperature in either degrees Fahrenheit or degrees Celsius (Centigrade). Gordon (1940) provided nomograms for psychrometric calculations with which it was possible to determine the VPD in mm of mercury indirectly, given the relative humidity and the temperature in degrees Celsius.

THE VPD IN RELATION TO THE DRYING POWER OF THE AIR

In most applications of atmospheric humidity data, it is the ability of the air to absorb more moisture from evaporating surfaces rather than the actual quantity of water vapor present in the air that is of interest. This ability depends on the difference between the vapor pressure of the air and that of the evaporating surface. If the surface is wet and has the same temperature as the air, this difference will be equal to the VPD.

In recommending the use of VPD rather than RH, Anderson (1936) commented that since the capacity of space to hold water vapor increases rapidly with an increase in temperature, approximately doubling for every rise of 20°F, it is clear that the same relative humidity at different temperatures indicates very different atmospheric moisture conditions. To illustrate he pointed out that an RH of 30% at 10°C is equivalent to a VPD of 6.45 mm of mercury, while an RH of 30% at 50°C is equivalent to a VPD of 64.76 mm. He suggested that evaporation from moist surfaces exposed to air with relative humidity of 30 percent would therefore be ten times as rapid when the air temperature is 50°C as when it is 10°C.

Leighly (1937) and Thornthwaite (1940) strongly criticized the use of VPD as an indicator of the drying power of the air, contending that the temperature of the evaporative surface usually was not the same as that of the air and that the VPD would therefore not be the same as the vapor pressure difference between the air and the surface. Gordon (1940), however, noted that particularly with small free evaporative surfaces (such as plant leaves) the temperature of the evaporative surface was generally close enough to the air temperature that the VPD could be very useful in helping to indicate the drying power of the air with respect to such surfaces.

Penman (1948) in the course of his intensive research on evaporation, developed an approach to the estimation of natural evaporation which used the VPD (which he referred to as $e_a - e_a$) that enabled reliable estimates to be made without using data on the temperature of the surface. This is fortunate as there are many experiments where it is quite feasible to make the measurements required for VPD determinations, but where it would not be practicable to make representative measurements of the temperatures of the evaporative surfaces.

Although Leighly rejected the use of VPD, an examination of the theoretical basis which he developed for computing the rate of evaporation is helpful in assessing the relative merits of VPD and RH. In his formula he used a molecular diffusion term which was the product of the vapor pressure difference between the evaporating surface and the air, and a factor k'' which depended on atmospheric temperature and pressure.

The variation of Leighly's factor k'' over moderate ranges of temperature and pressure was fairly small. For example at standard atmospheric pressure the molecular diffusion term would be 15% higher at 95°F than at 59°F for a given vapor pressure difference. If one considers the VPD as an approximation to this vapor pressure difference, molecular diffusion would thus be 15% higher at 95°F than at 59° for a given VPD. However, for a given RH, molecular diffusion would be nearly four times as great at 95°F as at 59°F.

If response to the atmospheric water vapor content is related to the molecular diffusion rate, the error arising from using VPD unadjusted for air temperature and pressure in an experiment may not be serious, particularly as a first approximation. The error due to using RH data directly, however, will frequently be quite serious if the temperature in the experiment varies by more than a few degrees.

In some cases it may be found that there is some mechanism which alters the organism's response to the drying power of the air as the temperature or atmospheric pressure changes, so that the use of a more complex coefficient than k'' , and one which is characteristic of the particular organism, may be indicated. In such cases, however, the humidity will still need to be expressed in terms of VPD before applying the coefficient.

Methods of computing and expressing the VPD

THE CHOICE OF A UNIT FOR EXPRESSING THE VAPOR PRESSURE DEFICIT

There are various units for expressing pressure, and any of them could be used for VPD data. The units most commonly employed for VPD appear

to be the millibar, the millimeter of mercury, and the inch of mercury. Before aids for computing the VPD could be prepared, the unit to be used for expressing the VPD had to be selected.

It seemed desirable to use a unit in which the expression of VPD in whole numbers was consistent with the accuracy of the observed data. Probably the greatest quantity of atmospheric moisture data available for computing the VPD in biological or ecological studies in North America are in the form of continuous records of RH from hair hygrometers, accompanied by temperature records, usually in degrees Fahrenheit from thermographs. MacHattie (1958) estimated that the average error per reading for a well adjusted hair hygrometer was around $\pm 3.5\%$ RH. This corresponds to a VPD error of ± 0.4 mb at 50°F , ± 1.0 mb at 74°F , and ± 2.0 mb at 95°F . For most purposes the expression of VPD in whole millibars will therefore be consistent with the accuracy of the RH data. The same can be said for the millimeter of mercury, since a millibar is equivalent to about $\frac{3}{4}$ of a millimeter of mercury. To obtain similar precision using inches of mercury it would always be necessary to use decimals, since a millibar is equivalent to about $\frac{1}{30}$ of an inch of mercury.

It might be expected that the inch of mercury would be the commonly used unit where the so-called "English units" were otherwise in general use. The millibar, however, is the unit of pressure universally used in meteorology, even among North American meteorologists who express height in feet, distances in miles and surface temperatures in degrees Fahrenheit. North American biologists frequently use the millimeter of mercury for expressing pressure and vapor pressure.

It is sometimes useful to be able to compare the VPD with the atmospheric pressure, or to perform calculations using both factors, and this can be done more readily if the VPD is in the same units as atmospheric pressure, i.e. millibars. It is also worth noting that in the *Smithsonian Meteorological Tables* (Smithsonian Institution, 1958), which include tables of saturation vapor pressure for both "English units" and "metric units", the tabulated values for metric units are not in millimeters of mercury, but in millibars.

The vapor pressure deficit is fundamentally a difference in force per unit area. It therefore seems preferable to express it in a unit such as the millibar, which is defined directly in terms of force and area (1 millibar = 1000 dynes per square cm), rather than in a unit which is defined in terms of the height of a mercury column under certain gravitational conditions.

In view of the foregoing it was decided to use the millibar for expressing the VPD in the present study, and for the same reasons the millibar was used in the VPD tables published previously (Williams and Léger, 1967).

COMPUTING THE VAPOR PRESSURE DEFICIT

From the definition of relative humidity, $RH = 100(VP/SVP)$, where VP and SVP are actual vapor pressure and saturation vapor pressure respectively. Vapor pressure can also be expressed as a function of RH and SVP, that is $VP = [SVP(RH)]/100$. From the definition of vapor pressure deficit, $VPD = SVP - VP$. Combining these relationships gives the simple formula for computing VPD from RH and SVP :

$$VPD = SVP - \frac{SVP(RH)}{100} \quad \text{or}$$

$$VPD = SVP(1 - \frac{RH}{100})$$

If the relative humidity and temperature are known, the SVP can be determined from the *Smithsonian Tables* (Smithsonian Institution, 1958,) and the VPD can then be calculated. For example at a temperature of 75°F with $RH = 60\%$, the SVP required is that given in the *Smithsonian Tables* for 75°F, which is 0.87506 inches of mercury (or $0.87506 \times 33.8639 = 29.63$ mb), and the VPD is $29.63 (1 - \frac{60}{100}) = 11.85$ mb.

If dew point temperature, rather than relative humidity, is given, the VPD can be computed using the fact that the actual vapor pressure of the air is equal to the saturation vapor pressure at the dew point. For example, if the temperature were 75°F and the dew point 65°F, SVP at 75° = 29.63 mb as before, $VP = SVP$ at 65°F = $0.62209 \times 33.8639 = 21.07$ mb, and the VPD would be $29.63 - 21.07 = 8.56$ mb.

If the data are in the form of wet and dry bulb temperatures the RH or the dew point could be determined using psychrometric tables such as those prepared by the Meteorological Branch, Canada Department of Transport, after which the VPD could be computed as in the previous examples.

For comparison with other units it may be useful to know that one millibar, as mentioned previously, equals 1000 dynes per square cm, and that it is also equivalent to 0.7501 mm of mercury, or to 0.02953 inches of mercury (the reciprocal of the factor used above for converting inches of mercury to millibars), or to 0.001020 kilograms per square cm, or 0.01450 pounds per square inch.

Procedure

CONSTRUCTION AND TESTING OF VPD NOMOGRAM FOR USE WITH RH AND TEMPERATURE

The nomograms provided by Gordon (1940) required several different alignment operations to obtain the VPD from RH and temperature. Buxton's chart (1931) was rather small as published, and an alignment operation with two straight edges was required.

To prepare a graphical aid for computing the VPD which would avoid these drawbacks, the present authors manipulated the relationship among VPD, SVP and RH to obtain :

$$\log \left[\frac{1}{1 - \frac{RH}{100}} \right] = \log (SVP) + \log \left(\frac{1}{VPD} \right)$$

in which a function of RH is expressed as the sum of functions of SVP and VPD. A nomogram (Figure 1) consisting of three parallel straight lines appropriately scaled and spaced was then constructed using procedures described by Smith (1954). With the aid of saturation vapor pressure tables (Smithsonian Institution, 1958), the scale based on SVP was marked off in degrees of temperature rather than in units of SVP.

The precision of the nomogram was tested by using it to determine VPD for a number of combinations of temperature and RH over the ranges covered by the scales. The VPD values obtained were compared with vapor pressure deficits calculated using saturation vapor pressure tables.

LATENT EVAPORATION ANALYSES

A further comparison of the use of VPD vs RH was made by performing correlation and regression analyses of LE data in relation to several variables, using atmospheric moisture expressed by VPD for some analyses and by RH for others. Hourly LE data measured at Ottawa (Uplands) Airport from August 5 to September 11, 1954, and referred to by Robertson and Holmes (1958) were available.

In the regression analyses one-hour LE amounts for the hours ending at 0130, 0730, 1330 and 1930 hours were used. A total of 130 LE observations were analysed, and the variables considered included wind, a solar radiation factor (Q_f), and temperature (T), in addition to the VPD and RH. For RH,

T and wind, the values from the airport's routine weather reports were used. The VPD was determined using the VPD tables (Williams and Léger, 1967).

Q_f was the product of the number of tenths of an hour of bright sunshine, measured at the *Central Experimental Farm, Ottawa*, during the hour involved, and the solar radiation at the top of the atmosphere, Q_o . This product is essentially similar to the Q_s term used by Baier and Robertson (1965), which had been obtained by multiplying the observed proportion of possible bright sunshine hours by a constant, adding another constant, and multiplying the result by Q_o , except that in the present case no additive constant was considered.

A number of different regression analyses were performed, with LE as the dependent variable and one or more of the other elements as independent variables. In addition to the analyses of all the 130 observations, some separate analyses of the 29 night-time observations (taken at 0130 hrs) were performed.

Results

THE NOMOGRAM

To determine any VPD from RH and temperature values within the range of the nomogram (Figure 1), lay a straight edge, preferably transparent, to intersect the respective values on the temperature and RH scales, and the straight edge will intersect the VPD scale at the corresponding VPD. For example, at 77°F (25°C) and 73% RH the VPD is just under 9 mb.

In tests of the nomogram over the ranges of the scales, the differences between the VPD as determined by the nomogram and as calculated using saturation vapor pressure tables was almost always less than one millibar. For vapor pressure deficits of under 10 mb, the error was usually less than 0.1 mb. Most of the errors corresponded to RH differences of less than 3%, so that careful use of the nomogram will give at least as much precision as is needed for consistency with the observational accuracy of a well adjusted hygrograph.

LATENT EVAPORATION IN RELATION TO VPD, RH, AND OTHER VARIABLES

The 130 LE observations averaged 1.54 cc per hour. LE was most highly correlated with VPD ($r = 0.87$), followed by RH ($r = -0.80$). After these in importance came Q_f and T (Table I), and the lowest correlation was with wind ($r = 0.48$). The RH was negatively correlated with all the other elements.

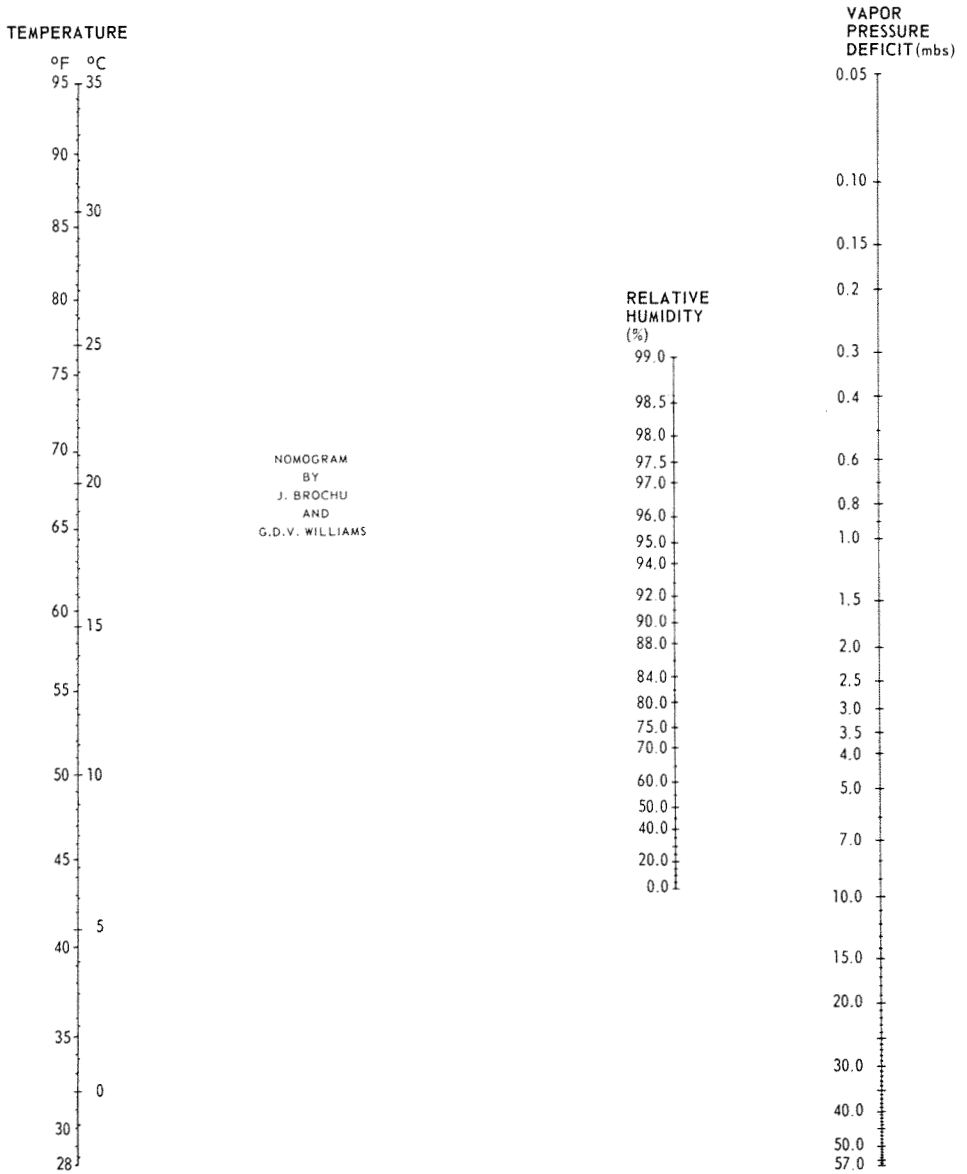


FIGURE 1. Nomogram for finding vapor pressure deficit (VPD), given the relative humidity (RH) and the temperature.

TABLE I
Simple correlation coefficients between variables

	VPD	RH	Q_f	Wind	T
4 obs. per day					
RH	-.92				
Q_f	.66	-.56			
Wind	.32	-.22	.34		
T	.80	-.60	.50	.35	
LE	.87	-.80	.77	.48	.69
0130 hrs. obs. only					
LE	.49	-.38	—	.57	.27

Considering the 29 observations taken during darkness (0130 hrs), when the Q_f term was always zero, the LE values averaged only 0.46 cc, in comparison to the average of 1.54 cc per hour for the 130 observations based on the four different hours. At night the correlation with LE was somewhat higher for wind ($r = 0.57$) than for VPD ($r = 0.49$), and that with T was lowest. As in the 4 observations per day study, LE was more highly correlated with VPD than with RH.

In the results from the regression analyses (Table II), the coefficient of determination, R^2 , which is the square of the multiple correlation coefficient R, gives the proportion of the variance of LE which is explained by the independent variables.

In a regression analysis of the 130 cases, R^2 was .76 when VPD was the only independent variable, that is the VPD explained 76% of the variance in LE. Q_f and wind explained an additional 10% when incorporated in the model after VPD. In another analysis, RH alone explained only 64% of the variance, or 12% less than VPD alone. RH and T together explained 70%, and the four variables: RH, T, Q_f and wind explained about the same percentage of the variance as did VPD, Q_f and wind. In analyses of the 29 night-time observations, the proportion of the variance which could be explained by the independent variables was considerably smaller, and the contrast between the percentage that could be explained by RH alone (14%) or by VPD alone (24%), was even more marked than in the four observations per day studies.

TABLE II
Coefficients of determination, R^2 , for various models

Data	Number of cases	Weather elements considered	R^2
4 obs. per day	130	VPD	.76
		RH	.64
		RH, T	.70
		VPD, Q_r , Wind	.86
		RH, Q_r , Wind	.84
		RH, T, Q_r , Wind	.85
0130 hrs obs only	29	VPD	.24
		RH	.14
		RH, T	.28
		VPD, T, Wind	.52
		RH, T, Wind	.52

Discussion

From the regression analyses of LE data it appeared that RH and T together contributed about as much to explaining the variation in hourly latent evaporation as did the VPD alone. This may not be surprising in view of the fact that the VPD was computed from the RH and T values. Since use of the VPD requires observations of both RH and T, and since it does not result in any general increase in the total proportion of the variance of LE which is explained, one may ask why the VPD should be computed.

Wherever a sound physical basis exists for combining several of the independent variables before performing a regression analysis, it is desirable to do so. This reduces the number of unknowns, that is regression coefficients, which must be determined by the regression analysis. This increases the degrees of freedom in the analysis, and thus improves the chances of obtaining a useful estimation equation from a given set of observations. This is particularly important where relatively complex relationships are being investigated and the sample sizes are small. For example, a regression analysis might be performed with v (= VPD), and some other element x , using v , x , v^2 , x^2 and $v \cdot x$ as the five independent variables. The corresponding analysis with h (= RH) and

t ($= T$) would involve nine independent variables : h , t , x , h^2 , t^2 , x^2 , $h.t$, $h.x$ and $t.x$. If only a small number of observations were available, this addition of four terms to the model might seriously impair the ability to obtain a useful mathematical relationship from the data.

Even if the sample size is large and the number of independent variable terms in the equation is small, it is desirable to use VPD rather than RH and T in an analysis. The resulting regression coefficients can be interpreted more easily than if the two separate terms, RH and T, have to be considered. The reduction in the computational work in an analysis through using one term rather than two to express atmospheric moisture may also more than make up for the additional work involved in computing the VPD from RH and T.

In biological studies the relative influence of the various elements of the meteorological environment on water loss will vary from one organism to another, and between organisms living in the air and those living in soil or water. Wherever the effect of the atmospheric moisture content on water loss is being considered, however, it is preferable to use the VPD rather than RH, just as was the case in studying the water loss from the atmometer.

The nomogram (Figure 1) provides a convenient aid for determining the VPD with a single alignment operation without turning pages. It should be particularly useful for the reader who wishes to familiarize himself with the relationships between RH, T and VPD. For example, to examine the effect on the VPD of altering the RH when the temperature is 25°C (77°F), one can pivot a straight edge about the 25°C point on the temperature scale and note, for instance, that at 99% RH the VPD is about one third of a millibar, at 75% it is about 8 mb, and at 20% RH the VPD is around 25 mb. Similarly, if the straight edge is pivoted about the 75% RH mark, it can be seen that with a temperature of 10°C and an RH of 75% the VPD is about 3 mb, while for the same RH at 28°C the VPD is about three times as large.

In addition to the computation of the VPD from RH and temperature, the nomogram can be used for various other conversions such as finding the VPD when the air temperature and the dew point temperature are given, finding the RH from the temperature and dew point, and determining the dew point from the air temperature and RH. Examples of such conversions have been described by Williams and Léger (1967).

As with all graphical methods, the use of this nomogram is somewhat subjective. Where greater objectivity is desired in the routine handling of moderate quantities of data, the VPD tables (Williams and Léger, 1967)

are very useful. These tables give the VPD to the nearest whole millibar, and extend in increments of 1°F and 1% RH over the range from 10°F to 109°F and from 0 to 99% RH. (At 100% RH the VPD is, of course, always 0). Where very large quantities of data are involved, it is desirable to use an electronic computer for the VPD computations.

Regardless of how the VPD is computed, careful consideration should be given to the choice of unit to be used for expressing it. When coefficients of correlation between the VPD and some other variable such as the activity of an organism are being compared, the fact that the units used for expressing VPD differ from one study to another should cause no problem. This diversity in the units used, however, may result in confusion and difficulty in interpreting and comparing observed VPD data or the means or standard deviations of such data. It also often leads to duplication of effort, and to wasting time in converting from one unit to another.

A number of arguments for using the millibar for expressing the VPD whenever possible have been presented. While doing so may initially cause some difficulty in comparing one's results with the existing literature where other units have been used, the advantages in the long run will outweigh any disadvantages, and it will facilitate comparison with the results of those workers such as Baier and Robertson (1965) and Pelton (1964) who are already using the millibar for expressing the VPD.

Conclusions

The usefulness of the vapor pressure deficit has been demonstrated in a variety of biological studies. The VPD is more closely related to water loss than is relative humidity, and it explains about as much of the variation in rates of water loss as do relative humidity and temperature together.

Where the effect on the rate of water loss is of interest in biological research, the atmospheric moisture content should be expressed as vapor pressure deficit rather than relative humidity. This recommendation is based on both physical and statistical considerations.

Since the original observations are usually in the form of relative humidity data, accompanied by temperatures, two computational aids have been prepared to facilitate the direct conversion of relative humidity and temperature to vapor pressure deficit. One of these is a nomogram, presented here. The other is a set of tables, published previously (Williams and Léger, 1967).

It is suggested that the standard unit for expressing the vapor pressure deficit should be the millibar.

Acknowledgements

The authors wish to express their appreciation for the encouragement and advice given by Dr. P. S. Corbet, a Canada Department of Agriculture entomologist who is now Director of the Research Institute at Belleville. They also wish to thank R. Léger, D. S. Ross, G. W. Robertson, S. Mandzuk, C. E. Ouellet and W. Baier for assistance at various stages of the work. The computations for the nomogram were made using the computer at the Central Analysis Office of the Meteorological Service of Canada in Dorval in 1965. Computational facilities for the analysis of latent evaporation data were provided by the Data Processing Service of the Canada Department of Agriculture. The Bio-Graphic Unit of that department performed the final drafting of the nomogram.

References

- ANDERSON, Donald B., 1936. Relative humidity or vapor pressure deficit. *Ecology*, **17**: 277-282.
- BAIER, W. and Geo. W. ROBERTSON, 1965. Estimation of latent evaporation from simple weather observations. *Can. J. Pl. Sci.*, **45**: 276-284.
- BAIER, W. and Geo. W. ROBERTSON, 1968. The performance of soil moisture estimates as compared with the direct use of climatological data for estimating crop yields. *J. Agric. Met.*, **5**: 17-31.
- BAIER, W. and D. A. RUSSELO, 1968. A computer program for estimating risks of irrigation requirements from climatic data. *Tech. Bull.* **59**. Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Can. Dep. Agr. 48 p.
- BUXTON, Patrick A., 1931. The measurement and control of atmospheric humidity in relation of entomological problems. *Bull. Entomol. Res.*, **22** : 431-451.
- COLIGADO, MAURO C., Wolfgang BAIER and Wilbur K. SLY, 1968. Risk analyses of weekly climatic data for agricultural and irrigation planning. *Tech. Bull* N°. 17 to 58, Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Can. Dep. Agr.
- DAMAGNEZ, J., Ch. RIOU, O. DE VILLÈLE et S. EL AMAMI, 1963. Problèmes d'évapotranspiration potentielle en Tunisie. *Annls agron.*, **14** (4): 543-558.
- DESJARDINS, R. L., 1967. Time series analysis in agrometeorological problems with emphasis on spectrum analysis. *Can. J. Pl. Sci.*, **47**: 477-491.
- EDNEY, E. B., 1957. The water relations of terrestrial arthropods. Cambridge University Press. 109 pp.
- GORDON, William Edwin, 1940. Nomograms for the conversion of psychrometric data into expressions of vapor pressure, dew point, relative humidity, or vapor pressure deficit. *Ecology*, **21**: 505-508.
- JENSEN, Martin, 1954. Shelter effect: investigations into the aerodynamics of shelter and its effects on climate and crops. The Danish Technical Press, Copenhagen. 264 pp.

- JOHNSON, C. G., 1942. Insect survival in relation to the rate of water loss. *Biol. Rev.*, **17**: 151-177.
- KUCERA, C. L., 1954. Some relationships of evaporation rate to vapor pressure deficit and low wind velocity. *Ecology*, **35**: 71-75.
- LEIGHLY, John, 1937. A note on evaporation. *Ecology*, **18**: 180-198.
- MACHATTIE, L. B., 1958. Accuracy of the hair hygograph. Circ. 3022, TEC 265, Meteorological Branch, Department of Transport, Canada. 11 pp.
- PARCEVAUX, S. de, 1963. Transpiration végétale et production de matière sèche; essai d'interprétation en fonction des facteurs du milieu. *Annls agron.*, **14** (5): 655-742.
- PELTON, W. L., 1964. Evaporation from atmometers and pans. *Can. J. Pl. Sci.*, **44**: 397-404.
- PENMAN, H. L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. London, Series A.* **193**: 120-146.
- ROBERTSON, Geo. W. and R. M. HOLMES, 1958. A new concept of the measurement of evaporation for climatic purposes. International Association for Scientific Hydrology; I.U.G.G. Assemblée Générale de Toronto 1957 (Gentbrugge 1958) Tome III. pp. 399-406.
- ROBERTSON, Geo. W., 1964. A summary of literature pertaining to latent evaporation and its application to soil moisture estimation and irrigation scheduling. *Tech. Bull.* **3**, Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Can. Dep. Agr. 11 p.
- RUTTER, A. J., 1968. Water consumption by forests. In Water deficits and plant growth, Vol. II, plant water consumption and response. Edited by T. T. Kozłowski. Academic Press, New York, p. 23-84.
- SMITH, Cedric A. B., 1954. Biomathematics. Charles Griffin and Co., London. 712 p.
- SMITHSONIAN INSTITUTION, 1958. Smithsonian Meteorological Tables. Washington, D. C. 527 p.
- THORNTHWAITTE, C. Warren, 1940. Atmospheric moisture in relation to ecological problems. *Ecology*, **21**: 17-28.
- WANG, J. Y., 1967. Agricultural Meteorology. Agriculture Weather Information Service, San Jose, California. 693 p.
- WILLIAMS, G. D. V. and R. LÉGER, 1967. Vapor pressure deficit, relative humidity and dew point temperature conversion tables. *Tech. Bull.* **12**. Agrometeorology Section, Plant Research Institute, Can. Dep. Agr. 16 p.
- WORMER, T. M., 1965. The effect of soil moisture, nitrogen fertilization and some meteorological factors on stomatal aperture of *Coffea Arabica* L. *Ann. Bot.*, **29** (116): 523-539.

ESTIMATION DU NOMBRE DE JOURS D'ENNEIGEMENT
PAR DES VARIABLES MACROCLIMATIQUES DANS
LA MOITIÉ ORIENTALE DU CANADA ¹

C. E. OUELLET

Institut de Recherches sur les Végétaux, Ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa.

Résumé

Plusieurs variables macroclimatiques influant sur le nombre normal de jours d'enneigement de l'automne au printemps (présence d'une couche de neige au sol d'au moins un pouce) ont été déterminées par la méthode de régression multiple. Les plus importantes sont la durée de la saison d'enneigement allant de la première à la dernière date où le sol est couvert de neige, le produit de la période avec ou sans gel par la moyenne de la température minimale quotidienne du mois le plus froid, le produit de la pluie en mars par la moyenne de la température maximale quotidienne de mars, et le rapport entre l'épaisseur maximale de la couche de neige au sol et la chute saisonnière de neige. Quelques modèles de prédiction sont aussi présentés. Le coefficient de corrélation multiple de l'un d'eux est de 0.99 et l'erreur-type depuis la régression n'est que de cinq pour cent de la moyenne des jours d'enneigement. Cette étude devrait faciliter la détermination des facteurs macroclimatiques influant sur la survie en hiver des plantes fourragères au Canada.

Abstract

Several macroclimatic variables which may influence the seasonal normal number of days with snow cover (layer of snow of at least one inch on the ground surface) were investigated using multiple regression analysis. The most important of these variables were the duration of the snow cover (from the first to the last day with snow cover); the product of the monthly mean of the daily minimum temperatures of the coldest month times either the frost-free period duration or 365 minus that duration; the product of March rainfall times the monthly mean of the daily maximum temperature in March; and the ratio of the maximum depth of snow cover to the total seasonal snowfall. Several estimation models were developed. One of these models had a multiple correlation coefficient of 0.99 and a standard error of estimate of only five percent of the mean number of days with snow cover. This study should facilitate the determination of the macroclimatic factors which affect the winter survival of forage crops in Canada.

1. Contribution no 728 de l'Institut de Recherches sur les Végétaux.

Introduction

La couche de neige au sol (l'enneigement) revêt une grande importance au Canada (12). Elle protège les plantes fourragères contre les basses températures de l'hiver et s'oppose au soulèvement du sol toujours dommageable à ces cultures (13). Elle comporte divers aspects comme son épaisseur, la durée de la saison d'enneigement et le nombre de jours d'enneigement au cours de cette période. Ici, le terme *enneigement* signifie la présence d'une couche de neige au sol d'au moins un pouce. La saison d'enneigement est la période allant de la première date d'enneigement à l'automne à la dernière date au printemps. Dans la moitié orientale du Canada, elle varie de 104 à 259 jours selon les endroits, la moyenne étant de 162 jours. Le nombre de jours d'enneigement comprend les jours où le sol est couvert d'un pouce de neige ou plus durant la saison d'enneigement. Il varie de 24 à 227 jours et la moyenne s'établit à 132 jours. Dans cet article nous n'étudions que le nombre normal (moyenne de plusieurs années) de jours d'enneigement. Trois objectifs ont motivé cette étude : déterminer des variables macroclimatiques influant sur le nombre de jours d'enneigement; élaborer un ou des modèles pour prédire ce nombre; et utiliser les connaissances ainsi acquises en vue de la régionalisation éventuelle des plantes fourragères vivaces par rapport à leur chance de survie au cours de l'hiver.

Cet article traite donc des variables macroclimatiques influant sur le nombre normal de jours d'enneigement de l'automne au printemps dans la moitié orientale du Canada et de quelques modèles de régression permettant d'évaluer ce nombre.

Revue de la littérature

Potter (12) a publié les médianes et les moyennes de l'épaisseur de la couche de neige, de la saison et du nombre de jours d'enneigement pour 190 stations au Canada. Quelques auteurs ont décrit des méthodes pour prédire le nombre de jours d'enneigement. Se basant sur des données de l'Angleterre, Manley a établi une relation entre la température et le nombre mensuel de jours d'enneigement; selon lui, cette relation peut s'appliquer à toute l'Angleterre, pourvu qu'on utilise les moyennes de plusieurs années et qu'on tienne compte de nombreux autres facteurs, notamment, la hauteur des chutes de neige (10). Selon Clapp (7) qui a utilisé les données de 30 stations des États-Unis et de trois du Canada, le nombre de jours d'enneigement serait fonction des températures et des précipitations mensuelles, ainsi que de l'enneigement observé à la fin du mois précédent. La fonte de la neige étant reliée de près au nombre de jours d'enneigement, voici l'opinion de quelques auteurs sur les facteurs climatiques qui l'influencent. Bruce et Clark (2) énumèrent six sources de chaleur pouvant contribuer à la fonte de la neige, les deux principales étant l'échange

de chaleur entre l'atmosphère et la couverture de neige et la condensation de la vapeur d'eau à la surface de la couche de neige. L'air chaud et humide, d'après Forsling, est le facteur prédominant de la fonte de la neige, surtout s'il s'accompagne d'un fort vent; la radiation solaire, parce que réfléchi, a peu d'importance si la couverture de neige est propre et unie, mais elle peut avoir une influence marquée si la neige est souillée par la poussière et la suie; l'influence de la pluie est relativement faible; tout de même ces deux derniers facteurs contribuent à la disparition d'une tranche importante de la couche de neige au printemps (9). McCallister et Johnson (11) ont utilisé avec succès des indices basés sur la température maximale et sur les degrés-jours pour prédire la fonte quotidienne de la neige. Selon eux, cette méthode s'est avérée supérieure à l'usage d'autres paramètres, comme l'humidité relative, l'albédo, le vent, le degré de nébulosité, la radiation et la conduction calorifique du sol. En somme, d'après ces auteurs, ce sont les paramètres se rapportant à l'élément température qui peuvent le mieux permettre la prévision de la fonte de la neige et celle du nombre de jours d'enneigement.

Matériel et méthodes

La présente étude est limitée à la moitié orientale du Canada. L'auteur a utilisé les données climatiques de 81 stations, soit 25 de l'Ontario, 23 du Québec et 33 des provinces de l'Atlantique. Soixante-neuf stations ont servi au développement des modèles et les 12 autres, à leur vérification.

Les variables étudiées par rapport à leur relation avec le nombre de jours d'enneigement sont énumérées au tableau I. Elles concernent la température, la précipitation et la vitesse du vent, de même que la période sans gel (au-dessus de 32°F) ou, inversement, la période avec gel (32°F ou moins). L'auteur examine aussi différents produits de ces variables ainsi que le rapport entre l'épaisseur maximale de la couche de neige au sol et la chute annuelle de neige. Le nombre de jours entre le premier ou le dernier jour d'enneigement et le premier janvier traduit le début, la fin, et la durée de la saison d'enneigement. Les unités de mesure de la température et de la précipitation sont le degré Fahrenheit et le pouce, respectivement.

Comme cette étude a été entreprise surtout pour fins d'application régionale, on utilisa comme valeurs climatiques les normales ou moyennes de plusieurs années. Les données de température et de précipitation représentent des moyennes de trente années ou des valeurs ajustées à une période de trente ans si la période d'observation est plus courte (4, 5, 6). Celles de l'enneigement sont des moyennes de 10 à 20 années comprises entre 1941 et 1961 (12). La période moyenne sans gel est basée sur un nombre d'années variant entre 10 et 40 (1). Les moyennes de vitesse du vent sont celles d'au moins cinq années comprises entre 1937 et 1944 (3).

La détermination des variables influant sur le nombre de jours d'enneigement et le développement de *modèles de prédiction* ont été effectués à l'aide du procédé de régression multiple, tel que décrit par Draper et Smith (8) (p. 235-242). La méthode consiste essentiellement à examiner de nombreuses variables pouvant présenter une relation directe ou indirecte avec la variable dépendante, à en faire un choix préliminaire, et à déterminer le potentiel de prédiction de celles qui sont choisies par voie de régression multiple.

L'auteur a effectué une vingtaine d'analyses de régression. Les variables ont été introduites successivement dans la régression (*step-wise procedure*) et leur signification a été évaluée à chaque stade. Le coefficient de corrélation multiple (R), le résidu de la somme des carrés de la variable dépendante (le nombre de jours d'enneigement dans le cas actuel), l'écart-type depuis la régression (SE) et le degré de signification des coefficients de régression partielle tel que déterminé par le test t et par le coefficient de régression partielle standard ont servi à établir la valeur relative des modèles élaborés (tableaux IV et V). Pour éprouver l'efficacité de prédiction des deux modèles jugés les meilleurs, on se basa sur différents groupes de stations : toutes les stations impliquées dans cette étude, celles de l'Ontario, celles du Québec, celles des provinces de l'Atlantique, et les 12 stations indépendantes. La différence moyenne absolue entre les nombres réels et estimés des jours d'enneigement et la valeur t de ces différences permit d'évaluer l'efficacité des modèles (tableau 6).

Résultats

COEFFICIENTS DE CORRÉLATION SIMPLE ENTRE LE NOMBRE DE JOURS D'ENNEIGEMENT (y) ET LES VARIABLES INDÉPENDANTES (x)

La plupart des variables simples ($v1$ à $v15$) présentent une corrélation élevée avec le nombre de jours d'enneigement (tableau I). Parmi les coefficients de corrélation il y en a sept qui égalent ou excèdent 0.90 et la valeur de six autres est établie entre 0.80 et 0.90. La durée de la saison d'enneigement ($v3$) donne le coefficient le plus élevé (0.97), suivie par la température maximale moyenne du mois le plus froid ($v8$) et de novembre ($v9$). Le coefficient de corrélation est de -0.86 entre le nombre de jours d'enneigement et la pluie de mars ($v13$) et -0.80 entre ce nombre et la période sans gel ($v11$). La corrélation présentée par l'épaisseur maximale de la neige au sol ($v6$) est modérée ($r = 0.67$), par la chute saisonnière de neige ($v4$), relativement basse ($r = 0.34$), et par la vitesse du vent ($v15$), non significative ($r = -0.10$).

Les variables composées ($v16$ à $v20$) montrent une corrélation moins élevée avec le nombre de jours d'enneigement que les variables simples. La corrélation

la plus élevée ($r = \pm 0.90$) est offerte par la variable $v16$ (température minimale du mois le plus froid \times la période sans gel) ou, inversement, par la variable $v16m$ [(50 - température minimale) \times (365 - période sans gel).]

TABLEAU I

Coefficient de corrélation simple (r) entre le nombre de jours d'enneigement et les variables climatiques

Symbole	Variables climatiques	ry.x
$v1$	Première date d'enneigement (un pouce de neige ou plus)	0.92
$v2$	Dernière date d'enneigement (un pouce de neige ou plus)	0.93
$v3$	Saison d'enneigement (nombre de jours de $v1$ à $v2$)	0.97
$v4$	Chute saisonnière de neige	0.34
$v5$	Épaisseur moyenne de la couche de neige au sol de novembre à mars	0.82
$v6$	Épaisseur maximale saisonnière de la couche de neige au sol	0.67
$v7$	Moyenne de la température minimale quotidienne du mois le plus froid	-0.92
$v8$	Moyenne de la température maximale quotidienne du mois le plus froid	-0.94
$v9$	Moyenne de la température maximale quotidienne de novembre	-0.94
$v10$	Moyenne de la température maximale quotidienne de mars	-0.90
$v11$	Période sans gel (au dessus de 32°F)	-0.80
$v11m$	(365 - période sans gel)	0.80
$v12$	Pluie en novembre	-0.76
$v13$	Pluie en mars	-0.86
$v14$	Pluie de novembre à mars inclusivement	-0.80
$v15$	Vent (nombre total de milles en décembre, janvier et février)	-0.10
$v16$	$v7 \times v11$	-0.90
$v16m$	$(50 - v7) \times v11m$	0.90
$v17$	$v10 \times v13$	-0.87
$v18$	$v6 / v4$	0.73
$v19$	$v4 \times v11$	-0.17
$v19m$	$v4 \times v11m$	0.66
$v20$	$v2 \times v10$	-0.47

Valeur significative de r ($n = 69$) : pour $p. = 0.05$, $r = 0.24$
pour $p. = 0.01$, $r = 0.31$

COEFFICIENTS DE CORRÉLATION SIMPLE ENTRE LES VARIABLES INDÉPENDANTES

La corrélation entre les variables simples indépendantes est généralement élevée (tableau II). Bon nombre de coefficients de corrélation excèdent 0.90 ou ne sont que légèrement inférieurs à cette valeur. Tout de même, la corrélation des variables v_6 (épaisseur maximale de la couche de neige) et surtout v_4 (la chute saisonnière de neige) avec les autres variables est sensiblement moins élevée. La corrélation de la période sans gel (v_{11}) ou celle de l'expression inverse (v_{11m}) avec les autres variables sont identiques mais de signe opposé.

TABLEAU II

Coefficients de corrélation simple (r) entre les variables climatiques simples

	v_1	v_2	v_3	v_4	v_6	v_7	v_8	v_{10}	v_{11}	v_{11m}	v_{13}
v_1	1.00										
v_2	0.80	1.00									
v_3	0.94	0.96	1.00								
v_4	0.38	0.37	0.39	1.00							
v_6	0.62	0.65	0.67	0.73	1.00						
v_7	-0.90	-0.74	-0.86	-0.25	-0.55	1.00					
v_8	-0.91	-0.82	-0.91	-0.22	-0.55	0.96	1.00				
v_{10}	-0.80	-0.91	-0.91	-0.20	-0.51	0.81	0.91	1.00			
v_{11}	-0.78	-0.76	-0.81	-0.29	-0.52	0.82	0.79	0.77	1.00		
v_{11m}	0.78	0.76	0.81	0.29	0.52	-0.82	-0.79	-0.77	-1.00	1.00	
v_{13}	-0.83	-0.73	-0.82	-0.42	-0.69	0.82	0.82	0.73	0.69	-0.69	1.00

Valeur significative de r ($n = 69$) : pour $p = 0.05$, $r = 0.24$ pour $p = 0.01$, $r = 0.31$

Les coefficients de corrélation entre les variables composées sont plus bas que ceux entre les variables simples (tableau III). La plupart sont inférieurs à 0.70 et cinq d'entre eux ne sont même pas significatifs.

TABLEAU III

Coefficients de corrélation simple (r) entre les variables incluses dans les équations [3] et [10] au tableau IV.

	v3	v16	v16m	v17	v18	v19	v19m	v20	v11	v11m
v3	1.00									
v16	-0.85	1.00								
v16m	0.88	-0.91	1.00							
v17	-0.82	0.82	-0.76	1.00						
v18	0.68	-0.68	0.58	-0.67	1.00					
v19	-0.20	0.29	-0.52	0.08	-0.20	1.00				
v19m	0.65	-0.55	0.54	-0.60	0.29	0.31	1.00			
v20	-0.45	0.39	-0.58	0.32	-0.29	0.50	0.04	1.00		
v11	-0.80	0.81		0.67	-0.50	0.48	0.04	0.44	1.00	
v11m	0.80	-0.80	0.91	-0.67	0.50	-0.54	0.63	-0.44	-1.00	1.00

Valeur significative de r ($n = 69$) : pour $p. = 0.05$, $r = 0.24$
 pour $p. = 0.01$, $r = 0.31$

ÉQUATIONS DE RÉGRESSION MULTIPLE

Les premiers essais de régression comportèrent les variables simples suivantes : températures minimales et maximales moyennes du mois le plus froid ($v7$ et $v8$), températures maximales de novembre et de mars ($v9$ et $v10$), période sans gel ($v11$), chute saisonnière de neige ($v4$), pluie de novembre ($v12$), de mars ($v13$), et de novembre à mars ($v14$), et vitesse du vent ($v15$). L'équation [1] (tableau IV) provient de ces essais. Elle contient les variables $v9$, $v4$, $v10$, $v13$ et $v11$. Le coefficient de corrélation multiple (R) est de 0.972 et l'écart-type depuis la régression de 11.6 jours, soit 8.6 pourcent de la moyenne des jours d'enneigement observés.

L'équation [2] (tableau IV) marque une amélioration sensible par rapport à la précédente. Elle contient cinq variables indépendantes : la pluie en mars ($v13$), la durée de la saison d'enneigement ($v3$), la température minimale du mois le plus froid ($v7$), l'épaisseur maximale de la couche de neige ($v6$) et la date du dernier jour d'enneigement ($v2$). L'introduction de plusieurs autres variables dans la régression n'augmente pas le potentiel de prédiction de ce modèle, probablement à cause de leur corrélation trop élevée avec les précé-

dentés. Le coefficient de corrélation multiple de cette équation est de 0.985 et l'erreur-type depuis la régression est de 8.6 jours, soit 6.4 pour cent de la moyenne des jours d'enneigement observés.

L'objectif étant d'abaisser l'erreur-type depuis la régression à cinq pour cent, l'auteur a étudié un autre groupe de variables qui sont incluses dans l'équation [3] (tableau IV). Ce groupe comprend en plus de la durée de la saison d'enneigement ($v3$), plusieurs variables composées : $v17$ (température maximale moyenne de mars \times pluie en mars), $v16m$ [(50° - température minimale moyenne du mois le plus froid) \times (365 - période sans gel)], $v18$ (rapport entre l'épaisseur maximale saisonnière de la couche de neige et la chute saisonnière de neige), $v19m$ [(chute saisonnière de neige) \times (365 - période sans gel)], et $v20$ (date du dernier jour d'enneigement \times la température maximale de mars). L'équation [3] réduit l'erreur-type depuis la régression à 8.4 jours, donc pas tellement plus que le modèle précédent; le coefficient de corrélation multiple demeure à 0.985.

Il faut l'équation [10] pour abaisser l'erreur à environ cinq pour cent de la moyenne des jours d'enneigement observés. Les termes sont semblables à ceux de l'équation [3], à quelques légères modifications près. La période sans gel ($v11$) remplace l'expression inverse (365 - période sans gel) et la température minimale ($v7$), l'expression (50° - température minimale). L'équation contient aussi un terme en plus, soit la période sans gel ($v11$). Le coefficient de corrélation multiple est de 0.991 et l'écart-type depuis la régression de 6.8 jours. La série d'équations [4] à [10] obtenues par l'introduction successive des variables dans la régression montre les progrès réalisés par l'addition de chaque variable (tableau IV). De fait, le coefficient de corrélation multiple augmente de 0.969 à 0.991 et l'erreur-type depuis la régression baisse de 11.8 à 6.8 jours, soit de 8.9 pour cent à 5.1 pour cent de la moyenne des jours d'enneigement observés.

SIGNIFICATION DES COEFFICIENTS DE RÉGRESSION PARTIELLE

Les valeurs t des coefficients de régression partielle des équations [1], [2], [3] et [10] indiquent qu'ils sont tous significatifs (tableau V). La valeur t du coefficient de la variable $v3$ (durée de la saison d'enneigement) augmente sensiblement de l'équation [2] à l'équation [10]. Dans l'ensemble, la signification des coefficients est plus grande dans l'équation [10] que dans les trois autres. Les coefficients de régression partielle standards (b') indiquent que la variable $v3$ contribue le plus aux variations du nombre de jours d'enneigement, surtout dans les équations [3] ($b' = 0.52$) et [10] ($b' = 0.51$). Les valeurs b' des autres termes varient de 0.08 à 0.34. Même si on ne l'indique dans aucun tableau, il faut prendre note que les coefficients des équations [4] à [9] (tableau IV) sont tous significatifs.

TABLEAU IV

Coefficients de régression partielle (b) et données de régression

Équation	Constante	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	R	SE	
										SE	% moy.
[1] Variable Coeff.	+284.5	v9 -2.111	v4 + .2135	v10 -2.180	v13 -10.20	v11 -.1547			.972	11.6	8.6
[2] Variable Coeff.	- 1.513	v3 + .4764	v13 -7.909	v7 - .8608	v6 + .3581	v2 +.5175			.985	8.6	6.4
[3] Variable Coeff.	+ 1.695	v3 + .6712	v17 - .2092	v16m + .001293	v18 +73.50	v19m +.0005866	v20 -.006848		.985	8.4	6.3
[4] à [10] Variable [4] Coeff.	- 72.31	v3 +1.259	v16	v17	v18	v19	v20	v11	.969	11.8	8.9
[5] Coeff.	- 13.29	+ .9378	- .009212						.981	9.4	7.1
[6] Coeff.	+ 6.443	+ .8517	- .007141	- .1942					.984	8.7	6.6
[7] Coeff.	- 1.053	+ .8255	- .006639	- .1713	+36.29				.985	8.5	6.4
[8] Coeff.	- 10.33	+ .8268	- .007754	- .1323	+39.70	+ .0006743			.986	8.2	6.2
[9] Coeff.	+ 22.47	+ .7598	- .008310	- .1264	+43.15	+ .001230	-.008934		.989	7.3	5.5
[10] Coeff.	+ 49.97	+ .6683	- .006653	- .1220	+57.03	+ .001766	-.009887	-.1808	.991	6.8	5.1

TABLEAU V

Signification des coefficients de régression

Coefficients		b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7
Équation [1]	Variable	v9	v4	v10	v13	v11		
	t	3.9	4.3	5.3	3.6	2.4		
	b'	-0.34	0.13	-0.34	-0.15	-0.11		
Équation [2]	Variable	v3	v13	v7	v6	v2		
	t	3.2	3.7	4.6	3.3	2.7		
	b'	0.37	-0.16	-0.23	0.10	0.22		
Équation [3]	Variable	v3	v17	v16m	v18	v19m	v20	
	t	8.4	3.9	2.4	4.3	3.3	2.4	
	b'	0.52	-0.16	0.13	0.14	0.12	-0.08	
Équation [10]	Variable	v3	v16	v17	v18	v19	v20	v11
	t	11.7	5.0	2.6	4.2	5.7	4.9	3.4
	b'	0.51	-0.21	-0.09	0.11	0.14	-0.11	-0.13

VALEUR DE PRÉDICTION DES MODÈLES [3] ET [10].

L'épreuve des modèles [3] et [10] montre que leur valeur de prédiction est très satisfaisante (tableau VI). Les différences absolues entre les nombres de jours d'enneigement réels et estimés par ces deux modèles pour les 12 stations indépendantes ne sont en moyenne que de 2.8 et 2.9 pour cent de la moyenne des jours d'enneigement observés. Lorsque ces différences sont calculées pour les autres groupes de stations décrits plus haut, leur pourcentage par rapport à la moyenne réelle est inférieure à cinq pour cent, sauf, dans le seul cas où il est de six pour cent (équation [3] utilisée dans les provinces de l'Atlantique). La valeur t d'aucune série de différences n'est significative.

TABLEAU VI

Différence moyenne absolue (DMA) entre les nombres de jours d'enneigement réels et estimés et valeurs t de ces différences

	Ontario (1)	Québec (2)	Atlantique (3)	(1 + 2 + 3)	Indépendantes
Nombre de stations (n)	25	23	33	81	12
Équation [3]					
DMA	5.3	7.8	6.8	4.3	4.3
% moyenne	3.9	4.6	6.0	3.2	2.8
t	0.7	0.5	0.6	0.4	1.6
Équation [10]					
DMA	3.6	8.1	5.0	4.5	4.5
% moyenne	2.7	4.8	4.4	3.4	2.9
t	0.4	1.0	1.4	0.6	1.5

Valeur significative de t :

P. = 0.05

P. = 0.01

n = 25

2.06

2.80

n = 23

2.07

2.82

n = 33

2.04

2.74

n = 81

1.99

2.64

n = 12

2.20

3.11

Discussion et conclusions

Le modèle de prédiction semble bien adapté à cette étude, où l'interrelation entre les variables analysées est généralement élevée et dont un des buts principaux est de déceler des variables importantes pouvant expliquer les variations géographiques du nombre de jours d'enneigement. Selon Draper et Smith (8), ce modèle peut paraître irréaliste jusqu'à un certain point, mais il permet de découvrir les principales variables indépendantes responsables des variations de la variable dépendante et d'éliminer celles dont l'influence sur ces variations est négligeable; il est très utile aussi du fait qu'il peut servir de guide pour des recherches subséquentes.

Dans l'étude actuelle, cette méthode a permis de déceler les variables expliquant la très grande partie des variations du nombre des jours d'enneigement, soit 98.2 pour cent. La durée de la saison d'enneigement (v_3) constitue la variable prédominante dans les équations [2], [3] et [10] (tableau V). À elle

seule, elle explique 93.8 pour cent des variations du nombre de jours d'enneigement. C'est normal, puisque les valeurs de ces deux variables sont identiques pour la période de l'hiver où la couverture de neige est continue et qu'elles ne diffèrent qu'au début et à la fin de cette saison alors qu'elle est discontinue. La date du dernier jour d'enneigement (v_2) entre aussi dans ces trois modèles à l'état simple ou composé. C'est dû au fait que la période de couverture intermittente de neige est plus courte au printemps qu'à l'automne.

Les variations du nombre des jours d'enneigement, inexpliquées par la durée de la saison d'enneigement, le sont en bonne partie par des variables se rapportant à l'élément température. Si l'on rattache la période sans gel à la température, cet élément entre dans la constitution de quatre termes de l'équation [3] et cinq de l'équation [10]. L'importance que revêt la température dans ces équations est conforme à l'opinion des auteurs cités précédemment. Il n'est pas facile de dire quelle est la plus importante parmi les variables reliées à la température. Si l'on se base sur les analyses de régression préliminaires comportant des variables simples autres que la saison d'enneigement, il semble que ce soit la température maximale de novembre à mars. De fait, l'équation [1] contient les variables v_9 et v_{10} (températures maximales moyennes de novembre et mars), et les variables composées v_{17} et v_{20} des équations [3] et [10] incluent la température maximale moyenne de mars.

Parmi les variables importantes utilisées à l'état simple ou composé et se rapportant à l'élément précipitation, il faut mentionner la pluie en mars (v_{13}), la chute saisonnière de neige (v_4), et l'épaisseur maximale de neige au sol (v_6). Il est normal que la pluie affecte plus le nombre de jours d'enneigement au printemps qu'en d'autre temps, parce qu'alors elle accentue considérablement l'action sur la fonte de la neige d'une radiation solaire plus forte et d'une température plus élevée. Même si la chute saisonnière de neige et son épaisseur maximale au sol ne montrent pas une corrélation simple tellement élevée avec le nombre de jours d'enneigement, leur rapport (v_{18}) s'avère une variable importante dans plusieurs équations.

Quelques variables composées très intéressantes sont aussi décelées : les variables v_{16} et v_{16m} , qui intègrent l'effet sur la fréquence de l'enneigement, de la température minimale moyenne du mois le plus froid et de la période avec ou sans gel; la variable v_{17} (température maximale moyenne de mars \times pluie en mars), qui contrôle la fin de la saison d'enneigement au printemps et la variable v_{18} , qui est le rapport entre l'épaisseur maximale de neige et la chute saisonnière de neige, lequel reflète l'effet du vent et des dégels sur l'épaisseur et la continuité de la couche de neige au sol.

Quelques modèles permettant d'estimer le nombre normal de jours d'enneigement de l'automne au printemps sont aussi conséquents à cette étude. Il convient d'en commenter quatre, soit les équations [1], [2], [3] et [10]. Parmi

celles-ci l'équation [1] est celle qui explique le moins grand pourcentage des variations du nombre de jours d'enneigement (94.7 pour cent); mais elle est celle dont l'usage est le plus commode, parce que les normales des variables indépendantes qu'elle comporte sont publiées pour un très grand nombre de stations (1, 4, 5, 6). Les autres équations incluent certaines variables concernant l'enneigement, comme l'épaisseur maximale de la couche de neige au sol (v_6) et la durée de la saison d'enneigement (v_3), dont les normales à plusieurs stations n'ont pas encore été établies ou publiées.

À première vue l'équation [2] peut sembler très satisfaisante, puisque le coefficient de corrélation multiple est élevé et que l'erreur-type depuis la régression est relativement faible. Tout de même il est possible que les termes de cette équation, tout comme ceux de l'équation [1], soient d'application moins générale au Canada que ceux des équations [3] et [10] pour deux raisons : la corrélation simple entre les variables entrant dans ces équations est très élevée et, comme l'indiquent les valeurs au tableau V, aucun des coefficients de régression ne montre de signification prédominante, même s'ils s'avèrent tous significatifs.

Les équations [3] et [10] sont donc considérées supérieures aux équations [1] et [2]. La raison principale est qu'elles comportent surtout des variables composées plus indépendantes les unes des autres que les variables simples, caractéristique susceptible d'augmenter leur valeur de prédiction. Par ailleurs, tous les tests statistiques effectués sur ces équations montrent que leur valeur de prédiction est très satisfaisante. Le fait que le coefficient de corrélation multiple (R) soit plus élevé et que l'erreur-type depuis la régression (SE) soit plus faible dans l'équation [10] que dans l'équation [3] (tableau IV) invite l'auteur à préférer la première à la seconde. Ceci ne peut s'expliquer que par les différences produites dans la corrélation entre les variables indépendantes selon que les périodes avec ou sans gel entrent dans certains termes des équations.

Les équations [7], [8] et [9] (tableau IV) devraient aussi offrir une valeur de prédiction satisfaisante du nombre de jours d'enneigement. Elles ne diffèrent de l'équation [10] que par un ou quelques termes en moins; leur coefficient de corrélation multiple n'est pas inférieur à 0.985 et l'erreur-type depuis la régression n'excède pas 6.4 pour cent du nombre de jours d'enneigement. On peut présumer que les variables entrant dans les équations [3] et [10] conviendraient aussi à la moitié ouest du Canada pourvu que de nouveaux coefficients soient calculés à partir de données provenant de ce territoire.

La régionalisation éventuelle des plantes fourragères par rapport à leur chance de survie en hiver devrait être facilitée par cette étude sur le nombre de jours d'enneigement. Ces cultures résistent d'autant mieux aux rigueurs de l'hiver que la couche de neige au sol est plus stable. Bon nombre des variables influant sur le nombre de jours d'enneigement peuvent affecter la continuité de cette couche de neige. De fait, dans les équations [3] et [10], les variables

autres que v_3 (durée de la saison d'enneigement) peuvent expliquer jusqu'à un certain point les variations géographiques du nombre de jours sans couche de neige au sol au cours de la saison d'enneigement. Le nombre de ces jours par rapport à celui de la durée de la saison d'enneigement et les conditions climatiques qui prévalent alors, revêtent sans doute une grande importance par rapport à la survie en hiver des plantes fourragères.

Remerciements

Nous remercions le Dr G. O. Villeneuve, directeur du Service de Météorologie, Québec, et M. G. D. Williams, Institut de Recherches sur les Végétaux, Ottawa, pour avoir bien voulu faire la révision du manuscrit.

Références

1. BOUGHNER, C.C., R.W. LONGLEY and M.K. THOMAS, 1956. Frost data. Climatic summaries for selected meteorological stations in Canada. Met. Div., Can. Dept. Transport, Canada.
2. BRUCE, J.P. and R.H. CLARK, 1966. Introduction to hydrometeorology. Pergamon Press, Toronto. 319 p.
3. CANADA DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1959. Humidity and wind. Climatic summaries for selected meteorological stations in Canada. Vol. 2. Toronto, Ont. (revised). 141 p.
4. MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU CANADA, 1967. Tables des températures et précipitations pour l'Ontario. Vol. 4. Direction de la Météorologie. Toronto. 44 p.
5. MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU CANADA, 1967. Tables des températures et précipitations pour le Québec. Vol. 5. Direction de la Météorologie. Toronto. 36 p.
6. MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU CANADA, 1967. Tables des températures et précipitations pour les provinces de l'Atlantique. Vol. 5. Direction de la Météorologie. Toronto. 28 p.
7. CLAPP, P., 1967. Specification of monthly frequency of snow cover based on macro-scale parameters. *J. appl. Met.*, **9** (6) : 1018-1024.
8. DRAPER, N.R. and H. SMITH, 1966. Applied regression analysis. John Wiley and Sons, Inc., New-York. 407 p.
9. FORSLING, C. L., 1941. Snow melt. Climate and man. *Yb. Agric. U. S. Dep. Agric.*, 1248 p.
10. MANLEY, C., 1939. On the occurrence of snow cover in Great Britain. *Q. J. R. met. Soc.*, **65** : 2-23.
11. MCCALLISTER, J.P. and R. JOHNSON, 1962. An objective forecast of the snow-melt hydrograph in the plains region. *Proc. 30th Ann. Meeting of the west. Snow Conf.*, Cheyenne, Wyoming. 96 p.
12. POTTER, J. G., 1965. Snow cover. *Climatol. Stud. met. Br. Dept. Transport Canada*, no. 3, 69 p.
13. SMITH, D., 1964. Winter injury and the survival of forage crops. *Herbage Abstracts*, **34** (4) : 203-209.

VORTICITY IN NATURE : THE MECHANICS OF HURRICANE DEVELOPMENT

M. SHABBAR

Meteorological Service of Canada

Résumé

Les ouragans sont des phénomènes très spectaculaires, fréquents mais non universels. Ce mémoire présente un mécanisme probable de l'origine des ouragans. Il démontre qualitativement que, dans une atmosphère stratifiée en rotation, les grandes poussées ascensionnelles dégagées dans les nuages concentrent les forces tourbillonnaires et produisent un tourbillon barocline. En plus d'expliquer clairement la nature du problème, c'est-à-dire comment ce mécanisme s'insère dans l'évolution de l'ouragan, le mémoire apporte certaines modifications aux théories existantes pour mieux représenter les effets du frottement et du transport vertical de la chaleur durant le stade chaud du tourbillon. L'auteur suppose dans ce mémoire que les mouvements à grande échelle suivent un régime quasi-permanent et démontre que les cyclones peuvent se développer d'une façon constante plutôt qu'exponentielle.

Abstract

Hurricanes are most spectacular phenomena. They are common but not universal. A probable mechanism for the origin of hurricanes is presented. It is shown qualitatively that in a stably stratified rotating atmosphere, great buoyancy forces released in clouds could concentrate vorticity and create a baroclinic vortex. In addition to making plain the nature of the problem in the way in which this mechanism fits into the life history of the hurricane, some modifications to existing theories are made for a better representation of the effects of friction and vertical heat transport in the warm stage of the vortex. Quasi-steady state of the large-scale motion is assumed and it is shown that cyclones can develop steadily rather than exponentially.

Introduction

The appearance and occurrence of columnar vortices in a rotating atmosphere, where the mechanisms by which vorticity is concentrated, present challenging problems to meteorologists. Vortex columns of different varieties and scales are of common occurrence in the atmosphere. Their scales range from cyclonic circulations thousands of miles in diameter, through hurricanes of

diameters 50-500 miles and tornadoes 100-200 yards wide to micro-scale vortices which may be regarded as elements of turbulent motions.

Although the essential mechanisms of our terrestrial cyclones have been understood for some time, we cannot yet claim to have a complete theory of their origin. For example, the mechanisms by which vortex columns of intermediate scale are created in the tropical oceans are as yet only incompletely understood. Hurricanes in the Atlantic, which are called typhoons in the western Pacific ocean, originate in the tropics and are formed in areas where there is an outbreak of shower clouds.

Previous theories of tropical cyclones have either attributed the circulation to convergence due to a local heat source or have simply assumed a warm core depression already to exist and become rotationally unstable. However, the chief problem recently became crystallized as follows: the low pressure in the centre of a hurricane causes the air moving inward to expand adiabatically and thereby lowers its temperature. This in turn causes an increase in the flux of heat from the warm ocean simply because the temperature difference between the sea and the air is greater there. The centre of the hurricane thus becomes a heat source. The well-known mechanism whereby the inward moving air produces hurricane force winds is relatively easy to explain but there yet remains an outstanding problem: How does the warm air vortex begin? In this article I shall discuss a theory suggested by Scorer (1965, 1966) which overcomes many of the earlier difficulties and provides a satisfactory answer to this question. I shall also give a subjective account¹ of my reappraisal of the mechanics of development and amplification of the hurricane vortex in the light of Scorer's new theory.

Instability theories of hurricane formation

It would be of interest to mention here the theories proposed by various meteorologists in the last two decades and point out their difficulties to explain satisfactorily the origin of a tropical cyclone. It will, however, be beyond the scope of this article to give a mathematical account of these theories. Further details of the works described here are given in the references quoted.

The present discussion will be confined mainly to changes in a physical system which occur during the development of tropical cyclones from the already existing incipient storms.

1. A more comprehensive mathematical treatment of the mechanics of tropical cyclone development is given in the author's report (1966) submitted to the United States Weather Bureau.

The changes in a physical system can be attributed to either driving forces external to the system and applied to its boundaries or some sort of instability process within the system itself. Since the changes due to external energy sources are slow, many meteorologists were tempted to ascribe the formation of hurricane to some type of fluid instability.

There are three types of instability which have so far been examined by the researchers in the field : gravitational or convectional instability (Haque, 1952 ; Lilly, 1960 and many others), barotropic or pure inertial instability (Sawyer 1947 and Alaka 1958) and baroclinic instability (Kleinschmidt 1951, Yanai 1961).

Since the main source of energy of the tropical cyclones is the latent heat of the rain from shower clouds, it was really tempting to attribute the formation of the large scale disturbances directly to convection in conditionally unstable air. But it was subsequently demonstrated by Kuo (1961) that pure convective instability gives rise to a disturbance whose dimensions and growth rate are those of cumulus convection. The convective instability, therefore, does not explain the mechanism of initiation and maintenance of the large scale circulation such as a tropical cyclone.

The concept of inertial instability is similar to the convective instability with gravity being replaced by centrifugal forces and the vertical gradient of equivalent potential temperature by the radial gradient of the angular momentum. However it has been shown by Yanai (*loc cit*) that this type of instability is too weak to play a major role in the formation of a tropical cyclone, and therefore, this is not a probable mechanism for such developments in the tropics.

Baroclinic instability involves, not only the tangential velocity distribution along the radial direction but also its vertical gradient as well as thermal stratification. Although the mathematical analysis shows that the baroclinic instability mechanism excites a disturbance whose scale and growth rate may under very special circumstances correspond to those of actual hurricanes, it is not known how the atmosphere develops its baroclinically unstable state. The theory of superposition, i.e. upper level anticyclone coming over an incipient low, has been invoked by Riehl (1954). One of the criticisms against baroclinic instability, which is the inertial instability along isentropes, is that in real tropical cyclones we do not find the slope of the isentropic surfaces so strongly inclined as demanded by the theory (Alaka 1963). Furthermore, the mathematical analysis and its interpretations given by Yanai had been questioned by Ooyama (1966) on theoretical grounds. The intensification of circulation in the whole system of the cyclone does not appear to be a direct consequence of baroclinic instability.

It may be emphasized that in most theories a pre-existing depression is assumed to start with and the growth of the depression is investigated after it

acquires circular symmetry and a warm core. It is indeed legitimate to ask : What are the factors responsible for the transformation of a cold core system ? Scorer (*loc cit*) provided an answer to this question by his new mechanism.

Scorer's theory : Scorer has overcome many of the above difficulties by suggesting a stirring mechanism by the random occurrence of strong local thermal convection currents. Scorer argued that the stirred fluid will tend to acquire zero vorticity or a uniformity of angular momentum per unit mass within the fluid so that, if the whole system were originally in a state of uniform rotation, the conservation of angular momentum would lead to the concentration of the vorticity near the centre of the system. The application of this mechanism to hurricanes has been given in detail in his papers (*loc cit*), but his mechanism will be described briefly in the following paragraph.

It is well known that shower clouds are places where large amounts of water vapour are condensed into liquid and so much latent heat is released and buoyancy created that the air in which the cloud is formed rises through the stable environment until it reaches a level where it is too stable for it to rise any further. There it spreads out horizontally very much as if it had come up against a solid ceiling. The most important such ceiling is the tropopause, above which lies the stratosphere where the air is always very stable. An anvil is defined as the mass of cloud spreading outwards horizontally above an up-current. Cumulonimbus anvils are well known, stratocumulus formed by the spreading out of cumulus, and the cloud system surrounding the warm sector of a cyclone share the same feature in that they spread out horizontally.

Horizontal spreading which occurs in anvils and warm sectors is a means of horizontal momentum exchange. Because of the vast scale on which it operates the effect is dominated by the earth's rotation, and it serves to reduce towards zero the absolute vorticity in the area affected by the transfer, producing concentration of vorticity either internally or near the boundary of the region. Scorer (*loc. cit.*) suggests that when a region of the atmosphere is stirred, a single large-scale vortex will tend to form in which the tangential velocity changes from solid rotation to constant circulation i.e. from $v = r \Omega$ to $v = \frac{k}{r}$; circulation is equal to Ωr^2 where Ω is the angular velocity of the air in solid rotation. This is probably the mechanism which initiates many cyclones, and it continues to be important after the cyclones have been formed.

If there is more thermal convection over a limited ocean area than over the adjoining region in the trade wind belt, and if this fairly deep layer of air remains together during the period when the mixing is taking place, the redistribution of angular momentum within the stirred part of the region will tend to produce an intense vortex without any recourse to convergence. The vorticity of a region, which was initially uniformly distributed, will be concentrated into

patches, and these patches would move each other about so that greater concentrations were produced. The concentration of vorticity will set the air of the troposphere into more rapid rotation and the centrifugal forces will cause a horizontal outward movement. Consequently the tropopause would be made to descend a little in the centre and some tropospheric air replaced by warmer air of the stratosphere which is sucked down. This would produce the lower pressure in the centre, which in turn lowers the air temperature and increases the heat flux from the sea. In short, the forced stirring of a stably stratified static atmosphere by thermal convection, preferably with rain, will produce a baroclinic vortex with its heat source in the centre. This mechanism not only offers a new explanation of the origin of hurricane type vortices but also solves one of the outstanding problems in tropical meteorology, viz. the transformation of a cold core system into a warm core system. The factors responsible for the transformation of the patch of troposphere, in which the showers and cloud anvils are operating and which is slightly colder than the air surrounding it, are not well-explained in any of the old theories, although it is known that once the transformation has taken place the depression is likely to amplify.

When the tropopause takes the shape of the surface of the bath-tub vortex, a steady motion like that in a hurricane could become established and the mechanism of the development of the vortex to a mature hurricane is explained in the following Sections by invoking the effects of friction and released heat of condensation which are essential factors in the dynamics of tropical cyclones.

Effects of stirring the atmosphere by cumulus convection

The chief effect of the stirring by cumulus convection is to produce a lapse rate very slightly in excess of the wet adiabatic. Thermal convection is, however, not a good eddy-transporter of the horizontal momentum: the vortex lines produced by buoyancy forces are horizontal and are therefore not stretched by wind shear; they therefore do not provide appreciable Reynolds stresses (Scorer 1962, Hall 1962). Consequently, throughout the cyclone we have an approximately uniform lapse rate of temperature above a more or less uniform sea temperature. But since there is a strong radial pressure gradient there is a strong radial temperature gradient along isobaric surfaces, and the wind shear is then determined by the thermal wind equation (5 below)

$$-\frac{\partial \alpha}{\partial r} = 2 \Omega \frac{\partial v}{\partial p}.$$

The decrease in central pressure increases the baroclinity by increasing the warming in the centre and this produces further development in the manner described by Sutcliffe (1947). The flux of water vapour from the sea is auto-

matically increased with the increased convective activity produced by the development. It is therefore not necessary to consider the mechanism of transport of sensible and latent heat in any detail for they merely serve to produce the approximately wet adiabatic lapse rate.

The eddy transfer of momentum

We are dealing with two physically distinct turbulence phenomena : with simple preponderance of mechanical turbulence in the shallow boundary layer, and with the thermal turbulence produced by the operation of buoyancy forces in clouds higher up. In a conditionally unstable atmosphere buoyant convection is maintained by a continued supply of water vapour from below. At the same time the upward removal of water vapour by the convection above maintains a large gradient through the friction layer and ensures a large flux of moisture and therefore of latent heat from the ocean.

Buoyancy forces produce eddies which are incapable of transferring momentum vertically but they begin to do so when the vortex lines are tilted from the horizontal by the ascent of thermals through wind shear (i.e. in a thermal wind) (Scorer 1962). Even then the buoyancy-produced turbulence is many times more efficient in transferring heat than momentum (Hall loc cit). The effects of the mechanically produced turbulence may be described with the aid of an exchange coefficient, which must therefore vary along the vertical. With a representation of the exchange coefficient at each point in the system we are in a position to determine the vertical transfer of horizontal momentum from its vertical gradient. In the present analysis we have not taken this coefficient to be constant : actually it depends on the mean velocity distribution, the stability and the height above the surface ; and the strong vertical gradient of the stirring motion demands a coefficient of the form

$$K = K_0 \frac{(p_T - p)^2}{p_T - p_0} \quad (1)$$

where K_0 is its value in the boundary layer near the surface and p_T , p_0 are the pressures at the top and bottom of the 'stirred' layer. The representation (in equation 1) makes allowance for the decrease of turbulent transfer with height which is more in accordance with reality than assuming it to be constant. The discussion of the effect of friction by Charney et al (1964), Kuo (1965) and Ooyama (1964) is limited to the conditions in the Ekman layer near the surface.

As has been mentioned before, it will not be necessary to use a transfer coefficient for heat in order to obtain an estimate of the latent heat released

because this is made from the effective static stability and vertical velocity, and the sensible heat transfer is negligible by comparison.

The gradient balance assumed in our model does not involve friction of any type, and the upper limit of the planetary boundary layer may be regarded as the level at which the motion conforms to the Eulerian equations of an inviscid fluid. The ultimate vanishing of K is a consequence of the disappearance of the turbulent stresses at the gradient wind level. The peculiar variation of K is a mathematical representation of relatively shallow surface layer in which the stresses are large, and above which the stresses decrease rapidly in a manner similar to the transition layer of Rossby and Montgomery (1935). This particular form will be seen to relate the sink of angular momentum to the heat source in a very simple manner.

The meridional circulation in an axisymmetric cyclone vortex

Since we are interested in large scale motions where the vertical dimension is very small compared with the horizontal dimensions of the hurricane, the use of the pressure as a vertical coordinate is justified. The pressure forces are then represented by the gradients of the geopotential $\phi = gz$ of the isobaric surfaces and the vertical velocity is represented as $\omega = \frac{dp}{dt}$.

The equation expressing the balance of forces in a circular vortex is

$$\frac{\partial \phi}{\partial r} = \frac{C^2}{r^3} - \frac{f^2 r}{4} \quad (2)$$

where f is the coriolis parameter and $2\pi C$ is the absolute circulation round a circular streamline. For ordinary rotating systems the term $\frac{f^2 r}{4}$ will be absent but for a coordinate system moving with the earth this term with negative sign will be present in equation 2.

$$\text{Now } C = vr + \frac{fr^2}{2} \quad (3)$$

is the absolute angular momentum of unit mass, where v is the tangential velocity and r the distance from the centre of the vortex.

The hydrostatic equation may be written as

$$\frac{\partial \phi}{\partial p} = -\alpha = -\sigma(p) \theta \quad (4)$$

where
$$\theta = T \left(\frac{p_0}{p} \right)^{R/C_p}$$

is the potential temperature,

and
$$\sigma(p) = \frac{R}{p_0} \left(\frac{p_0}{p} \right)^{C_v/C_p} \quad \text{with } p_0 = 1000 \text{ mb.}$$

expresses the equation of state.

R is the gas constant, T , the temperature, α , the specific volume, C_v , C_p the specific heats at constant volume and at constant pressure.

Eliminating ϕ between equations (2) and (4) we obtain the thermal wind equation

$$\frac{1}{r^3} \frac{\partial C^2}{\partial p} = - \sigma(p) \frac{\partial \theta}{\partial r} = - \frac{\partial \alpha}{\partial r} \quad (5)$$

Let us assume that there is eddy friction, both internally and at the boundary and that there is an internal heat source in the vortex. Assuming the release of heat by condensation in cumulus clouds to be axisymmetric, the vortex will remain axisymmetric at all times in spite of disturbing forces acting on it. The air as a whole is statically stable but cumulus clouds release heat and produce some internal eddy friction. This is discussed further in Section 7 below.

We assume that the motion of the vortex is nearly balanced at all times. This assumption is justified if we consider the heat released in individual clouds to be introduced into the system by a slow process. According to Dunn (1960), deepening of a hurricane can be a slow process occupying several days, and we may consider any deviation in the tangential component of the velocity to be small compared with its almost steady values.

We neglect lateral friction, as being unimportant at this stage of cyclone development. In any case it would be overwhelmed by the vorticity redistribution mechanism envisaged by Scorer, but even that probably becomes unimportant when baroclinity is fully established. The tangential equation may, then, be written as

$$\frac{DC}{dt} = - r \frac{\partial \tau}{\partial p} \quad (6)$$

where τ is the tangential eddy stress and

$$\frac{\partial \tau}{\partial p} > 0.$$

Similarly the thermodynamic energy equation may be written as

$$\frac{\partial \log \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \log \theta}{\partial r} + \omega \frac{\partial \log \theta}{\partial p} = \frac{Q}{C_p T} \tag{7}$$

or alternatively

$$\sigma(p) \left(\frac{\partial \theta}{\partial t} + u \frac{\partial \theta}{\partial r} + \omega \frac{\partial \theta}{\partial p} \right) = \frac{QR}{C_p p} \tag{8}$$

where Q is the heating rate per unit mass. u is the radial component of velocity and ω is the individual rate of change of pressure.

Defining

$$\left. \begin{aligned} -\sigma(p) \frac{\partial \theta}{\partial p} &= S > 0 \quad \text{represents the static stability,} \\ -\sigma(p) \frac{\partial \theta}{\partial r} &= \frac{1}{r^3} \frac{\partial C^2}{\partial p} = B > 0 \quad \text{represents the baroclinity,} \\ \frac{1}{r^3} \frac{\partial C^2}{\partial r} &= 2\Omega (\zeta + f) > 0 \quad \text{represents the centrifugal stability,} \\ 2\Omega &= \frac{2v}{r} + f \quad \text{is twice the angular velocity in space of the air} \\ &\quad \text{about the axis of the vortex,} \\ \frac{1}{r} \frac{\partial C}{\partial r} &= \zeta + f \quad \text{is the absolute vorticity,} \end{aligned} \right\} \tag{9}$$

and

$$\frac{1}{r} \frac{\partial C}{\partial p} = \frac{B}{2\Omega}.$$

The equation of continuity

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ru) + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$$

is satisfied by

$$\mathbf{u} = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial p}, \quad \omega = - \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} \quad (10)$$

where ψ is the stream function of the meridional motion in the r - p plane.

Using the specifications in equations (9) and (10) we obtain the following equation for the meridional circulation in a cyclone vortex.

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{S}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} - \frac{B}{r} \frac{\partial \psi}{\partial p} \right) + \frac{\partial}{\partial p} \left(- \frac{B}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{2\Omega (\zeta + f)}{r} \frac{\partial \psi}{\partial p} \right) \\ = \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{QR}{pC_p} \right) - \frac{\partial}{\partial p} \left(\frac{2C}{r^2} \frac{\partial \tau}{\partial p} \right). \quad (11) \end{aligned}$$

This equation has also been employed by Eliassen (1952) in his discussion of the general circulation of the atmosphere.

If the vortex is assumed to be stable with respect to meridional overturning, we get from the theory of the stability of the baroclinic vortex (Eliassen loc cit)

$$\delta^2 \equiv S^2 \Omega (\zeta + f) - B^2 > 0$$

or,
$$\delta^2 \equiv S^2 \Omega (\zeta + f) - \sigma^2(p) \left(\frac{\partial \theta}{\partial \tau} \right)^2 > 0. \quad (12)$$

This means that equation (11) is of the elliptic type and the solution is uniquely determined by the boundary condition

$$\psi = 0 \quad \text{where} \quad r = 0, \quad a, \quad \text{all } p$$

and
$$p = p_t, \quad p_0, \quad \text{all } r$$

where p_t and p_0 are the tropopause and surface pressure.

$r = a$ is the outer boundary of the hurricane and the way in which this is specified is discussed later.

Since the release of latent heat is attributed to small scale cumulus convection, the mean stratification will be permanently stable and the condition (12)

requires that $2 \Omega (\zeta + f) > 0$ and $\frac{\partial \theta}{\partial r}$ be less than a limiting value, corresponding to dynamic and baroclinic stability.

This means that the rate of development could be computed from the rate of release of heat and the magnitude of the friction. We shall not be concerned with such numerical integration in this paper : instead we shall draw some conclusions regarding the general character of the solution as the stability parameter δ of the vortex tends to zero. This represents a tendency for the growth and development of the vortex by the meridional component of motion, which is characteristic of a growing hurricane.

Released heat of condensation in individual clouds

The conditionally unstable air in which hurricanes originate is moist and warm but unsaturated. Such an atmosphere is more favourable for the growth of small scale overturning which produces cumulus than for large scale overturning. However, the saturated motion is confined to cloud towers in which the stratification is unstable. Since the mean humidity of the air in the system is less than the saturated value, the large-scale unsaturated motion is gravitationally stable although the air is unstable for cumulus convection. The convection thus has the same effect as if the heat were added by a slow process throughout the medium ; but with S still having the same value. As long as $S > 0$, the result which we shall derive will not be changed qualitatively. The atmosphere as a whole is statically stable for cyclone scale motion but unstable for cumulus clouds. The mechanism was illustrated by Smith (1955) who showed how heating by convection in clouds could produce a system of dispersing gravity waves in the stably stratified air as a whole. The heating may be considered simply as a means of modifying the stratification through upward transport of heat and water vapour by clouds. Any original conditionally unstable stratification will tend to become neutral with respect to moist adiabatic ascents as cumulus convection proceeds and there will be an overall increase of the baroclinity due to the horizontal temperature gradient along the isobaric surfaces produced by the low pressure in the vortex.

The supply of water vapour in tropical storms is controlled by the converging low level mean flow and the intensity of the cumulus convective motions increase inward (if $v \propto r^{-\alpha}$, $w \propto r^{-2\alpha-1}$, $\alpha \doteq 0.6$), resulting in an inward increase of heating effect and consequent establishment of a radial temperature gradient. The effect of cumulus convection is included indirectly by eliminating the explicit presence of clouds from the equations for the mean quantities but taking their net effect on the system by relating the sources of heat to the sink of angular momentum in the boundary layer and at the same time assuming a quasi-steady state of the large-scale motion (see 8 below).

The effect of frictional forces

In equation (11) the term

$$-\frac{\partial}{\partial p} \left(\frac{2C}{r^2} \frac{\partial \tau}{\partial p} \right)$$

is also a possible cause of development, like the term in Q. The frictional stresses are poorly known quantities but we know that $-\frac{2C}{r^2} \frac{\partial \tau}{\partial p}$ varies in the direction parallel to the axis. Since the frictional dissipation decreases upward and the angular momentum is approximately conserved at higher levels, $\frac{\partial}{\partial p} \left(-\frac{2C}{r^2} \frac{\partial \tau}{\partial p} \right)$ is negative. For simplicity we assume that the variation of v with height is small so that $\frac{\partial^2 V}{\partial p^2}$, $\left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)^2 \approx 0$ is a reasonable first approximation. Then using the relations in (1), (5) and (9) we have

$$-\frac{\partial}{\partial p} \left(\frac{2C}{r^2} \frac{\partial \tau}{\partial p} \right) = -\frac{2K_0}{(p_r - p_0)^2} \cdot 2\Omega \frac{\partial v}{\partial p} = \frac{2K_0}{(p_r - p_0)^2} \frac{\partial \alpha}{\partial r} = -\frac{2K_0}{(p_r - p_0)^2} B \quad (13)$$

Thus the sink of angular momentum in the lower part of the vortex is related to source of heat by equation (5) which is only strictly true for frictionless flow : but when the meridional flow is small compared with the rotation around the axis the gradient wind version of the thermal wind equation is a good enough relationship between the gradients of vertical velocity and horizontal temperature.

The relationship (13) will be significantly in error only when the motion is developing or dying away rapidly : in the quasi-steady state it is certainly as reliable as any estimate of K_0 and in a quasi-steady state the effect of friction will be proportional to B . In a very unsteady state the whole model becomes rather unreliable if only because the vorticity concentration mechanism described by Scorer may be important.

The solution of the equation (11) satisfying the boundary conditions can be obtained in the following form :

$$\psi = MF \left(r, S \frac{\eta}{\delta} \right), \quad M = -\frac{2K_0}{(P_r - P_0)^2} \cdot \frac{B}{S} \quad (14)$$

and to the lowest order we must have

$$\psi = \frac{K_0 B S}{2(P_\tau - P_0)^2} (\eta - \eta_0) (\eta_\tau - \eta) G(r)$$

where $\eta = \text{constant}$ are lines of constant entropy, η_0 and η_τ their values corresponding to pressure values p_0 and p_τ of the stirred layer. The details of $G(r)$, which are not required to draw the conclusions, are given in the author's report (1966) submitted to U.S. Weather Bureau.

The solution shows that the intensity of the meridional circulation is :

1. Directly proportional to K_0 , i.e., to the surface stress which produces frictional convergence in the moist boundary layer, it also serves to supply latent heat to the system. In a steady state the surface friction may dissipate kinetic energy to the extent of the rate of working of the surface stress but at the same time produce frictional convergence with the consequent release of latent heat. The convergence allows the buoyancy forces produced by the heating to do work equal to the dissipation.

2. Directly proportional to B ; the greater the baroclinity, the greater the meridional circulation.

3. The intensity is also inversely proportional to δ^2 , the rotational stability parameter of the vortex, where $\delta^2 =$ the product of measure of static stability and that of baroclinic stability. In other words, we may say that the circulation grows as the centrifugal stability along an isentrope decreases. As Scorer (1965) has shown, the cumulus convection tends at the same time, by another mechanism, to reduce this type of stability.

The mechanism of hurricane growth

Equation (14) for the meridional component of the motion was obtained on the assumption that it was steady, and the vortex stable. If any of the parameters is changed the motion will adjust itself towards a new steady state in which the hurricane is more or less intense than before. For example if B is decreased by a cutting off of the heat supply when the hurricane goes over land, the intensity rapidly decreases.

The growth of cyclones has formerly been attributed to baroclinic and rotational instabilities (Kleinschmidt (*loc. cit.*)). In such theories, the quantity

$$\delta^2 = 2 \Omega (\zeta + f) S - B^2$$

is imagined to become negative and differential equation (11) will not be valid. Hubert (private communication) calculated the terms for δ^2 and

verified the baroclinic stability criteria in this model. Following is the basis on which he verified the stability of the hurricane vortex. Two typical hurricanes were represented at 15° latitude; one with 65 Knot maximum wind, the second with a 120 Knot maximum wind. He concluded that all zones of both storms were baroclinically stable as required in this investigation. The intensification of circulation in the whole system, therefore, does not appear to be a direct consequence of baroclinic instability within a relatively small part of the vortex. If a cyclone already exists, according to the present theory, its intensity will increase if the magnitude of δ^2 is decreased even though it remains positive. Thus an increase in the heat source increases B^2 and the meridional circulation increases and the rate of production of kinetic energy is also increased and so the circulation equilibrium is reached; but it should also be noted that the increase in circulation lowers the central pressure and therefore causes a further increase in the heat source.

Conclusion

In this paper we assume a vortex to have been created by thermal convection in the manner described by Scorer. The effects of clouds and turbulent momentum transfer are given a more realistic mathematical representation, and, by assuming a quasi-steady state, the vertical variation of the effect of friction is related to baroclinity i.e. to the heat source responsible for the existence of the solenoidal field. The meridional circulation is computed by assuming it to be a small motion superposed on the rotation, and it is shown that the cyclone can develop steadily rather than exponentially. The development is directly proportional to (i) the momentum exchange coefficient, K_0 , in the lower layer where the mechanical turbulence predominates and the shearing stress does not vary much with height and (ii) to the degree of baroclinity, the increase of which reduces the stability of the vortex maintaining the circulation equilibrium at all stages of the development.

The term forcing the motion is deduced by relating the vertical variation of the frictional effect (sink of angular momentum) to baroclinity (source of heat). The forced motion is a direct circulation whereby kinetic energy of wind is generated; at the same time the fall of the central pressure due to increased circulation further increases the heat source thus restoring the potential energy. The process is cyclic, self maintaining and self amplifying. The development of the vortex is related to the values of the parameters representing its structure.

Acknowledgements : The author has had the opportunity to discuss the origin of Hurricanes with Professor R. S. Scorer, and wishes to thank him for his encouragement and many inspiring discussions without which this study would not have been undertaken.

References

- ALAKA, M. A., 1958. Dynamics of upper-air outflow in incipient hurricanes. *Geophysica*, **6**, 133-146.
- ALAKA, M. A., 1963. Instability aspects of hurricane genesis. *Rep. natn. Hurricane Res. Proj.*, 64.
- CHARNEY, J. G., and A. ELIASSEN, 1964. On the growth of the hurricane depression. *J. atmos. Sci.*, **21**, 68-75.
- DUNN, G. E., 1960. Atlantic Hurricanes, p. 32.
- ELIASSEN, A., 1952. Slow thermally or frictionally controlled meridional circulation in a circular vortex. *Astrophys. norv.*, **5** (2), 19-60.
- HAAQUE, S. M. A., 1952. The initiation of cyclonic circulation in a vertically unstable stagnant air mass. *Q. J. R. met. Soc.*, **78**, 394-406.
- HALL, W. S., 1962. The rise of an isolated thermal in wind shear. *Q. J. R. met. Soc.*, **88**, 394.
- KLEINSCHMIDT, E., 1951. Grundlagen einer Theorie der tropischen Zykklonen. *Arch. Met. Geophys. Bioklim. A*, **4**, 53-72.
- KUO, H. L., 1961. Convection in conditionally unstable atmosphere *Tellus*, **13**, 441-459.
- KUO, H. L., 1965. On the formation and intensification of tropical cyclones through latent heat release by cumulus convection. *J. atmos. Sci.*, **22**, 40-63.
- LILLY, D. K., 1960. On the theory of disturbances in a conditionally unstable atmosphere. *Mon. Weath. Rev.*, **88**, 1-17.
- OYAMA, K., 1964. A dynamical model for the study of tropical cyclone development. *Geofis. inter.*, Mexico, **4** (4), 187-198.
- OYAMA, K., 1966. On the stability of the Baroclinic circular vortex : a sufficient criterion for instability. *J. atmos. Sci.*, **23**, 43-53.
- RIEHL, H., 1954. Tropical meteorology. New York, McGraw-Hill Book Co., 392 pp.
- ROSSBY, C. G., and R. B. Montgomery, 1935. *Pap. phys. Oceanogr. Met.*, Mass. Inst. Technol. and Woods Hole Oceanogr. Inst., **3**, No. 3.
- SCORER, R. S., 1966. Origin of cyclones. *Sci. J.*, **2**, (3, March) 46-52.
- SCOBBER, R. S., 1965. Vorticity in Nature. *Rep. Imp. Coll. Sci. Technol. (Dept. of Maths.)*, Lond., 1 & 11.
- SCORER, R. S., 1962. Effects of thermal convection on the transfer mechanisms in the atmosphere. *Int. J. Air Wat. Pollut.*, Pergamon Press, **6**.
- SAWYER, J. S., 1947. Notes on the theory of tropical cyclones. *Q. J. R. met. Soc.*, **73**, 101-126.
- SUTCLIFFE, R. C., 1947. A contribution to the problem of development. *Q. J. R. met. Soc.*, **73**.
- SMITH, R. C., 1955. Theory of airflow over a heated land mass. *Q. J. R. met. Soc.*, **81**, 382-395.
- YANAI, M., 1961. Dynamic aspects of typhoon formation. *J. met. Soc. Japan*, Ser. 11, **39**, 282-309.



RÉGIME DES VENTS À GRANDE-RIVIÈRE (BAIE DES CHALEURS) ¹

F.-ROBERT BOUDREAU

Station de Biologie marine, Grande-Rivière, Gaspé-sud, Québec

Résumé

A partir des moyennes horaires établies d'après les lectures d'un anémomètre M.S.C. utilisé pendant la période décembre 1955-décembre 1965, l'auteur présente les roses saisonnières et annuelles de fréquence et de vitesse du vent à Grande-Rivière.

Abstract

Hourly mean values taken from the standard M.S.C. recording anemometer for the period December 1955-December 1965 have been analysed for mean seasonal and annual directional frequencies and wind speed.

Introduction

La présente étude vise à faire connaître les caractéristiques saisonnières du régime des vents à Grande-Rivière.

C'est à partir des données recueillies au moyen d'un anémomètre enregistreur installé à la Station de Biologie marine de Grande-Rivière et appartenant à la division météorologique du ministère des Transports que l'analyse a été faite.

Les données utilisées couvrent la période qui va de décembre 1955 à décembre 1965.

Variations saisonnières

Le quotient du nombre d'heures pendant lesquelles le vent a soufflé d'une direction donnée par le nombre total d'heures d'observation permet d'établir, pour chaque saison, la rose de fréquence des vents (fig. 1).

En hiver, l'importance des vents d'ouest, du nord-ouest et du nord (70%) est évidente. Au printemps, bien que cette prépondérance soit maintenue, la

1. Travaux sur les Pêcheries du Québec n° 29, Direction des Pêcheries, Ministère de l'Industrie et du Commerce du Québec.

fréquence associée à ces directions diminue au profit des vents d'est (6% en hiver contre 13% au printemps).

Cette même évolution se poursuit jusqu'en été alors que les vents d'est (17%) deviennent tout aussi fréquents que les vents d'ouest (18%). Les vents du sud-ouest, comme ceux d'est, sont plus fréquents en été (13%) qu'en hiver (5%).

L'automne indique déjà un retour à la situation hivernale avec une fréquence des vents d'est (8%) plus faible qu'en été. De plus, les vents du nord-ouest reprennent leur importance (26%) par rapport à l'été (14%).

Ces variations saisonnières de fréquence des vents s'inscrivent dans le schéma de la circulation atmosphérique générale du nord-est du continent nord-américain : incursion dans le sud de masses d'air arctiques et déplacement vers le nord, le long de la côte atlantique, de nombreuses perturbations atmosphériques (Boughner et Thomas, 1960).

Les roses saisonnières de vitesse (parcours total du vent enregistré en milles pour une direction donnée, divisé par le nombre d'heures de vent dans cette même direction) indique qu'en moyenne, les vitesses sont pratiquement indépendantes de la direction (fig. 2).

En général, il existe une forte corrélation positive entre la fréquence et la vitesse des vents, pour une direction donnée. A Grande-Rivière c'est le cas pour les vents d'ouest, du nord-ouest, du nord et du nord-est. Par contre, les vents d'est augmentent de vitesse à mesure que diminue leur fréquence (corrélation négative), particulièrement lors des transitions hiver-printemps et été-automne. Durant ces périodes transitoires, les vents du sud-est, du sud et du sud-ouest donnent également une corrélation négative.

Ceci s'explique par le passage rapide de systèmes de basse pression qui donnent lieu à de fortes vitesses de brève durée.

Citons, comme exemple, l'analyse de Matheson (1967) sur les types de circulation atmosphérique rencontrés au cours des hivers 1961 et 1965 au-dessus du golfe Saint-Laurent. Il en ressort que l'écoulement de type III (vents du sud et sud-est) est moins fréquent (ibid., fig. 3. 2), de plus courte durée (ibid., fig. 3.5) et de vitesse plus grande (ibid., fig. 2.2 et 2.4 ; comparer l'espacement des isobares) que l'écoulement de type I (vents du nord-ouest).

Moyennes annuelles

Les roses annuelles de fréquence (fig. 3a) et de parcours quotidien (fig. 3b) confirment, à nouveau, l'importance des vents du nord-ouest tandis que les

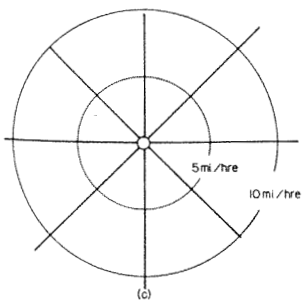
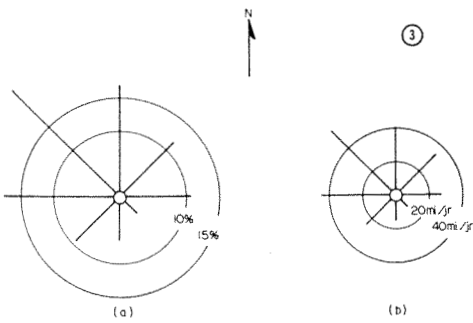
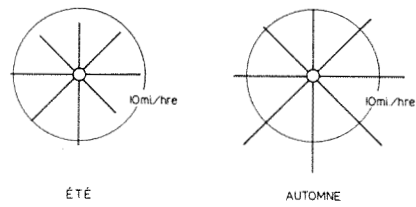
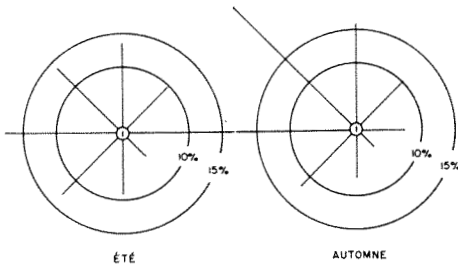
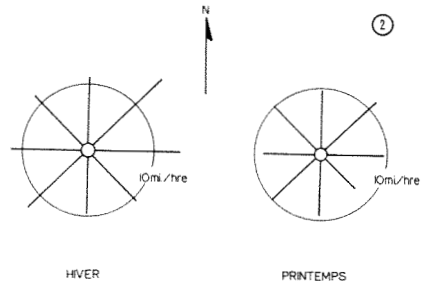
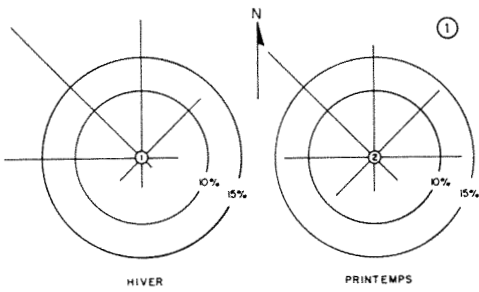


FIGURE 1. Roses saisonnières de fréquence des vents à Grande-Rivière.

FIGURE 2. Roses saisonnières de la vitesse moyenne des vents à Grande-Rivière.

FIGURE 3. Roses annuelles a) de fréquence, b) de parcours quotidien et c) de vitesse moyenne à Grande-Rivière.

vitesse moyennes (fig. 3c) demeurent indépendantes de la direction. Ces roses correspondent bien à celles publiées par Thomas (1953).

Notons que les conditions océanographiques locales traduisent certaines particularités du régime des vents. Par exemple, en hiver, la concentration des glaces près du littoral de Grande-Rivière est plus faible par vents du nord-ouest que par vents d'est ou de nord-est (ex. Anonyme, 1966). En été, l'abaissement brusque de la température des eaux superficielles de Grande-Rivière est relié à la présence de vents d'ouest (ex. Boudreault, 1966 ; 1967).

Références

- ANONYME, 1966. Ice summary and analysis. 1965. Eastern Canadian Seaboard. Canada, Dept. of Transport, Met. Branch, pp. 1-47.
- BOUDREAUULT, F.-R., 1966. Température de surface des eaux de Grande-Rivière en 1965. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1965, pp. 31-34.
- BOUDREAUULT, F.-R., 1967. Température des eaux superficielles de Grande-Rivière en 1966. *Rapp. ann. Sta. Biol. mar. Grande-Rivière*, 1966, pp. 31-33.
- BOUGHNER, C.C. and M.K. THOMAS, 1960. The climate of Canada. The Canada Year Book 1959 and 1960. Ottawa, pp. 1-74.
- MATHESON, K.M., 1967. The meteorological effect on ice in the Gulf of St. Lawrence. *Publ. Meteor. McGill Univ.*, no. 89, pp. 1-110.
- THOMAS, M.K. 1953. Climatological atlas of Canada. Canada, Dept. of Transport, N.R.C. no. 3151, D.B.R. no. 41, pp. 1-253.

THUNDER — A SURVEY

BHARTENDU

*Meteorological Branch Department of Transport
315 Bloor Street West, Toronto 5, Ontario.*

Abstract

The paper reviews theories, audibility characteristics, recordings and nature of pressure variations and the spectrum of thunder. The normal audibility range of thunder is 25 km. The thunder from nearby lightning flashes starts with a maximum pressure variation while that from a distant flash gradually builds up to a maximum. The initial wave of the first peal of thunder is compressional. The spectrum of thunder shows that significant energy is in the infrasonic and sonic frequencies and the normal audible frequencies in thunder are less than about 150 hz. A brief discussion of sound ranging of thunder is presented.

Résumé

Cette étude est une revue des théories sur le tonnerre, sur son spectre de fréquence, sur les caractéristiques qui influencent son audibilité et sur l'enregistrement et la nature des variations de pression qui l'accompagnent. La limite d'audibilité du tonnerre est généralement de 25 km. Le tonnerre qui provient d'éclairs à courte distance débute par une variation maximale de pression, alors qu'avec le tonnerre qui provient d'un éclair lointain, l'amplitude de cette variation augmente graduellement vers un maximum. L'onde initiale du premier grondement du tonnerre est une onde de compression. L'analyse spectrale du tonnerre révèle que les fréquences subsoniques et soniques contiennent une partie importante de l'énergie et que les fréquences audibles du tonnerre sont en général de moins de 150 hz environ. L'auteur présente aussi un bref exposé sur la portée des sons du tonnerre.

Introduction

Thunderbolts are one of the most impressive natural phenomena known to man since time immemorial. Early man considered lightning and thunder to be divine instruments. With the general advancement of knowledge, man began to look at these phenomena from a scientific point of view.

Thunder is the sound produced by a lightning discharge. Definitions of thunder, with which this paper concerns itself, generally include a presumption

to its cause. As the ideas of the cause of thunder have changed, so have the definitions. Several terms like *peal*, *clap*, and *rumble* have been used inconsistently in the literature to describe thunder. Bhartendu (1964, 1968) has defined these terms as follows: a peal is a sudden loud sound which repeats itself and, in general, lasts a long time ; a clap is a sudden isolated sound which lasts for a short duration; a rumble is a weak sound or murmur which persists over a considerable period of time. This paper uses these terms with these meanings.

The questions that have aroused interest are : What is the cause of thunder ? How far can thunder be heard ? What is the spectrum of thunder and the nature of pressure variations associated with thunder ? Where does thunder come from and can thunder be used to give information about lightning ? This paper discusses these questions and attempts to answer them from the resources available at the present time.

Cause of thunder

The non-scientific literature on thunder is extensive, going back into the written records of early civilizations. To the ancient Egyptians, the god Typhon(Seth) hurled the thunderbolt ; to the early Greeks and Romans, a lightning flash was one of the chief indications of the displeasure of the father of gods (Zeus for the Greeks and Jove or Jupiter for Romans). The people of India in vedic times were attracted to it with a feeling of awe, as is evident from many verses of Rig-Veda. Indra, supreme God in India Mythology, used the thunderbolt (vajra) to annihilate the immorals. All the great religions of the world view the thunderbolt as radiating theism. In our times, United States of America has adopted for its one dollar bill the eagle emblem of Jove with lightning flashes clasped in one of its talons.

The first theory which may be considered to have scientific implications was proposed by the Greek philosopher Anaximander (611 BC-547 BC) who explained that the movement of air caused thunder. A different theory was advanced by Anaxagores (500 BC-427 BC) who considered that the atmosphere was composed of a flaming hot substance called aether. The aether descended into the lower atmosphere and some of it got caught in the clouds and burned in the atmosphere with a fiery glow which was lightning. As the clouds contained moisture, the fire was instantly extinguished, causing a loud sputtering noise which was thunder. Aristotle (384 BC-322 BC), in his famous treatise *Meteorologica*, the first comprehensive work on meteorology, wrote that thunder was due to forcible ejection of the dry exhalation trapped in the clouds in the process of condensation. The ejected exhalation usually caught fire and hence produced lightning. Thus Aristotle maintained that lightning occurred after thunder. About two centuries later, Lucretius proposed many

causes of thunder like clashing of clouds, bursting of the cloud by the wind, breaking of rain waves in the clouds, burning of the clouds by the lightning, or crashing of ice and hail in the clouds, etc. The latter philosophers remained convinced that the mysteries of thunder were solved until Descartes in 1637 suggested that thunder was due to the higher clouds descending into the lower, and that the loudness of sound came from the resonance of the air. Even the famous American scientist Benjamin Franklin believed (Remillard, 1960) that thunder was caused by the colliding of clouds. Detailed accounts of early theories of thunder have been published by Remillard (1960) and Frisinger (1965).

In the nineteenth century, the *Vacuum Theory* was the prevalent explanation of thunder. According to this theory, lightning produced a vacuum where it passed and the noise was a consequence of the re-entry of the air. Mershon (1870) in the late nineteenth century doubted this theory and instead advanced the *electrolysis theory*. He explained that the electricity in passing from one cloud to another or to the earth decomposed the water in the cloud into its component gases and the great heat of the electricity ignited and exploded the gases and reformed them into water. A series of notes for and against this theory appeared in the literature and reference may be made to Remillard (1960) and Bhartendu (1964) for discussion. Another theory, called the *steam theory*, was advanced by Reynold (1903) who suggested that the discharge caused suspended moisture in its path to change into steam at enormous pressures, and its effect was a violent detonation or blow upon the surrounding air.

Hirn (1888) was the first to present a theory which resembles the modern viewpoint. He asserted that the thunder was due to the fact that the air traversed by a flash of lightning was suddenly raised to a very high temperature and had its volume considerably increased. The column of this gas thus suddenly heated and expanded was sometimes several miles long, and as the duration of the flash was not even a millionth of a second, it followed that the noise bursted forth at once from the whole column, though for an observer in any place it commenced where the lightning was at the least distance.

The current definition (Glossary of Meteorology, Huschke, 1959) of thunder is that it is the sound emitted by rapidly expanding gases along the channel of a lightning discharge. The cause (or causes) of thunder is not yet completely understood, and hence a final definition of thunder remains still unborn.

Audibility of thunder

The acoustic waves from large atmospheric nuclear explosions travel around the globe and have been observed by many scientists (for example,

Yamamoto, 1957 ; Donn and Ewing, 1962 ; Bhartendu and Currie, 1964, among others). The sound waves from artificial explosions over hundreds of kilometers have also been detected (Gutenberg, 1951 ; Reinelt, 1964 ; Bhartendu and McCrory, 1966). On the other hand, though distances as great as 100-120 km have been reported (Veenema, 1920 ; Breton, 1928 ; Taljaard, 1952), the normal distance to which thunder can be heard is seldom greater than about 25 km (Humphreys, 1940 ; Albright, 1947 ; Bhartendu, 1964). A 16-inch gun liberates about 7×10^9 joules of energy and is audible for about 48 km., while the energy liberated in a lightning stroke is about 10^{10} joules and is heard only at distances of about 25 km. The smaller range of audibility of thunder in comparison with the sound wave produced from artificial explosion arises mainly because the source of sound and the medium of sound propagation are appreciably different in the two cases.

In the case of an artificial explosion, sound starts from the same place and the energy is concentrated. In the case of thunder, on the other hand, it is stretched out over the entire length of the lightning flash, and the energy is diffused through an extensive volume. This difference in concentration is likely to limit the audibility of thunder.

The medium, air, through which sound travels has a great influence on the audibility. The sound from an explosion is heard farthest when the air is still and there are temperature inversions. On the other hand, sound is heard to the least distance when the atmosphere is irregular with respect to temperature and moisture distribution (Humphreys, 1940). The most common factors which affect the propagation of sound waves are temperature and wind. Fleagle (1949) has shown that the trajectory of sound originating at a height z in a cloud to ground flash is a parabola and is given by

$$\chi = 2 \left(\frac{T}{\alpha} z \right)^{1/2}$$

where χ is the observer's distance from the channel, T is the ground temperature and α is the lapse rate (temperature gradient). For an average lapse rate of 7.5°C per km, $T = 300^\circ\text{K}$ and $z = 4$ km, the maximum range of audibility is 25 km.

It can also be shown (Fleagle, 1949) that the path of a sound originating at a height z in a cloud to ground flash and propagating in an isothermal atmosphere with wind shear β is a parabola given by

$$\chi = 2 \left(\frac{C}{2\beta} z \right)^{1/2}$$

where χ is the observing distance and C is the speed of sound.

From these two expressions, it is clear that if $\frac{4T}{\alpha}$ is equal to $\frac{2C}{\beta}$, the two paths will be identical. For $T = 300^\circ\text{K}$ and $C = 330 \text{ m/sec}$ the paths of the sound rays are identical when $\frac{\beta}{\alpha} = 0.55 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}^\circ\text{K}$. It is found that for $\alpha = 9.8^\circ\text{C/Km}$ (adiabatic lapse rate for dry air is 10°C/Km) β is 6 m/sec/Km and for $\alpha = 5.5^\circ\text{C/Km}$ (adiabatic lapse rate for saturated air is 6°C/Km), β turns out to be 3 m/sec/Km , values which are possible in the real atmosphere. Thus, it appears that the wind and temperature are mainly responsible for the limited audibility range of thunder.

Thunder record, its spectrum and nature

Pressure variations associated with thunder have been recorded at about five places and conflicting reports about the spectrum of thunder have been published.

The first recordings of the pressure variations associated with thunder were made in Germany by Schmidt (1914). He constructed two devices; one to record infrasonic frequencies (in his case frequencies less than 5 hz) and the other to record audio frequencies in the range of 15 to 200 hz. For infrasonic pressure variations, he used a wooden box of about 210 litres volume and with an opening of 250 cm² area. An aluminum plate was suspended in the opening on two long threads so that it could swing in and out with the pressure variation. A lever system transferred the motion of the plate to a pen which left a trace on a moving sheet of smoked paper. For the audio pressure variations, a gramophone horn was used to direct the waves into a vertical chimney. Inside the chimney was a sensitive smoky flame which responded to the pressure changes. A tape was moved at a high speed above the flame. Each flicker of the flame, caused by an air condensation or rarefaction, resulted in an increase or decrease of the soot deposited on the tape. From the speed of the tape and the distances between deposits, the time intervals between condensations were computed. Schmidt was able to arrive at the following important conclusions: (1) Most of the energy in the spectrum of thunder was contained in infrasonic frequencies, having a maximum at 1.85 hz; (2) the most likely frequencies of thunder which could be heard were those between 15 and 40 cycles/sec., although a smaller maximum occurred between 75 and 120 cycles/sec.

The second recording of thunder was done in U.S.S.R. by Arabadji (1952). He was interested only in the infrasonic frequencies and used similar but more sensitive equipment. He employed a large air cavity with a tube 3 cm in length and 1.2 cm in internal diameter connecting it to the outer atmosphere. A light aluminum plate, suspended in the tube, vibrated under the influence of the pressure vibrations induced by the thunder. The vibrations were trans-

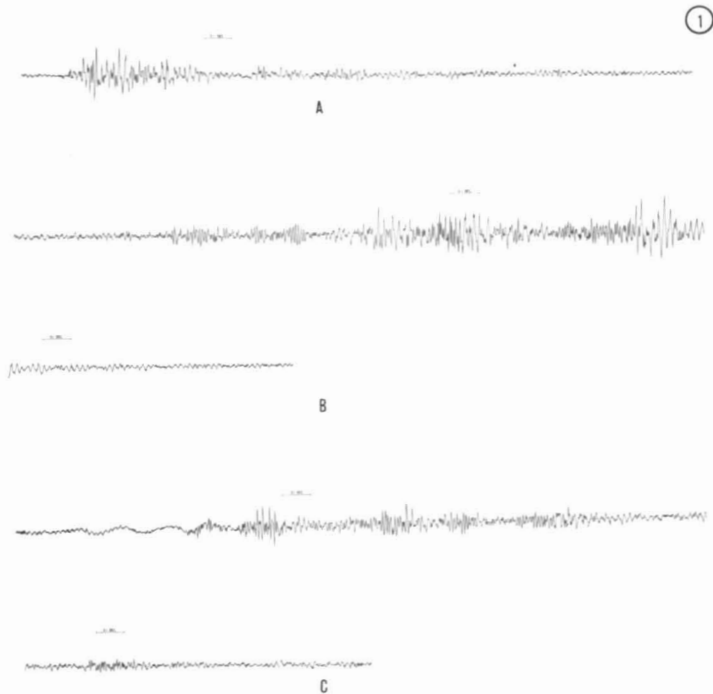


FIGURE 1. Typical audiofrequency thunder records. (a & c) Thunder from a close flash. Thunder from a distant flash. (The records 1b & 1c have already been published — (Bhartendu 1969).)

mitted apparently by mechanical means to a paper recorder. His conclusion was that the maximum energy of thunder fell at frequencies in the range from 0.25 to 2.00 cycles/sec., with the maximum value at 0.50 cycles/sec.

The third experimental study of the pressure variations associated with thunder was made at Saskatoon, Sask., Canada, by Bhartendu and Currie (1963), and Bhartendu (1964, 1968, 1969). The instrumentation consisted of a one-grid microphone to detect the infrasonic frequencies and a crystal microphone to detect audiofrequencies. The infrasonic spectra showed that the maxima occurred within the frequency range of 0.75 to 6.00 hz, while the most intense occurred in the range 1-3 hz. Three distinct types of spectra were observed; type A with only one intense primary maximum, type B with two or more primary maxima, and type C with no intense primary maxima.

The audio frequency records of thunder appeared to be similar in nature to the subaudio frequency records (Bhartendu, 1969). Nearby flashes give rise to thunder records which began from maximum pressure variation while distant flashes yield thunder records which gradually build up to a maximum. The explanation of this characteristic lies in the propagation of sound (Remillard, 1960; Bhartendu, 1968). If an observer is close to the cloud to

ground flash, sound from the channel is heard first and the sound originating at the branches arrives later. On the other hand, if the flash is distant from the observer, sounds from the near branches arrive first.

Figure 1 shows three records of thunder. The top record (no. 1a) shows that thunder starts with a maximum pressure variation. The middle record (no. 1b) illustrates that thunder gradually builds up to a maximum. The bottom record (no. 1c) also shows the first peal of thunder to be the most intense but it indicates the presence of a lower frequency wave before the main peal has arrived. This phenomenon is not evident in records a & b and was observed only in a few cases. The records b & c have been published earlier (Bhartendu, 1969).

The audio frequency thunder spectra of records presented in Fig. 1 are shown in Fig. 2. Fig. 2a exhibits the spectral density estimate of record 1a, Fig. 2b of record 1b and Fig. 2c of record 1c. It is evident from Fig. 2 that the spectra are different. The response of the microphone assembly was flat from 30 hz to 0.4 khz dropping 3 db at 10 hz. The spectra are not corrected for the response and hence the spectral peaks below 30 hz are suppressed. All the three spectra show intense maxima at 52 ± 2 and 96 ± 2 hz. It is evident from Fig. 2a, that the maxima at 40, 46 and 60 hz. are also intense but the maximum at 52 hz. is still present eventhough it is not as intense as in Fig. 2b. The ratio of power at 52 hz. to 96 hz. in Fig. 2a is 0.8, in Fig. 2b is 1.7, and in Fig. 2c is 0.5. The other common audio frequency ranges are 22 ± 2 hz., 40 ± 4 hz., 60 ± 2 hz., 72 ± 2 hz., 108 ± 2 hz., 118 ± 2 hz., 142 ± 6 hz., 168 ± 2 hz., and 242 ± 4 hz. A spectral peak at the infrasonic frequency of 8 ± 2 hz. is also present in all the spectra. If corrected for the response, it may well be of the same intensity as audio frequency peaks.

Fig. 3 shows the average power spectra for several thunder cases (Bhartendu, 1969). The continuous curve is the weighted average spectrum of 5 thunder spectra of a frequency bandwidth 2 hz. and the broken curve is the average of 4 thunder spectra of a frequency bandwidth of 1 hz. As evident from the figure, significant peaks are present at 52 and 96 hz. The dotted vertical line at 30 hz shows that the spectra are not accurate for frequencies less than 30 hz. Fig. 3 also shows evidence of a spectral peak at 8-10 hz. The broken curve shows that power at this frequency may be even greater than that present at audio frequencies.

Thunder has been recorded at New Mexico and Texas and the results have been published together (Few *et al.*, 1967). Few *et al.*, (1967) assert that thunder spectrum has no characteristic peaks and instead has a broad maximum near 200 hz. Recent reports of these workers (Brook *et al.*, 1968) shift this broad maximum to frequencies less than 130 hz.

From the above discussion it appears that the spectrum of thunder is still not completely understood. Some of the differences in the results of these work-

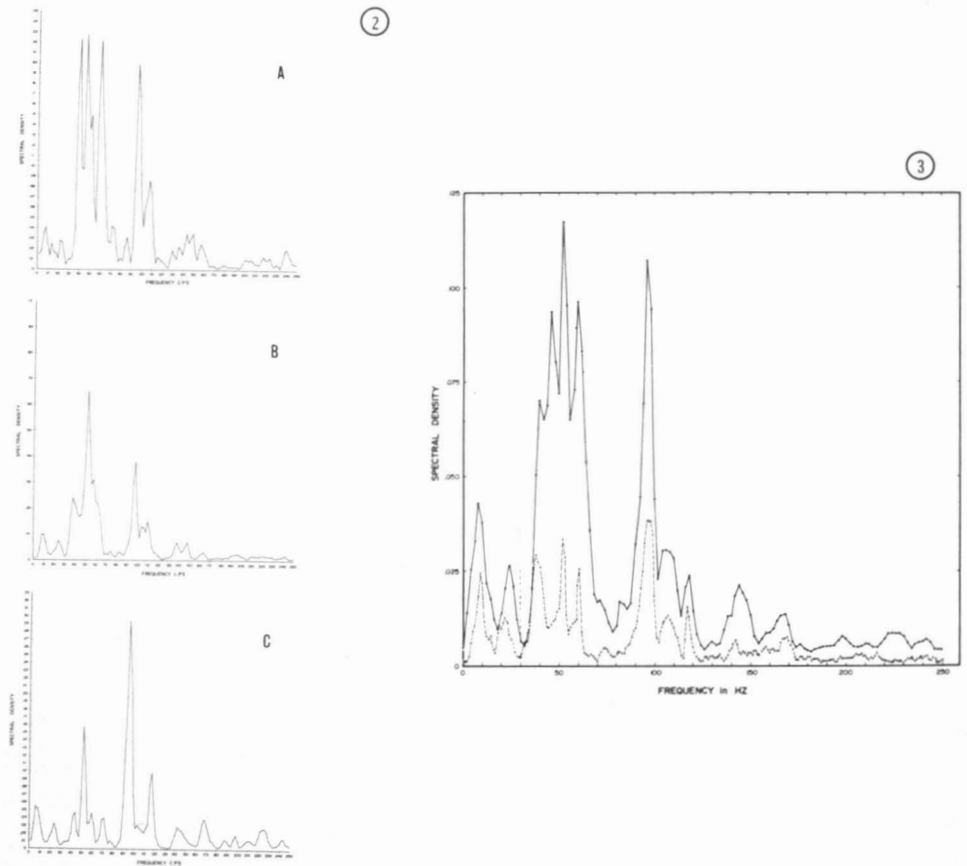


FIGURE 2. Spectral density estimates of the records illustrated in fig. 1.

FIGURE 3. Average spectral density estimates of thunder recorded from an audiofrequency crystal microphone (after Bhartendu, 1969). The frequency bandwidth for the continuous curve is 2 hz and for the dotted curve 1 hz.

ers is likely to be due to the difference in the instrumentation but other causes such as differences in the nature of lightning discharges and the difference in acoustic characteristics of the atmosphere at several geographical locations may possibly account for the disagreement. Thunder records are due to the superimposition of sounds generated at all parts of the flash, and will vary from flash to flash and perhaps from place to place. As a consequence, the spectral characteristics are likely to differ. The wind during thunderstorms is quite variable and its effect on thunder records should be eliminated. The determination of microphone response in low frequencies is difficult because of the difficulty of measuring the intensity accurately at frequencies less than 1 hz., and manufacturer's values are usually taken for granted. The manufacturer's response specifications are usually good for ideal laboratory conditions but could vary significantly in field conditions. All these difficulties have to be overcome

before a complete knowledge of thunder spectrum can be obtained. However, it appears reasonable to conclude that thunder has significant energy in the sonic and infrasonic frequencies but it is difficult to say at present where it has the maximum. It also appears that the most energetic frequencies which one normally hears in thunder are less than about 150 hz.

Regarding the nature of pressure variations, Schmidt (1914) asserted that the strongest pressure variations of thunder were rarefactive. But all the later observations (Arabadji, 1952 ; Bhartendu and Currie, 1963 ; Bhartendu, 1964, 1968 ; Latham, 1964) have found that the initial wave of large pressure variations is compressional. This substantiates the view that thunder is caused by shock waves generated at the lightning channel due to sudden heating. The steep compressional shock waves produced at the flash travel with supersonic speeds. The following rarefaction, in due course overtakes the shock front and then the amplitude and velocity begin to decrease and continue to do so until the pulse is reduced to acoustic amplitude. These compressional acoustic waves would give rise to compressional pressure variations.

Few *et al.* (1967) and Few and Dessler (1968) have derived an expression for the dominant frequency, f_b , as $f_b = \frac{C}{2.6} \left(\frac{\pi P_0}{El} \right)^{1/2}$ from theoretical consideration of shock waves, where C is the speed of sound, P_0 is the ambient pressure and El is the energy per unit length. If $C = 343$ metre/sec, $El = 1.7 \times 10^6$ joule/metre and $P_0 = 1.0 \times 10^5$ newton/metre², f_b is 57 hz. In the quoted value of El , it is assumed that the total energy of 10^{10} joule of a lightning flash of 6 km length is converted into acoustic energy. Thus 57 hz is the minimum dominant frequency. Jones (1968) pointed out the limitation of the treatment for the acoustic frequency range and has suggested that the calculations of Few *et al.* (1967) are not entirely conclusive in ruling out the presence of lower frequencies in thunder. Hill and Robb (1968) have recently even cast doubt on the presence of strong mechanical shock waves due to thermal heating of the lightning channel and have suggested that the pressure pulse may be related to the nature of the channel.

Bhartendu (1969) has derived an expression for frequency from simple considerations that the energy in the channel is used to do PV work. This expression gives 30 percent higher values than the one derived from considerations of shock waves (Few *et al.*, 1967; Few and Dessler, 1968). Bhartendu (1969) has also plotted sound pressure level versus distance of flash and has suggested from this that the thunder pressure wave is likely to be cylindrical.

Direction of arrival of thunder and its use

Bhartendu (1964, 1968) determined the direction of arrival of sounds that originate from a lightning flash by employing three microphones. He placed

three hot-wire microphones a few hundred feet apart on the ground and by noting down the times of arrival of peals and claps of thunder on all three microphones, determined the angles of incidence and azimuth. The angles of incidence varied from 2° to 79° as measured from the vertical. Attempts were made to determine the source of the sounds. It was found (Bhartendu, 1964, 1968) that the peals of thunder arrived directly from the flash. The successive peals of thunder originated at different parts of the flash and sometimes, although very rarely, from different strokes. The claps of thunder, generally, arrived from different directions than the peals and were from higher and more distant parts of the flash or a reflection.

Few (1968) has extended the technique by employing an array of microphones and computing the cross-correlations between the records of various microphones. He has attempted to reconstruct the lightning flash from the knowledge of direction of propagation of thunder and has found the technique especially useful for intercloud and intracloud discharges which can not be observed by optical means.

It may be noted here that the above-mentioned studies are very significant and may provide an important tool for future research.

Conclusions

The significant conclusions are as follows :

1. Thunder is due to the shock waves generated at the lightning flash due to sudden heating of the channel. The wavefront of thunder is likely to be cylindrical.
2. The maximum distance to which thunder can normally be heard is 25 Km. Temperature gradients and wind shear affect the audibility range.
3. Thunder records from nearby flashes start with a maximum pressure variation, while those from distant flashes gradually build up to a maximum.
4. Significant energy is contained in audio and subaudio frequencies in the spectrum of thunder. Normal audible frequencies are less than 150 hz.

References

- ALBRIGHT, J.G., 1947. Physical meteorology, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- ARABADJI, V.I., 1952. On some characteristics of thunder. *Dokl. Akad. Nauk. USSR*, **82**: 377-378.
- BHARTENDU, 1964. Acoustics of Thunder. Ph.D. Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon.

- BHARTENDU, 1968. A study of atmospheric pressure variations from lightning discharges. *Can. J. Phys.*, **46**: 269-281.
- BHARTENDU, 1969. Audio frequency pressure variations from lightning discharges. *J. atmos. terr. Phys.*, **31** : 743-747.
- BHARTENDU, and B.W. CURRIE, 1963. Atmospheric pressure variations from lightning discharges. *Can. J. Phys.*, **41**: 1929-1933.
- BHARTENDU and B.W. CURRIE, 1964. Atmospheric waves from U.S.S.R. nuclear test explosions in 1962. *Can. J. Phys.*, **42**: 632-637.
- BHARTENDU and R.A. MCCRORY, 1966. Atmospheric pressure wave from an explosion. *Nature*, **211**: 396-398.
- BRETON, R.S., 1928. Unusual thunderstorm phenomena. *Met. Mag.*, **63** : 113.
- BROOK, M., C.R. HOLMES, and R.A. MCCRORY, 1968. (M22) Acoustic spectra of Thunder., *Trans. Am. geophys. Un.*, **49**: 688.
- DONN, W.L. and M. EWING, 1962. Atmospheric waves from nuclear explosion. *J. geophys. Res.*, **67**: 1855-1865.
- FEW, A.A., 1968: (M21) Using thunder to study the structure of the lightning channel. *Trans. Am. geophys. Un.*, **49**: 688.
- FEW, A.A. and A.J. DESSLER, 1968. A theoretical discussion of the acoustic energy of thunder. *Fourth Int. Conf. Atmos. Elect.*, Tokyo.
- FEW, A.A., A.J. DESSLER, D.J. LATHAM and M. BROOK, 1967. A dominant 200 Hertz peak in the acoustic spectrum of thunder. *J. geophys. Res.*, **72**: 6149-6154.
- FLEAGLE, R.G., 1949. Audibility of thunder. *J. acoust. Soc. Am.*, **21** : 411-412.
- FRISINGER, H.H., 1965. Early theories on the cause of thunder and lightning. *Bull. Am. met. Soc.*, **46**: 785-787.
- GUTENBERG, B., 1951. Compendium of meteorology, ed. T.F. Malone, *Am. met. Soc.*, **45**, Beacon St., Boston, Mass. 02108.
- HILL, E.L. and J.D. ROBB, 1968. Pressure pulse from a lightning stroke. *J. geophys. Res.*, **73**: 1883-1887.
- HIRN, M., 1888. The sound of thunder. *Scient. Am.*, **59** : 201.
- HUMPHREYS, W.J., 1940. *Physics of the Air*. Mc-Graw-Hill Book Co., New York, N.Y. (Third Edition.)
- JONES, D.L., 1968. Comments on paper by A.A. Few, A.J. Dessler, Don J. Latham and M. Brook. A dominant 200 Hertz peak in the acoustic spectrum of thunder. *J. geophys. Res.*, **73**: 4776-4777.
- LATHAM, D.J., 1964. A study of thunder from close lightning discharges. M.Sc. Thesis, New Mexico Inst. of Mining & Tech., Socorro.
- MERSON, R.S., 1870. A theory of thunder. *Scient. Am.*, **23**: 68-69.
- REINELT, E.R., 1964. The propagation of anomalous sound from large explosions. Ph.D. Thesis, University of Alberta, Edmonton.
- REMILLARD, W.J., 1960. The acoustics of thunder. Tech. Mem. No. 44, Acoustic Res. Lab., Harvard Univ., Cambridge, Mass.

REYNOLD, V.R., 1903. The cause of thunder. *Scient. Am.*, **88**: 41.

SCHMIDT, W., 1914. About thunder. *Z. Met.*, **31**: 487-498.

TALJAARD, J.J., 1952. How far can thunder be heard? *Weather*, **7**: 245-246.

VEENEMA, L.C., 1920. The audibility of thunder. *Mon. Weath. Rev.*, **48** : 162.

YAMAMOTO, R., 1957. A dynamical theory of the micrographic oscillations produced by the explosions of hydrogen bombs. *J. met. Soc. Japan*, **35** : 32-40.

MODÈLE MATHÉMATIQUE DE CRUES DUES À LA FONTE DE LA NEIGE

RAYMOND CHARBONNEAU

*Service de l'Hydrométrie, Direction générale des Eaux
Ministère des Richesses naturelles, Québec.*

Résumé

L'auteur présente un modèle mathématique de crues dues à la fonte de la neige, basé uniquement sur la variable température maximale quotidienne. L'utilisation de cette seule variable météorologique comme indice de fonte est jugée satisfaisante tenant compte de la nature forestière des bassins du Québec. Le modèle consiste à élaborer des matrices d'eau ruisselée après avoir ajusté une série de paramètres mathématiques devant tenir compte des caractéristiques physiques du bassin.

Le modèle est appliqué ensuite au bassin du réservoir Kénogami afin d'illustrer ses possibilités et les effets de variation des paramètres de réglage.

Abstract

The author describes a mathematical model of run off due to snow-melt based only on daily maximum temperature values. The use of only the maximum temperature as an index of snowmelt seems appropriate since most of Québec drainage basins are forest covered. The model consists in elaborating matrices of runoff after having adjusted a series of mathematical parameters, which are intended to take into account the basin's physical characteristics.

The model is then applied to the Kénogami reservoir basin to illustrate its possibilities and to show the effects on the results introduced by variations of the adjustment parameters.

Introduction

Il existe plusieurs types de modèles de crues qui se ramènent généralement à deux grandes classes, soit les modèles détaillés et les modèles globaux. Les modèles détaillés reconstituent mathématiquement l'influence des facteurs

physiques qui agissent effectivement sur le bassin alors que le second type utilise uniquement les apports d'eau qu'il transforme en débit après application de formules mathématiques souvent indépendantes des caractéristiques physiques du bassin. Il serait superflu d'entreprendre une discussion sur les avantages de l'un ou l'autre des procédés, nous soulignons seulement que le premier est plus facilement transposable d'un bassin à un autre à la condition toutefois de pouvoir estimer sur place les paramètres incorporés dans le modèle.

L'essentiel du problème du modèle de crue se résume à répartir les apports d'eau dus autant aux chutes de pluie qu'à la fonte de la neige, en eau de ruissellement, en écoulement hypodermique et enfin en recharge des zones d'emmagasinement. Cette répartition est fonction des pertes, de l'état du sol, du stock de neige, ainsi que de l'intensité de la précipitation, facteurs qui obéissent à des lois complexes qui doivent nécessairement être simplifiées; la valeur du modèle est directement reliée à la justesse de ces simplifications.

Le modèle de crue due à la fonte de la neige, présenté dans cet article, n'est qu'une étape dans la recherche d'un modèle idéalisé.

Entrepris d'abord par MM. Slivitzky et Roche qui publièrent en novembre 1966 un modèle pour une crue de fonte de neige, l'étude de la crue se caractérise par l'emploi du calcul matriciel et de l'utilisation des ordinateurs digitaux.

Nous n'insisterons pas ici sur les différentes opérations matricielles qui ont été explicitées dans la publication de 1966. Le présent article se limitera à décrire les développements qui ont suivi, sans pourtant fournir un modèle définitif; d'où la nature suggestive des idées qui sont émises.

Recherche des données

Pour la construction du modèle, les données d'un aussi grand nombre que possible de stations sont utilisées. Chacune des stations représente une partie du bassin qui peut être délimitée à l'aide du polygone de Thiessen. Généralement, on essaie de faire coïncider les différents polygones avec la topographie du terrain ou avec le couvert végétal; une certaine homogénéité est ainsi conservée.

Le modèle actuel de crue utilise la température maximale quotidienne, ordinairement disponible à toutes les stations; ce choix est suggéré par le *Corps of Engineers* (1956) comme acceptable à la détermination d'une fonte sous couvert forestier. Le modèle utilise également la valeur en eau du manteau nival. Les mesures du contenu en eau de la couverture de neige ne se font cependant qu'à un nombre limité de stations. Aux stations où seulement des

mesures de précipitations sont effectuées, il nous faut alors estimer l'équivalence en eau du stock de neige en date du premier mars, date à laquelle commence ordinairement l'analyse de la fonte. A ces stations on effectue une cumulation contrôlée de la précipitation en retranchant la fonte suivant une relation dépendant uniquement de la température, le facteur de réflectivité de la neige étant négligé. On utilise les deux formes de précipitation. Les chutes de neige sont introduites par leur équivalence en eau en assumant de façon constante que dix pouces de neige donnent un pouce d'eau, puisqu'une tentative de relier la densité de la neige fraîchement tombée à la température n'a pas permis une meilleure précision. Plusieurs autres facteurs, entre autre, l'effet de compactage par le vent, influencent évidemment cette densité, mais les relations mathématiques qui ont pu être établies avec ces facteurs ne sont pas assez générales pour être utilisées avec avantage.

Zones isochrones

Dans notre modèle, le cheminement de l'eau de ruissellement s'effectue à l'aide des zones que nous appellerons isochrones.¹ Ces zones sont considérées comme contribuant successivement à la formation du débit présent à l'exutoire. C'est finalement par une cumulation en cascade des contributions de chaque zone qu'on arrive à reconstituer le débit.

Il y a plusieurs facteurs qui influencent la vitesse d'écoulement de l'eau vers l'exutoire, entre autres, la pente, la largeur de la rivière, la résistance du lit et des berges, l'humidité du sol, la saison, l'état de la végétation, etc. . . La pente joue un rôle de premier plan. En tenant compte de cette dernière dans la détermination des zones basées sur la distance à l'exutoire, nous obtenons des zones sensiblement équivalentes aux vraies zones isochrones. Au cours d'une averse, le ruissellement provient en grande partie de la pluie tombée sur les surfaces d'eau libre, et d'un apport d'eau provenant du voisinage immédiat de ces surfaces. De plus, la crue est sûrement influencée par la pente moyenne de la rivière principale et celle de ses tributaires. Appuyés de ces deux énoncés, il nous est possible de corriger le tracé des zones basées sur la distance à l'exutoire en tenant compte des pentes des tronçons de rivières et de la pente moyenne de la rivière principale. Nous ne détaillerons pas l'exposé de Laursen, Schulz et Yevdjevich (1963), mais disons seulement quelques mots sur le principe qui est de donner plus d'importance aux zones caractérisées par une pente abrupte. On arrive à corriger les termes de notre division aire-distance

1. Elles ne sont pas à proprement parler des zones isochrones puisqu'elles ne correspondent pas exactement aux zones sur lesquelles la pluie tombée prend un temps égal à se rendre à l'exutoire mais plutôt des zones se rapprochant des véritables isochrones.

par un facteur du genre :

$$L = \frac{m}{M}$$

où L est le facteur de correction,

m est la pente du tronçon,

M est la pente moyenne de la rivière principale,

de telle sorte que les zones se rapprochent très sensiblement des zones isochrones.

Evidemment la correction est d'autant plus importante que la rivière présente des variations marquées de la pente.

Étalement

La libération de l'eau de ruissellement de chaque zone isochrone se fait progressivement selon une fonction dont la représentation graphique est de la forme d'une onde de crue; Roche et Slivitzky (1966) ont développé une telle fonction qui répond aux caractéristiques désirées.

Cette fonction est générée par une relation de la forme :

$$Y_i = e^{-i^2 e^{P_1}} \quad (1)$$

où $i = 1, 2, 3 \dots n$, correspond au numérotage du temps d'étalement

P_1 est un paramètre de réglage

A cette fonction on impose la restriction suivante :

$$\sum_{i=1}^n Y_i = 1$$

Pour une lame d'eau donnée, les valeurs quotidiennes de la partie de la crue provenant du ruissellement, sont alors obtenues en appliquant les relations

suivantes qui utilisent la fonction génératrice, (équation 1)

$$\begin{aligned}
 D_0 &= 0 \\
 D_1 &= Y_1 h_1 \\
 D_2 &= Y_1 h_2 + Y_2 h_1 \\
 D_3 &= Y_1 h_3 + Y_2 h_2 + Y_3 h_1 \\
 & , \\
 & , \\
 & , \\
 D_j &= Y_{j-m+1} h_m + Y_{j-m+2} h_{m-1} + Y_{j-m+3} h_{m-2} + \dots \\
 & \dots + Y_{j-m+p+1} h_{m-p} + \dots + Y_j h_1
 \end{aligned}$$

où D_j est la contribution quotidienne du ruissellement à la crue, le jour j .

h_m est la lame d'eau sur une zone isochrone (m étant le nombre de zones isochrones)

L'équation générale est valable pour tout "j" à condition de faire nul tout Y ayant un indice inférieur ou égal à 0. Il est donc possible de construire à l'aide des fonctions, Y, une nouvelle matrice qui corresponde à l'étalement dans le temps de la lame d'eau fondue à l'intérieur des zones isochrones. En pratique, cet étalement est limité à quelques jours puisque la crue a tôt fait de se résorber.

L'addition de la pluie dans le modèle nous amène à reconsidérer notre fonction étalement puisqu'un bassin répond plus rapidement à un apport pluvial qu'à celui d'une fonte. La différence provient probablement de la nature impulsive des apports de pluie qui se produisent en des temps beaucoup plus courts que les apports équivalents provenant de la fonte. La solution est d'établir deux matrices de lame d'eau et d'appliquer à chacune sa propre fonction d'étalement.

Physique du modèle

Le but premier du modèle est de reconstituer le volume de la crue. La discussion qui suit traite de cette partie du modèle qui consiste à évaluer mathématiquement la lame d'eau provenant de la fonte.

Les facteurs de transfert de chaleur qui influencent fortement la fonte, sont la radiation (ondes courtes et longues), le transfert de chaleur sensible de l'atmosphère à la couverture de neige et la chaleur latente produite par la

condensation de l'humidité de l'air sur le couvert de neige. Les apports thermiques de la pluie et du sol sont moins importants.

L'évaluation de la lame d'eau, provenant de la fonte du couvert de neige, peut être faite à partir des équations qui gouvernent le phénomène de la fonte ou encore, indirectement par l'utilisation de variables météorologiques agissant sur la fonte. La première méthode est difficilement applicable dans un modèle mathématique parce que l'évaluation rationnelle de tous les facteurs qui affectent la fonte, exige une foule de données qui sont rarement disponibles. De plus, l'hétérogénéité des bassins rend ces mesures difficilement représentatives. Pour les besoins de prévisions journalières, l'utilisation d'une ou deux variables météorologiques est suffisante. Comme nous l'avons mentionné, la température maximum quotidienne est une des seules variables dont on peut disposer à l'ensemble des stations. Heureusement, l'étendue de nos forêts en fait une valeur vraiment représentative.

Le tableau I présente les différentes variables météorologiques et donne leur coefficient de détermination respectif de la fonte de la neige (*U.S. Corps of Engineers*, 1956). Les coefficients ont été établis en comparant expérimentalement la fonte calculée et la fonte observée.

FONTÉ DU MANTEAU NIVAL

Nous présentons maintenant les différentes composantes de l'équation de fonte établie en utilisant une valeur météorologique facilement disponible soit la température maximale.

$$A) \quad f_1 = P_2 (T_M - T_o) \quad (2)$$

où T_M est la température maximum quotidienne en degrés F.

T_o est un seuil de température en degrés F.

P_2 est une constante représentant un taux de fonte.

f_1 est la fonte en pouce par jour.

Cette fonte est le résultat de l'échange d'énergie entre l'atmosphère et la couverture nivale.

B) L'apport thermique de la pluie apporte comme contribution à la fonte :

$$f_2 = P_3 (T_M - 32) P \quad (3)$$

où f_2 est la fonte en pouce par jour

P_3 est un taux de fonte (différent de P_2)

P représente la hauteur d'eau tombée durant les 24 heures en pouce

TABLEAU I

Série de variables météorologiques et leurs coefficients respectifs de détermination de la fonte.

Aspect de la végétation	Variables utilisées						Coefficient de détermination	
	Absorption ondes courtes	Absorption ondes long.	Convec. et Condens.		Temp.			
			avec vent	sans vent	max	moy		
Découvert	x	x	x				(1954)	
	x	x					.97	
	x						.95	
			x				.65	
					x		.46	
					x		.23	
						x	.08	
Partiellement Forestier	x	x	x				(1954,1952,1951)	
	x		x				.93	
			x				.90 .65 .90	
			x				.47 .59 .83	
	x			x			.14 .58 .67	
					x		.51 .22 .71	
						x	.01 .54 .58	
Forestier	x		x				(1949,1950)	
			x				.89	
							.90 .81	
	x			x			.60 .77	
						x	.23	
						x	.54 .62	
Fortement Forestier							(1951,1950,1949,1949)	
					x		.80 .77 .93 .80	
						x	.70 .72 .73 .70	
							x	.65 .61 .64 .44
								avril mai mai avril

X Indique la variable utilisée

Les années de calculs des coefficients sont indiquées entre parenthèses

C) Afin de ne pas totalement ignorer l'effet de la radiation incidente sur les surfaces déboisées, l'équation finale inclut un facteur de réduction qui tient compte de la réflectivité du couvert de neige, l'albédo.

L'équation totale s'écrit donc :

$$F = (1-A)f_1 + f_2 \tag{4}$$

$$F = (1-A)P_2(T_M - T_o) + P_3(T_M - 32)P \tag{5}$$

où A: l'albédo du couvert de neige.

Cette addition nous permet de plus, d'incorporer indirectement l'influence du couvert forestier, en imposant au facteur "A" une correction proportionnelle au rapport entre la surface déboisée et la surface totale du bassin. L'albédo est surtout fonction de l'état de la couche supérieure du stock de neige. Cette réflectivité de la neige varie considérablement; elle va de plus de

80 pour cent pour de la neige fraîchement tombée, à 40 pour cent pour un couvert vieilli, devenu granuleux. (Ces considérations s'appliquent à de la neige non polluée). Utilisant deux pyréliomètres Eppley, le *Corps of Engineers* (1956) a mesuré les variations de l'albédo en fonction de l'accumulation d'énergie radiative reçue. Ils ont par la suite établi une relation liant la variable température maximale à ces mesures. Les résultats obtenus sont rapportés à la figure 1.

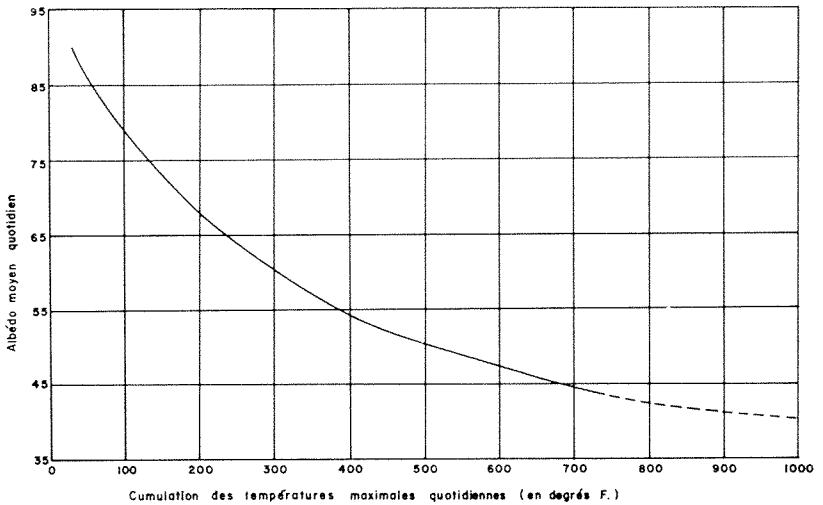


FIG. 1. Variation de l'albédo en fonction de la température maximale quotidienne cumulée depuis la dernière chute de neige.

La courbe de la figure 1 se formule mathématiquement :

$$A = e^{-T_c/P_4} \quad (6)$$

où A est l'albédo.

T_c la température maximale cumulée depuis la dernière chute de neige en degrés F.

P_4 une constante.

La relation (6) représente une décroissance normale de l'albédo. Les cas particuliers sont nombreux et le plus important en ce qui nous concerne est celui d'un couvert de neige de plusieurs jours qui se trouve recouvert d'une mince couche de neige fraîche; sa réflectivité va alors remonter aux environs du maximum mais sa décroissance sera plus rapide que l'indique la figure 1. On a tenté de tenir compte de ce phénomène, en imposant à la sommation des températures maximales journalières une possibilité de retour en arrière qui est fonction de l'épaisseur de la nouvelle couche de neige.

Pour introduire ce retour en arrière on corrige la température maximale avec la relation

$$T_r = T_c - P_5 N \quad (7)$$

- où T_r est la température corrigée en degrés F
 P_5 est un paramètre d'ajustement
 N est l'équivalence en eau de la chute de neige en pouces
 T_c est tel que défini plus haut.

Finalement, on n'utilise que les valeurs positives T_r . La relation 6 devient dans le cas de retour en arrière :

$$A_c = P_6 e^{-T_r/P_4} \quad (8)$$

- où A_c est l'albédo corrigé.
 P_6 est un paramètre qui varie d'une façon directement proportionnelle au rapport entre la surface déboisée du bassin et la surface totale du bassin.

Les autres symboles sont les mêmes que précédemment.

DÉFICIT CALORIFIQUE DU STOCK DE NEIGE

Un pourcentage important des premières fontes et des premières pluies survenant l'hiver ou au début du printemps se recongèle dans le stock de neige ne contribuant à peu près pas dans l'immédiat au débit de la rivière. Cette quantité d'eau qui ne contribue que plus tard au débit sert à combler le déficit calorifique du couvert de neige, soit à élever la température de ce dernier à un degré plus près du point de congélation. Malheureusement, ce phénomène du réchauffement du couvert de neige par la congélation de l'eau de fonte ou de la pluie n'est mesuré que très rarement. Les seules mesures du phénomène n'ont été effectuées qu'à titre expérimental. Il n'existe pas de relation simple permettant d'estimer la température moyenne du stock de neige à partir d'autres données météorologiques. Il a fallu pourtant tenter d'en trouver une. C'est à partir de mesures de températures du manteau nival effectuées par le laboratoire américain de U.C.S.L. publiées par le U.S. Corps of Engineers (1956), que nous avons établi une relation. Aussi donnons-nous sous *toute réserve* l'équation trouvée. Cette équation relie le déficit quotidien moyen de température du stock de neige, T_N , exprimée en degrés C, à la température maximum quotidienne, T_M , exprimée en degrés F. Elle a la forme :

$$T_N = P_7 \sqrt{38 - \frac{1}{2} (T_{Ej} + T_M)} \quad (9)$$

Cette équation est utilisée tant qu'il existe un déficit. La variable, T_{Ej} est obtenue à l'aide d'une fonction récurrente de la forme $T_{Ej} = 1/2 (T_{E(j-1)} + T_{Mj})$ avec comme hypothèse de départ, $T_{E0} = 0$. Cette valeur récurrente est introduite dans le but de tenir compte des retards de transfert de chaleur entre l'atmosphère et la couverture nivale.

Le déficit calorifique du couvert de neige est défini comme étant la quantité de chaleur requise par unité de surface du couvert pour élever la température de tout le stock de neige à 0°C. Il est plus utile d'exprimer ce déficit en pouces d'eau qui proviendront éventuellement soit de l'eau de pluie ou de l'eau de fonte. Cette eau en se solidifiant à l'intérieur du couvert de neige devra cependant dégager suffisamment d'énergie pour élever la température du stock de neige à 0°C.

La relation est de forme :

$$C = \frac{W_o T_N}{288} \quad (10)$$

C symbolise les calories nécessaires à combler le déficit, en pouces d'eau.

W_o est l'équivalence en eau du couvert de neige, en pouces.

T_N a été défini plus haut.

La constante "288" provient de la transformation des degrés F en degrés C et des 80 calories libérées par le passage de l'état liquide à l'état solide.

L'équivalence en eau du stock de neige varie d'une journée à une autre et comme toute donnée d'utilisation restreinte, les mesures ne sont disponibles qu'en de rares endroits et à des dates précises. Comme le modèle utilise les variations quotidiennes de l'équivalence en eau du couvert de neige, nous avons pensé essayer de déterminer quotidiennement cette équivalence en eau en utilisant une valeur que nous pouvions déterminer quotidiennement, soit la hauteur du manteau nival. Cette détermination quotidienne de l'épaisseur du manteau nival se fait en prenant comme point de départ des relevés nivométriques lorsqu'ils sont disponibles. On verra plus loin que le modèle suppose une répartition linéaire de la distribution spatiale de l'épaisseur d'accumulation et calcule quotidiennement les valeurs extrêmes; devons-nous établir la relation en utilisant la hauteur calculée maximale ou minimale? Or, l'influence du déficit calorifique du stock de neige se manifeste lorsque le couvert est à son maximum de hauteur puisqu'en pleine période de fonte, la température du couvert de neige est à 0 degré C. Compte tenu de cette dernière observation,

la relation liant la hauteur de neige à l'équivalence en eau, utilise avantageusement la valeur minimum du couvert H_m . Nous obtenons alors l'équation:

$$W_o = (1 + e^{-H_m/P_8})H_m \quad (11)$$

où W_o équivalence en pouces d'eau du couvert de neige.

H_m la hauteur minimale estimée du couvert de neige, en pouces d'eau.

P_8 une constante.

La forme exponentielle de l'équation 11 tient compte d'une partie du phénomène de vieillissement du manteau nival, soit l'augmentation graduelle de la densité. Ainsi, lorsque les premiers îlots de sol apparaissent, l'équation donne une densité de la neige de près du double de ce qu'elle était avant la période de fonte. L'importance de la correction de la densité est fonction du paramètre P_8

L'équation finale se lit donc comme suit :

$$D = \frac{T_N}{288} (1 + e^{-H_m/P_8})H_m - V \quad (12)$$

où D symbolise le déficit calorifique en pouce d'eau.

V la somme de la pluie et de la fonte servant à combler le déficit (en pouce); les autres symboles ayant le même sens que précédemment.

Tant que le déficit calorifique du stock de neige n'est pas comblé, la pluie et la fonte ne peuvent pas quitter la couverture nivale; il s'en suit que la pluie contribue à augmenter l'équivalence en eau du stock de neige.

LA DISTRIBUTION SPATIALE DE L'ÉPAISSEUR DU COUVERT DE NEIGE

La répartition spatiale de la précipitation est principalement fonction des variables météorologiques et de leur variation dans le temps et dans l'espace. Dans des régions montagneuses, cependant, la répartition de la précipitation dépend aussi largement du relief; dépendance qui se superpose aux conditions météorologiques des masses d'air, des fronts et des circulations atmosphériques. Les patrons de distribution de la précipitation sur un terrain accidenté sont, par conséquent, très complexes et peuvent bien être aussi tourmentés que le terrain lui-même. Enfin, le couvert forestier ajoute à la complexité du problème en modifiant le climat local comme par exemple la direction et la vitesse du vent, l'absorption de la radiation et les variations de la température. Une tournée des stations de prélèvement de neige du bassin de la rivière Eaton nous a permis de mesurer des accumulations de neige plus importantes en forêt qu'en terrain déboisé.

Dans l'état actuel des choses il serait téméraire de penser pouvoir inclure dans le modèle de crue chacun des facteurs qui influencent la répartition spa-

tiale de l'épaisseur du couvert de neige; conséquemment, nous avons imaginé de recourir à une répartition théorique de la couverture nivale sur le bassin en calculant une hauteur initiale minimale possible, H_{mo} , et une hauteur initiale maximale possible, H_{Mo} , du couvert de neige. Ce calcul se fait à l'aide des équations :

$$H_{mo} = P_9 H \quad (13)$$

$$H_{Mo} = (1 - P_9) H + H$$

où H épaisseur moyenne initiale du couvert de neige, en pouce.

P_9 est une constante.

Pour l'instant, le modèle applique ce calcul uniquement à l'épaisseur moyenne du couvert de neige en date du 1er mars, soit le début de la période d'étude; les chutes de neige qui peuvent survenir par la suite sont cumulées uniformément sur l'ensemble du bassin.

Par la suite, la hauteur minimale, H_m , et la hauteur maximale, H_M , sont calculées chaque jour pour tenir compte de la fonte et des chutes de neige. Ce calcul de H_m et H_M permet de restreindre la hauteur d'eau de fonte, évaluée d'après l'équation 5, à la surface enneigée du bassin. Revenant sur les variations de H_m et H_M , elles subissent des augmentations égales aux hauteurs d'eau équivalentes aux chutes de neige en assumant d'une façon constante que dix pouces de neige donnent un pouce d'eau; elles sont également augmentées d'une quantité égale à la partie de la pluie qui se solidifie dans le stock de neige, c'est-à-dire des quantités :

a- $D \frac{P}{F + P}$ dans le cas où $F + P$ devient supérieure à D .

b- P dans le cas où $F + P$ est inférieure à D .

ici, D représente toujours le déficit calorifique du couvert de neige en pouces d'eau.

F représente la fonte en pouces.

P représente la pluie en pouces.

Dans les autres cas, on a diminution de la hauteur du stock de neige d'une quantité égale à la fonte obtenue à l'aide de l'équation 5, après avoir corrigé pour la partie de cette eau qui se recongèle à l'intérieur du couvert de neige au moyen de l'équation :

$$F_c = F - D \frac{F}{F + P} \quad (14)$$

où F_c est la fonte corrigée en pouces; F , D et P sont les mêmes que pour les équations précédentes. Les valeurs de F_c et F sont calculées pour une surface unitaire.

Choisissant comme unitaire la surface totale du bassin, on applique à la fonte une correction proportionnelle au rapport entre la surface enneigée et la surface totale du bassin. Se reportant à la figure 2, qui représente schématiquement un bassin en période de fonte, on obtient trois formes de corrections possibles :

a- aucune correction si $F_c \leq H_m$

b-
$$F_{cl} = \frac{F_c}{H_{Mo} - H_{mo}} ((H_M - F_c) + 0.5F_c) \quad (15) \quad \text{si } H_m < F_c < H_M$$

c-
$$F_{cl} = \frac{H_M^2}{2(H_{Mo} - H_{mo})} \quad (16) \quad \text{si } F_c \geq H_M$$

F_{cl} la fonte corrigée pour le déficit calorifique et la partie du bassin déneigée. Les autres symboles sont comme définis précédemment.

Enfin, une chute de neige tardive sur un bassin dont la surface est partiellement dépourvue de neige, (figure 2-b et c), causera une des corrections suivantes :

aa- aucune correction si $F_c < H_m$

bb-
$$F_{cl} = H_m + \frac{F_c - H_m}{H_{Mo} - H_{mo}} ((H_M - F_c) + 0.5(F_c - H_m)) \quad (17)$$

si $H_m < F_c < H_M$

cc-
$$F_{cl} = H_m + \frac{0.5(H_M - H_m)^2}{H_{Mo} - H_{mo}} \quad (18)$$

si $F_c \leq H_M$

Les différents symboles étant toujours les mêmes.

A ce stade-ci, nous avons pu déterminer la hauteur d'eau de fonte et de pluie qui arrive au niveau du sol. C'est peut-être ici que se pose le problème le plus délicat; celui de la répartition de cette eau en ruissellement de surface, en écoulement hypodermique et finalement en contribution à l'emmagasinement tant superficiel que souterrain.

COEFFICIENT DE RUISSELLEMENT

Bien qu'il existe plusieurs études traitant du phénomène de l'infiltration de l'eau dans différents types de sol, les résultats de ces études n'en demeurent pas moins difficilement applicables étant donné l'hétérogénéité des bassins tant dans la répartition des types de sol que dans la couche végétale qui les recouvre.

Une solution à ces problèmes d'hétérogénéité peut être apportée si on considère le débit de base du bassin comme étant un bon indice de l'état des réserves d'eau et par ricochet de l'humidité totale emmagasinée dans le sol. Il est évident que la partie de la lame d'eau devant contribuer au ruissellement dépend étroitement de l'humidité présente dans le sol. Cette partie est généralement calculée au moyen d'un coefficient dit de ruissellement. Nous utilisons

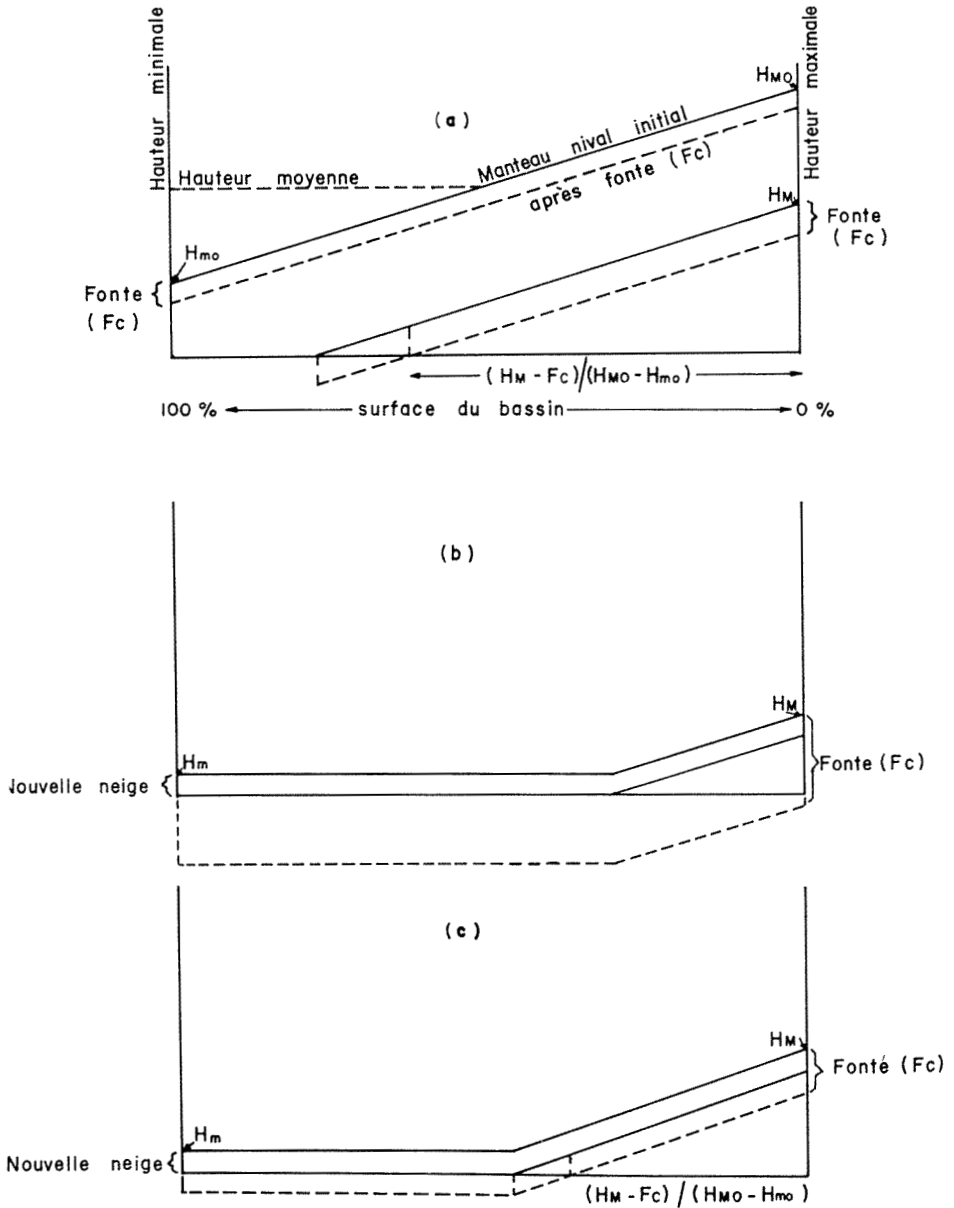


FIG. 2. Représentations schématiques d'un bassin en période de fonte.

un tel coefficient dont les variations sont assimilées aux variations d'un facteur théorique, R_j . Nous utilisons :

$$R_j = R_{j-1}P_{10} + F_c + P \quad (19)$$

avec comme hypothèse de départ $R_0 = 0$.

où R_j est un facteur devant entrer dans le calcul des facteurs de ruissellement de fonte et de pluie.

P_{10} est un paramètre.

F_c et P sont la fonte et la pluie en pouces.

L'équation 19 est une cumulation des hauteurs d'eau qui atteignent la surface du sol. L'équation de forme récurrente a pour effet de faire tendre le coefficient de ruissellement vers sa valeur limite, soit l'unité. Il est indéniable que le coefficient de ruissellement subit également des diminutions plus ou moins importantes qui sont directement liées à la durée des périodes de faibles apports d'eau de fonte ou d'eau de pluie. C'est ce qui explique la présence du paramètre P_{10} de la relation 19.

Les variations du coefficient de ruissellement de l'eau de fonte peuvent alors être définies :

$$K_F = \frac{D_0}{D_{\text{omax}}} + \left(1 - \frac{D_0}{D_{\text{omax}}}\right) (1 - e^{-R_j/P_{11}}) \quad (20)$$

où K_F est le coefficient de ruissellement de la fonte.

D_0 est le débit initial en p.c.s. au début de la période d'étude.

D_{omax} est le débit initial maximal possible en p.c.s. au début de la période d'étude.

P_{11} est un paramètre.

Le coefficient du ruissellement se définit donc à partir de R_j au moyen d'une loi exponentielle qui tient compte du mûrissement du stock de neige; le paramètre P_{11} nous permet un certain contrôle sur l'amplitude des variations de l'indice humidité du sol.

Ayant déterminé la hauteur d'eau de fonte qui a percolé jusqu'au niveau du sol le jour j , le produit de la quantité " F_{cl} " par le coefficient de ruissellement déduit des équations 19 et 20, représente la hauteur d'eau de fonte qui ruissellera cette même journée. Nous bâtissons ainsi la matrice des fontes ruissellées R_n d'ordre n_j et n ; soit le nombre de jours (n_j) que dure la période d'étude et le nombre (n) de postes utilisés. Le calcul effectué sur cette matrice au

moyen d'une répartition sur les zones isochrones d'une fonction d'étalement approprié, nous fournit la partie du débit de la rivière qui provient du ruissellement de l'eau de fonte.

COEFFICIENT DE RUISSÈLEMENT DE L'EAU DE PLUIE

En première approximation, l'eau de pluie qui arrive au niveau du sol devrait ruisseler de la même façon que l'eau de fonte. Cet énoncé est exact en autant que la surface du bassin est encore recouverte de neige et que la chute de pluie se produit de la même façon que la production d'eau de fonte; or ce n'est pas le cas. De plus, les averses surviennent généralement après la période de fonte; à cette époque de l'année, l'évapotranspiration ne peut être négligée. Nous avons donc cherché une relation aussi simple que possible entre la température maximale journalière et l'évapotranspiration potentielle. Nous avons trouvé :

$$ETP = (T_M - T_o) ((T_M - T_o)P_{12} + P_{13}) \quad (21)$$

L'évapotranspiration potentielle, ETP, est déterminée en pouce par jour; l'ajustement est effectué au moyen des paramètres de réglage P_{12} et P_{13} . T_M est la température maximale du jour en degrés F et T_o un seuil de température en degrés F. Il est évident que le ruissellement de l'eau de pluie sur un sol dénudé de neige sera d'autant plus faible que la période écoulée depuis la dernière averse, aura été longue. On traduit ce phénomène par une cumulation dans le temps des hauteurs d'eau d'évapotranspiration potentielle. Nous utilisons une formule itérative afin d'évaluer l'évapotranspiration réelle E_T à partir de EPT. Nous avons donc maintenant :

$$E_{Tj} = E_{Tj-1}P_{14} + ETP \quad \text{en posant } E_{To} = 0 \quad (22)$$

où E_{Tj} est l'évapotranspiration du jour j, en pouces d'eau.

P_{14} est un paramètre plus petit que un.

ETP provient de l'équation 21.

L'expression du coefficient de ruissellement de la pluie doit pouvoir s'appliquer aussi bien sur un bassin entièrement recouvert de neige que sur un bassin en partie ou totalement découvert. La disparition graduelle de la couverture de neige est en relation étroite avec l'augmentation générale des températures maximales et par conséquent de l'évapotranspiration. Compte tenu de cette remarque, il nous est possible d'utiliser une relation semblable à celle du coefficient de ruissellement de l'eau de fonte dans le cas du ruissellement de l'eau de pluie. Nous avons alors :

$$K_p = \frac{D_o}{D_{omax}} + \left(1 - \frac{D_o}{D_{omax}}\right) (1 - e^{-P_{15} R_j / P_{11}}) \quad (23)$$

où K_p est le coefficient de ruissellement de la pluie, les autres symboles ayant été définis plus haut.

Le paramètre, $P_{15} > 1$, permet un ruissellement relativement plus important que celui de l'eau de fonte, importance qui s'explique d'ailleurs par la nature impulsive des averses. La hauteur H_p d'eau de ruissellement provenant de la pluie est finalement obtenue de la relation suivante :

$$H_p = K_p (P - E_T) \quad (25)$$

EFFET D'ENTRAÎNEMENT DE LA PLUIE

Plusieurs études du phénomène de la fonte du couvert de neige ont démontré qu'en période pluvieuse, le bilan énergétique ne suffit pas à produire toute l'eau de fonte recueillie dans la rivière. Ceci a tout particulièrement été mis en évidence par les travaux de Pysklywec, Davar et Bray (1968). Nous croyons que dans son cheminement vers la rivière, l'eau de pluie à forte intensité entraîne avec elle une partie de l'eau qui est en suspension dans le stock de neige. La pluie qui tombe sur la neige crée des canaux d'écoulement préférentiels à travers le stock et également à la base du couvert de neige lors du ruissellement. Deux phénomènes peuvent se produire; un premier serait l'entraînement de l'eau en suspension vers les canaux verticaux créés par la pluie et un second serait le non-effondrement du stock de neige malgré les canaux creusés à la base par le ruissellement de l'eau de pluie, ce qui occasionnerait une vidange partielle de l'eau qui sature la base du couvert de neige. Expérimentalement, on devrait observer une certaine diminution de la densité moyenne du stock de neige après une pluie importante, mais nous n'avons pas cependant contrôlé la véracité de cet énoncé. On pourrait également invoquer un effet d'entraînement d'air humide dans la neige par l'action de la pluie et une fonte subséquente due à la condensation de l'humidité de cet air pourrait expliquer ce surplus de débit.

Pour tenir compte de cette augmentation des débits, le modèle que nous avons construit ajoute à la fonte, F_{c1} , calculée plus tôt, une quantité dépendante de la hauteur d'eau de pluie. On a obtenu des résultats satisfaisants avec la relation 26.

$$F_{c2} = (2 - e^{-P}) F_{c1} \quad (26)$$

où F_{c2} est la fonte corrigée pour tenir compte de l'eau de pluie, en pouces.

P est la pluie en pouce.

F_{c1} est obtenu de l'une des équations 14, 15, 16, 17 ou 18.

Finalement, les apports provenant de la fonte ou de la pluie qui suivent une période où s'est produit le phénomène que nous venons de décrire doivent être diminués d'une quantité égale à la hauteur d'eau entraînée par la pluie :

ce qui revient à replacer la densité moyenne du couvert de neige à sa valeur initiale.

Le ruissellement de surface de l'eau de pluie et de l'eau de fonte, constitue certainement la majeure partie du volume total d'eau de la crue du printemps. Même si ce phénomène doit obligatoirement canaliser une partie importante des recherches visant à synthétiser la crue du printemps, ce serait commettre une erreur appréciable de négliger l'apport de base. Le rôle que joue la vidange des réserves d'eau à cette période de l'année est souvent plus important qu'en période estivale, quoique sa valeur relativement à la crue qui l'accompagne est faible.

Débit de base

Comme l'ont souligné MM. Roche et Slivitzky (1966), si les réserves superficielles sont importantes, elles jouent un rôle analogue à celui des réserves souterraines. La recharge de l'ensemble des réserves correspond à cette partie de l'eau qui ayant percolé jusqu'à la surface du sol, ne ruisselle pas, déduction faite des pertes par évapotranspiration. L'expression mathématique de la recharge R_E est de la forme :

$$R_E = (1 - K_F) F_{c2} + (1 - K_P) (P - E_T) \quad (27)$$

Tous les symboles du second membre de l'équation sont définis plus haut.

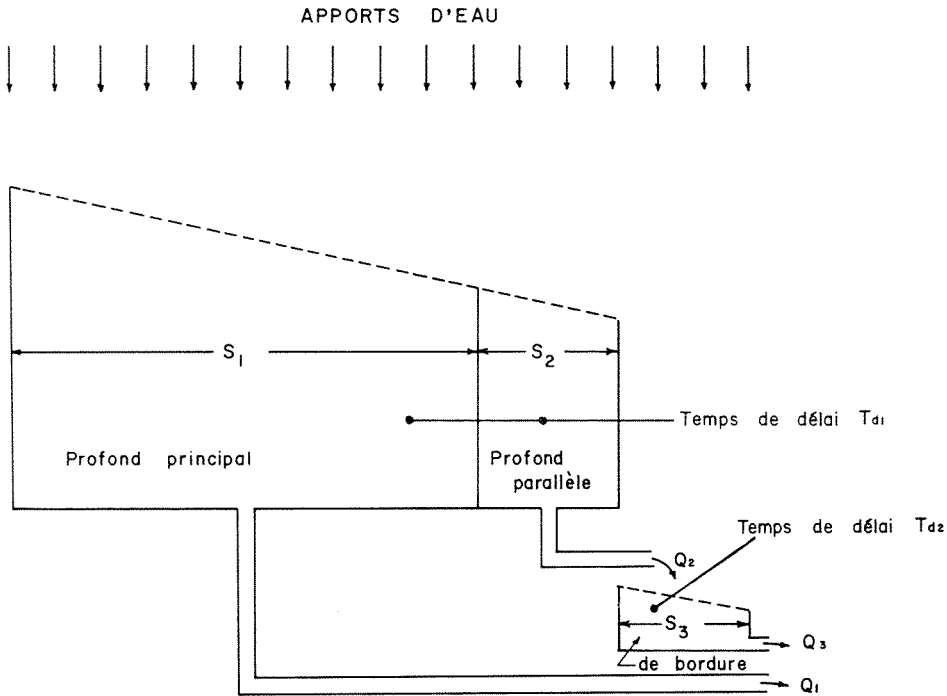
Nous reprenons ici une partie du travail effectué par le professeur H.D. Ayers (1963) qui, à la suggestion de Dooge, développa un modèle dans lequel le système des eaux souterraines est constitué d'éléments de stockage à travers lesquels l'eau infiltrée peut être acheminée soit à un autre élément d'emmagasinement en série puis à la rivière, soit directement à la rivière; (figure 3).

Les différents éléments d'emmagasinement sont :

- 1 – un élément profond principal de surface réceptrice "S₁";
- 2 – un élément parallèle de surface "S₂" se déversant dans un troisième élément; *
- 3 – élément de bordure, de surface réceptrice "S₃".

La vidange d'un élément est représentée mathématiquement par l'équation de Dooge, (Ayers 1963) :

$$Q_j = C_0 R_{Ej} + C_1 R_{Ej-1} + C_2 Q_{j-1} \quad (28)$$



S_1, S_2 et S_3 symbolisent les surfaces réceptrices et Q_1, Q_2 et Q_3 les parties contributantes au débit de la rivière.

FIG. 3. Schéma de vidange des eaux souterraines représentant les éléments responsables du débit de base.

Ici, Q_j est la décharge d'un élément dans l'intervalle de temps unitaire (j) et R_{Ej} est sa recharge au cours de la même période. Les coefficients de l'équation 28 se définissent en fonction du temps de délai (Td) de chacun des éléments et de l'unité de temps de cheminement, "T". On a alors :

$$\begin{aligned}
 C_0 &= 1 - \frac{Td}{T} (1 - e^{-T/Td}) \\
 C_1 &= \frac{Td}{T} (1 - e^{-T/Td}) - e^{-T/Td} \\
 C_2 &= e^{-T/Td}
 \end{aligned}
 \tag{29}$$

Finalement, la somme des surfaces réceptrices de chacun des éléments d'emmagasinement auxquels s'additionnent les surfaces imperméables, s'il y a lieu, doit nécessairement équaler la surface totale du bassin.

Application au bassin du réservoir Kénogami

DESCRIPTION DU BASSIN

Le réservoir Kénogami est alimenté principalement par la rivière Chicoutimi. L'écoulement se fait dans une direction nord-nord-est et l'ensemble du réseau draine une superficie totale de 1,270 miles carrés.

L'élévation du bassin varie de 600 pieds au niveau du réservoir à près de 3,500 pieds à la crête la plus élevée. L'étude de la répartition des altitudes du bassin montre qu'environ 50% de la surface est comprise entre 2,000 et 3,000 pieds, 40% entre 1,000 et 2,000 pieds et 10%, est située à une élévation moindre que 1,000 pieds.

Les lacs ne sont pas particulièrement importants et occupent environ 2% de la surface totale du bassin; enfin, le bassin est recouvert presque en totalité de forêts de conifères.

Pour fin d'étude, on a subdivisé le bassin en quatre secteurs au moyen des polygones de Thiessen, un pour chacune des stations météorologiques utilisées.

Stations	Pourcentage du bassin
1— Portage-des-Roches	14.5
2— Mésy	16.7
3— Mont-Apica	51.4
4— Lac-Jacques-Cartier	17.4

COMPARAISON ENTRE LES DÉBITS OBSERVÉS ET CALCULÉS

Les figures 4, 5 et 6 nous font voir les hydrogrammes calculés et observés pour la période s'étendant du 1er mars au 30 juin des années 1964, 1965 et 1966. A noter que les paramètres de réglage du modèle sont identiques pour chacune des crues reproduites.

Année 1964

Le printemps de 1964 est caractérisé par une accumulation normale de neige sur le bassin, qui disparaît assez rapidement de sorte que toute fonte est terminée avant le milieu de mai; puis une série d'averses importantes succèdent à cette période de fonte.

Dans l'ensemble, le modèle a bien reconstitué la période de crues dues à la fonte et plus particulièrement celles dues aux averses. On pourrait reprocher

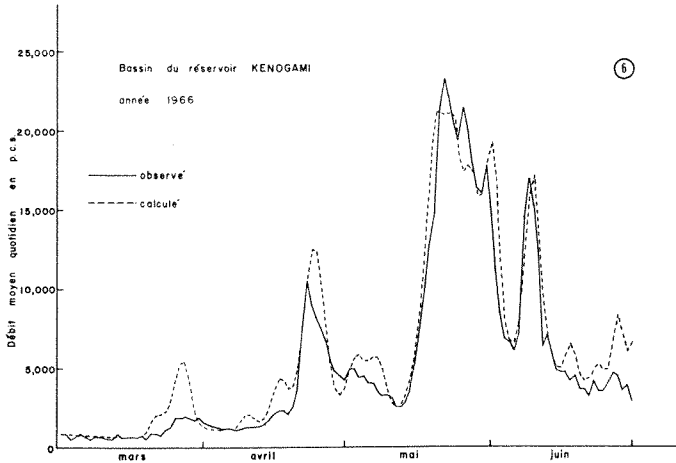
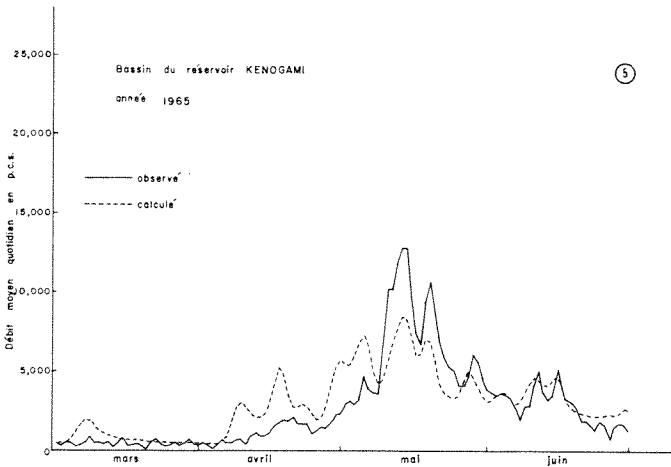
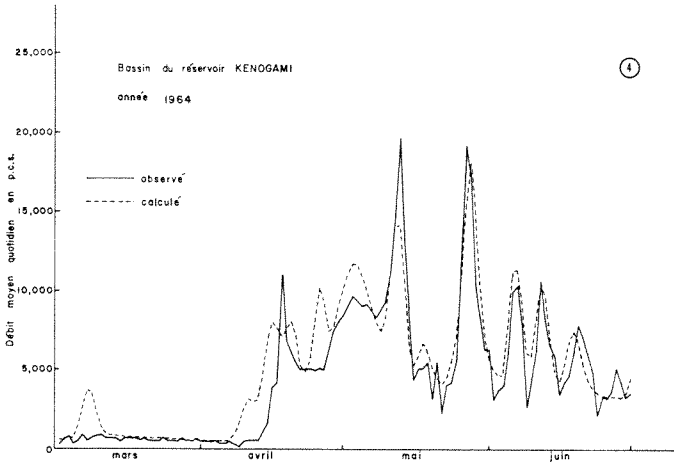


FIG. 4. Hydrogrammes observé et calculé du printemps de 1964.

FIG. 5. Hydrogrammes observé et calculé du printemps de 1965.

FIG. 6. Hydrogrammes observé et calculé du printemps de 1966.

au modèle d'avoir exagéré les crues de la fin d'avril et du début de mai. Les calculs détaillés nous indiquent que ces crues sont le résultat de fontes importantes provenant des postes 2 et 3 soit : Métsy et le Mont-Apica. On a vu que le poste 3 représente 51% du bassin; il est possible que cette station, qui est relativement élevée par rapport au secteur qu'elle représente, ne soit pas représentative de toute cette superficie, puisque de par son emplacement, il semble que le sol nu apparaisse plus tôt que sur l'ensemble du secteur. En ce qui concerne la pointe du milieu de mars, nous exprimons certains doutes sur la validité du débit observé; on doit noter que les débits observés qui sont utilisés ici constituent les apports au réservoir Kénogami et de ce fait, ils sont reconstitués à partir des cotes du réservoir et des débits sortants. Une erreur dans la lecture d'une de ces cotes entraîne une déviation appréciable de l'apport calculé. L'effet du vent pourrait être une cause d'erreur suffisante.

Année 1965

La faible accumulation de neige présente sur le bassin au printemps de 1965, disparaît relativement tard par rapport à l'année précédente. Les périodes de pluie qui suivent la fonte sont cependant aussi fréquentes qu'en 1964, quoique le volume de ces pluies soit d'environ 3 ou 4 fois inférieur.

Bien que les volumes d'eau calculés et observés soient comparables, le modèle s'est débarrassé trop rapidement du stock de neige. L'explication pourrait se trouver dans le fait qu'étant donné la faible hauteur de neige du printemps, les basses températures des nuits pénètrent profondément dans le stock de neige et peut-être même dans le sol, limitant les apports d'énergie par le bas d'où la nécessité d'un apport d'énergie de l'extérieur qui doit d'abord combattre l'action des faibles températures sur cette mince couche de neige, avant de produire de l'eau de fonte.

Année 1966

En 1966, le couvert de neige est important et il tarde à fondre à cause des basses températures qui se prolongent tard dans la saison. Les averses plus intenses qu'en 1965, mais inférieures à 1964, sont toutefois aussi fréquentes avec cette différence que les premières chutes de pluie coïncident avec la fonte.

Le modèle a reconstitué les débits observés d'une façon satisfaisante; on devait s'attendre cependant à ce que le modèle produise un résultat légèrement supérieur aux autres années puisqu'il traitait un volume d'eau comparativement plus grand et de par le processus d'optimisation inclus dans le modèle, les variations apportées aux paramètres de contrôle avaient tendance à produire une amélioration plus marquée des valeurs de 1966 comparativement aux deux années précédentes.

La décrue calculée, légèrement trop forte, peut s'expliquer, en partie, par une représentativité restreinte de la station météorologique de Lac-Jacques-

Cartier. En effet, cette station est sise au fond d'une cuvette près du lac du même nom. Ce dernier demeure gelé tard au printemps et refroidit l'air qui se déplace au-dessus de sa surface en direction de la station où il est pris en trappe. La correction qui doit être apportée aux températures de cette station est fonction du degré de stabilité de l'air et de la vitesse du vent et est nécessairement dans le sens d'une augmentation de la fonte; ce qui permettrait d'améliorer l'hydrogramme calculé en hâtant la période de fonte.

Pour l'ensemble des trois années, on peut conclure que le modèle donne des résultats satisfaisants et c'est d'autant plus encourageant que chacune de ces périodes de fonte présente des caractéristiques bien distinctes.

EFFET DE VARIATION DES PARAMÈTRES SUR L'HYDROGRAMME CALCULÉ

Dans la recherche d'hydrogrammes synthétiques par une méthode itérative en utilisant un minimum de données météorologiques, il est souhaitable de connaître l'influence des différents paramètres introduits dans le modèle. L'essai fut exécuté en utilisant les données de l'année 1966 du réservoir Kénogami. Les figures 7, 8, 9 et 10 présentent les hydrogrammes obtenus en faisant varier les quatre paramètres de réglage dont l'influence est la plus marquée.

Le taux de fonte

La figure 7 montre ce qu'occasionne dans un hydrogramme une diminution de 20 pour cent du paramètre P_2 de l'équation 5. Elle entraîne une diminution des crues qui précèdent la crue principale et une augmentation de la décrue. On peut observer une augmentation ou une diminution de la crue principale aux dépens des crues secondaires qui l'accompagnent; somme toute, une baisse du taux de fonte P_2 ralentit le processus de fonte en diminuant le ruissellement du début de la période de fonte et en augmentant ce dernier lors de la décrue.

Le seuil de température

Si nous faisons varier, dans l'équation 5, le seuil de température T_0 de 40° à 32° F, nous obtenons une variation telle que présentée à la figure 8. En pratique, le seuil T_0 est ajusté en même temps que le taux de fonte de sorte qu'une combinaison différente des deux paramètres peut très bien améliorer l'hydrogramme synthétique alors que la seule variation d'un des paramètres d'ajustement va détériorer le résultat. On notera que le seuil de température possède un degré de liberté de plus que le taux de fonte, puisqu'en plus d'influencer la hauteur d'eau de fonte, il agit sur la position dans le temps de cette fonte.

Les coefficients de ruissellement de l'eau de fonte et de pluie

La figure 9 représente graphiquement l'effet que produit, sur l'hydrogramme calculé, une diminution de 20 pour cent du paramètre P_{11} des équations

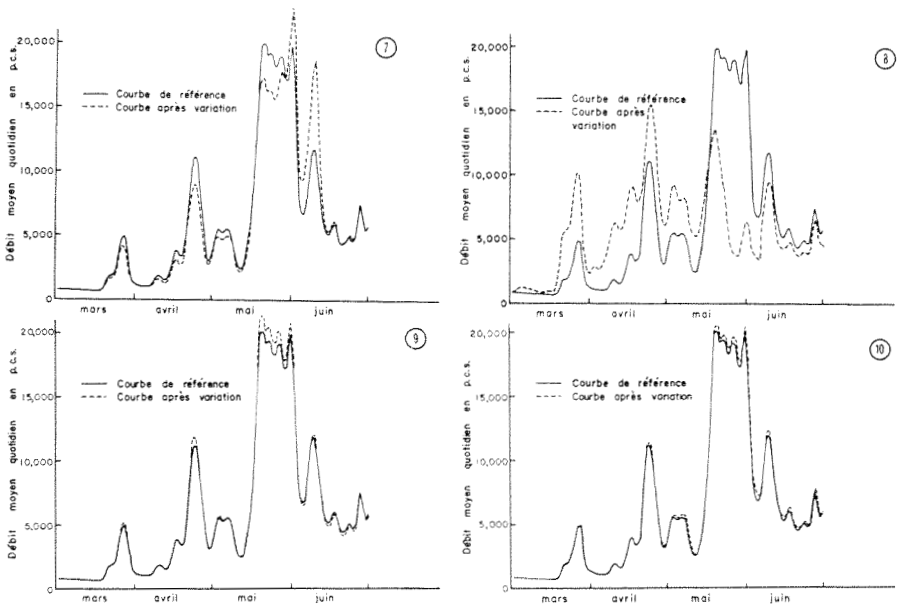


FIG. 7. Variation du taux de fonte (P_2): effet d'une diminution de 20% sur le calcul des débits quotidiens. FIG. 8. Variation du seuil de température (T_0): effet d'une diminution de 20% sur le calcul des débits quotidiens. FIG. 9. Variation simultanée des coefficients de ruissellement (K_F , K_P); effet d'une diminution de 20% sur le calcul des débits quotidiens. FIG. 10. Variation du temps de délai de l'élément principal d'emmagasinement de l'eau d'infiltration (T_{d_1}): effet d'une diminution de 20% sur le calcul des débits quotidiens.

tions 20 et 23. Une telle variation de ce paramètre entraîne une variation des coefficients de ruissellement K_F et K_P comprise entre 0 et 14%. Le résultat est une légère augmentation des premières crues et de la crue principale au détriment des dernières crues. Ce paramètre se classe troisième par ordre d'influence mais les deux premiers le surclassent de beaucoup.

Temps de délai des éléments d'emmagasinement principal et parallèle

Une diminution du temps de délai implique des variations plus accentuées du débit de base. Se référant à la figure 10, on note que ce paramètre ne fait que raffiner l'hydrogramme obtenu par l'ajustement des trois paramètres précédents.

Les autres paramètres

Les autres paramètres utilisés dans l'élaboration du modèle de crue ont aussi été testés. Ils avaient une influence si peu appréciable que nous avons jugé inutile de présenter les résultats obtenus.

Conclusion

Nous pourrions conclure en soulignant qu'il est possible de reconstituer une crue printanière avec le modèle que nous venons de décrire, à la condition de connaître avec assez d'exactitude les paramètres ayant le plus d'influence sur l'hydrogramme calculé, en particulier le taux de fonte et le seuil de température, les autres paramètres n'ont besoin que d'être définis approximativement; de même, pour un bassin tel que celui que nous avons étudié, la connaissance de la température maximum quotidienne est suffisante; aussi, l'amélioration apportée par l'addition de certains facteurs est quelquefois discutable devant la complexité des calculs impliqués; enfin, l'application du modèle, dans un but de prévision, est limitée par la valeur des prévisions météorologiques.

REMERCIEMENTS : Je voudrais remercier tout particulièrement M. Georges Girard, directeur de recherche à l'O.R.S.T.O.M. en France, pour sa collaboration soutenue à l'élaboration du modèle.

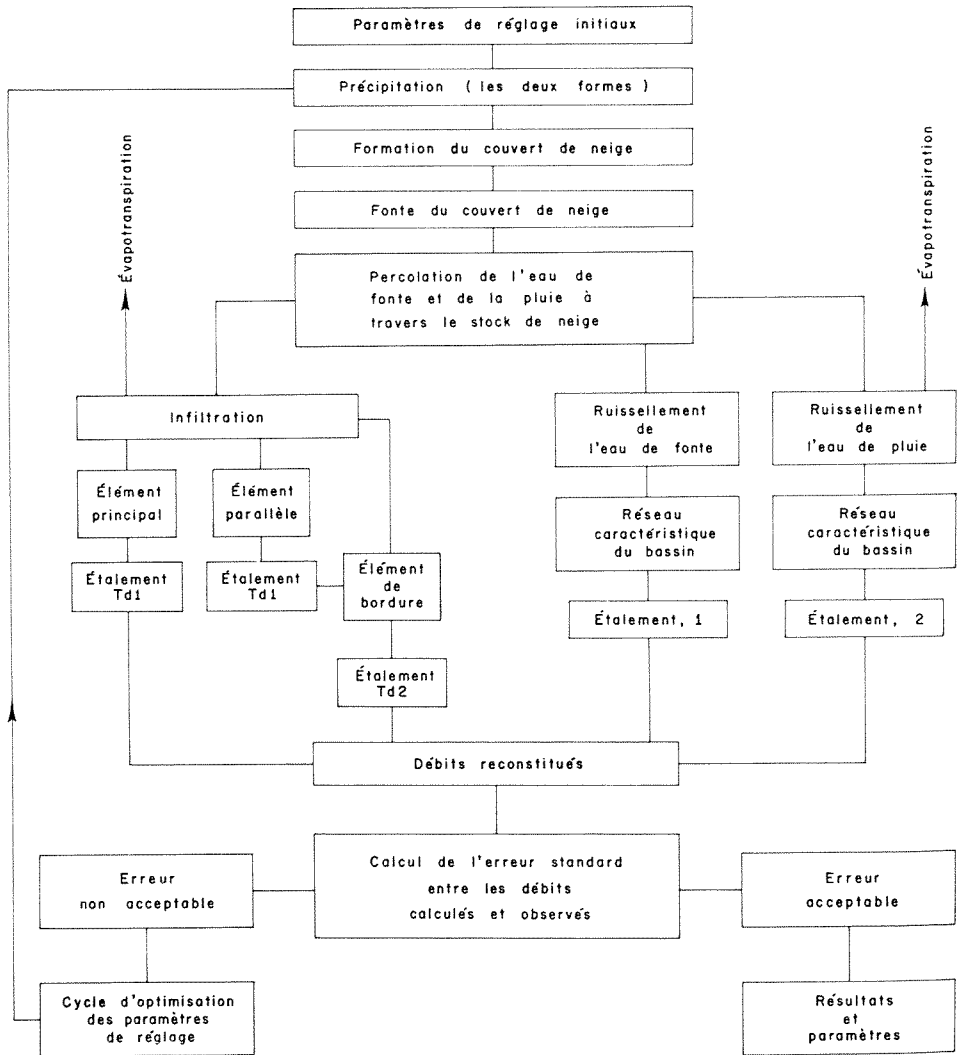
NOTE : Le modèle existe présentement en langage *Fortran* avec un processus d'autoréglage des paramètres. Il est également écrit en langage *APL*, cette fois sans optimisation.

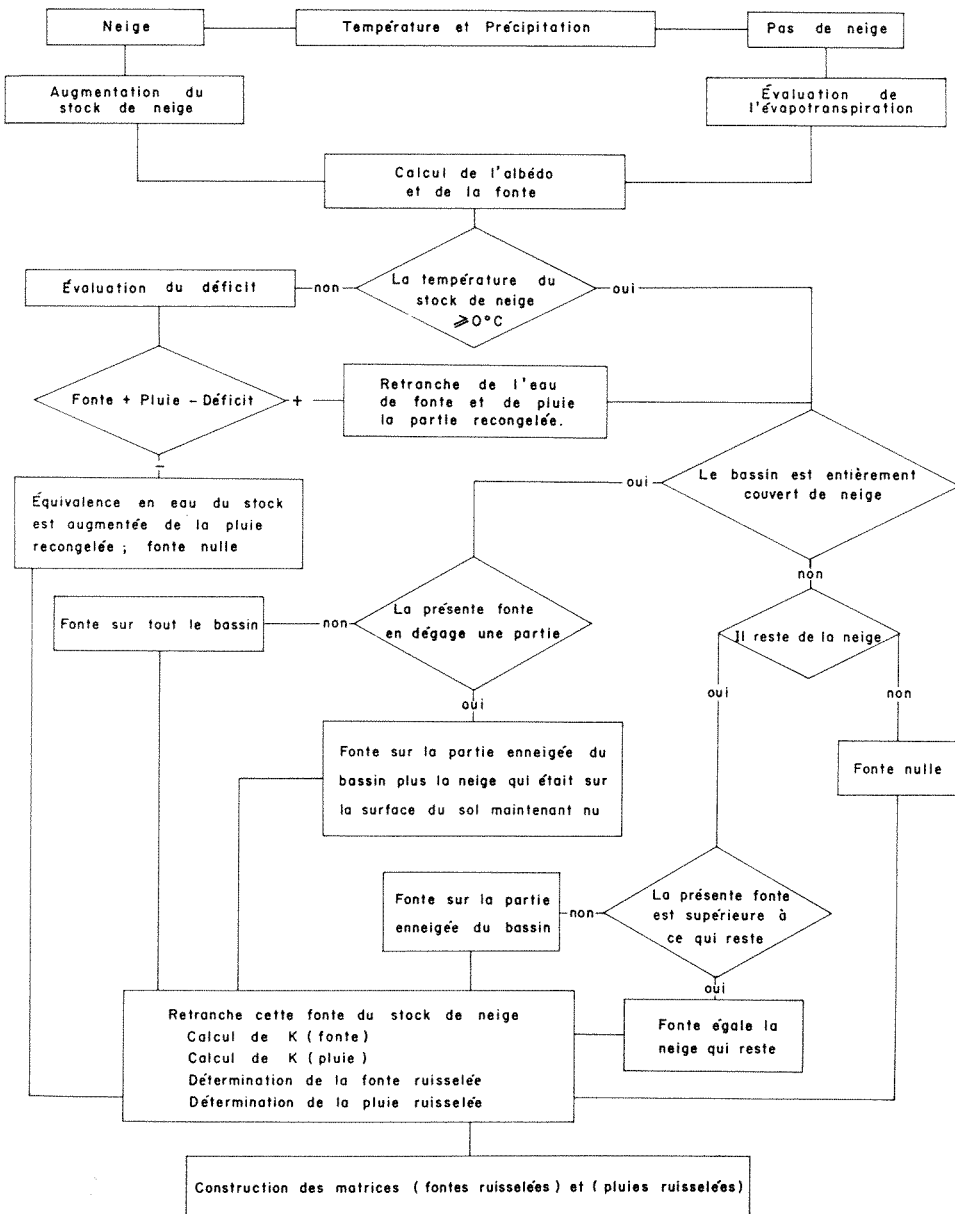
Références

1. AYERS, H.D., 1963. Analysis of low flow in streams, Annual Meeting of the North Atlantic Section American Society of Agricultural Engineers, Orono Maine, Paper NoNA 63-404, 18 p.
2. LAURENSEN, E.M., E.F. SCHULZ and V.M. YEVDJEVICH, 1963. Research data assembly for small watershed floods. Eng. Res. Center Colorado State University Fort Collins, Colorado.
3. PYSKLYWEC, D.W., K.S. DAVAR and D.I. BRAY, 1968. Snowmelt at an Index Plot, Water Resources Research. *Am. geophys. Union*, 4 (5): 937-947.
4. ROCHE, M. et M. SLIVITZKY, 1966. Modèle mathématique pour une crue de fonte de neige. O.R.S.T.O.M., Paris, 47 p.
5. U.S. Army Corps of Engineers, 1956. Snow Hydrology. *Pub. U.S. Department of Commerce Office of Technical Services* N° PB 151660, 437 p.

ANNEXES

Les annexes I et II contiennent les organigrammes respectifs du modèle de crues dans son ensemble et de la "sous-routine" qui élabore les matrices de "fonte ruisselée" et de "pluie ruisselée".







RECENT CANADIAN TRENDS IN AIR POLLUTION METEOROLOGY

R. E. MUNN and M. S. HIRT

Meteorological Service of Canada, Toronto

Résumé

Les auteurs décrivent les tendances actuelles au Canada dans le domaine de la météorologie appliquée à la pollution atmosphérique; ils mettent l'accent sur les concepts physiques préconisés plutôt que sur le traitement mathématique détaillé des problèmes. Les sujets traités comprennent : le problème classique de la diffusion à partir d'une source ponctuelle, la montée des effluves, le problème de la méso-circulation, la météorologie urbaine et la prévision du risque latent de pollution.

Bien que la pollution atmosphérique se pose partout dans le monde, seuls les travaux des scientifiques canadiens sont décrits.

Abstract

Recent trends in Canadian air pollution meteorology are discussed with emphasis on physical concepts rather than on mathematical details. Topics include the classical problem of diffusion from a point source, plume rise, the meso-scale problem, urban meteorology, and forecasting air pollution potential. Although air pollution is a world-wide problem, only the work of Canadian scientists is described.

Introduction

Air pollution has been defined as the presence in the atmosphere of substances, placed there by the acts of man or nature, in concentrations sufficiently high to interfere with man's comfort, safety, or health, or with the full use and enjoyment of his property. The two most important kinds of poor air quality are,

- (a) the so-called *reducing atmosphere* which contains the products of incomplete combustion. This is the classical problem of soot and SO_2 ,
- (b) the oxidizing atmosphere, in which sunlight initiates photochemical reactions between NO_x and hydrocarbons to create oxidants. The automobile is a primary cause of this type of pollution.

Photochemical smog was first identified in Los Angeles but is proving to be ubiquitous. During periods of warm anticyclonic weather, for example, the

Toronto-Hamilton area of Canada has a reducing atmosphere in winter and an oxidizing atmosphere in summer.

The preferred method of improving air quality is to control the sources. This is not always technically possible or economically desirable. For example, some large industrial operations "must" emit large quantities of sulphur into the atmosphere. Commercially-available filters and precipitators have not yet reached perfection; they can remove only about 95% of the pollution, and the remaining 5% amounts to as much as 100 tons of sulphur per day. Industry therefore has four alternatives :

- (a) Locate the operation away from population centres. (This may not be economical and in any event, a new community soon begins to develop nearby).
- (b) Purchase a large tract of the surrounding land or be prepared to pay damages to farmers for agricultural damage.
- (c) Design chimneys in such a way that maximum advantage is taken of the local atmospheric dilution capacity. (This capacity is great but not unlimited).
- (d) Use day-to-day meteorological "control", i.e., switch to low-sulphur coal or reduce operations when poor dispersion conditions are forecast.

All of these solutions may result in an increase in global *background* loadings of pollution. The sulphur content in Alberta soils, for example, has been increasing over the past 10 years.

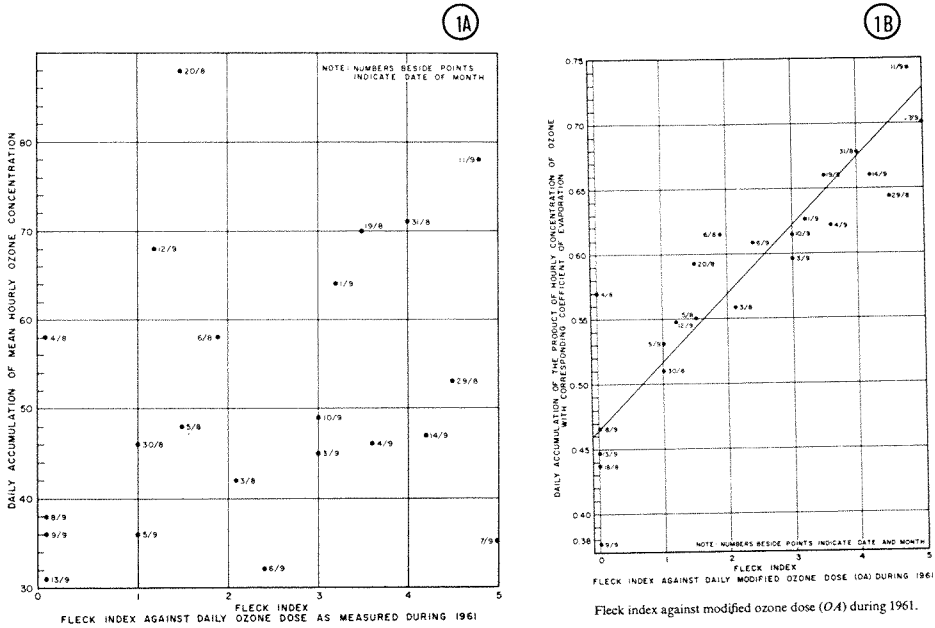
It is clear that on all space and time scales, air pollution is an ecological problem. There is a *stress* caused by the emission of waste products into the environment; the *response* is a physical or biological change in the receptors. The intermediate link or vector in this ecosystem is the atmosphere, which cannot be neglected by those who seek to improve air quality.

This paper considers recent trends in Canadian air pollution meteorology, with emphasis on physical concepts rather than on mathematical details. Equations will not be included, although they are essential in the formulation and solution of real problems.

The Classical problem : diffusion from a point source

The very old problem of predicting the diffusion from a point source is still troublesome, even in the simplest formulation, namely, that of a release of weightless particles or chemically-inert gases at some height above a uniform surface of infinite extent in steady-state conditions. The effect of wind shear is not fully understood and in addition, the statistical models yield only average values over 10-30 min whereas 1-sec peaks are important when the receptor

response is almost instantaneous (odours, for example). Peak-to-mean ratios are often as high as 10 and can be as large as 100. Csanady (1967a) has argued that peak values can be specified only in terms of probability distributions. Csanady (1967b) has also considered the variability of areal dosages, a question of some importance in cities.



Fleck index against daily ozone dose as measured during 1961.

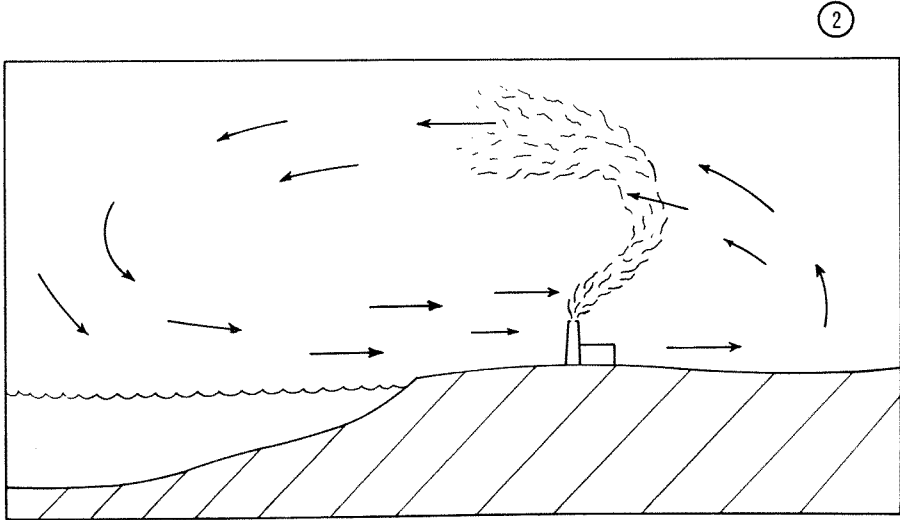


FIG. 1. Relationship between (a) oxidant concentrations above the crop and tobacco fleck and (b) oxidant flux with tobacco fleck.

FIG. 2. Schematic diagram of the influence of the lake breeze on a buoyant plume.

Classical models assume perfect reflection of the pollution from the earth-atmosphere interface. The calculations then give the *right* answer by introducing a virtual source at a distance below the surface equal to the emission height above. If this were true exactly, there would be no receptor response. However, the transfer rates within a few millimetres of the receptor are of increasing interest, i.e., fluxes through the viscous sublayer in the case of smooth interface, and through the internal boundary layer over a leaf. Barry and Munn (1967) have investigated this question over a snow surface using two radioactive gases, iodine-131 and tritiated water vapour. The snow is a perfect sink for these two tracers, and thus the flux can be determined from subsequent analysis of snow samples. The results are given in terms of the ratio of concentration (at 30 cm) to flux, termed the fluid *resistance* to mass transfer (in units of sec/cm). It turns out that for simultaneous releases, the resistances are different for the two gases and that the differences can be explained in terms of molecular diffusivities.

In studies of the cause of tobacco fleck along the north shore of Lake Erie, Mukammal (1964) has obtained results that are relevant to this question. The leaf damage in the field was similar to that obtained in laboratory fumigations with ozone. Yet outdoor measurements of oxidant concentrations above the crop showed little relation to incidents of flecking (Fig. 1a). When oxidant concentration was replaced by oxidant flux, however, a very clear pattern emerged (Fig. 1b). The fundamental principle illustrated here is that the flux to the leaf surface is far more important than the concentration or dosage in the air.

Diffusion models become more complex when particulate matters is released. The glass-bead studies at the Suffield Experimental Station in Alberta (Hage 1961, Walker 1965) have shed considerable light on the theoretical relations. Stewart and Csanady (1967) have also considered this question. The problem has practical applications connected with aircraft spraying of crops and forests, a topic discussed by Maybank and Yashida (1968). Hage *et al.* (1960) have argued that flatplate samplers measure the deposition on flatplate samplers, not on the undisturbed grass surface; their result show a regular increase in deposits of glass beads downwind from the leading edge of the flat plate.

For Canadian engineering design studies of chimney height over relatively flat terrain, the Pasquill classification (Pasquill 1962) is used, as indeed is the case in many other countries. In some instances (complex terrain, important economic or health considerations), field studies are undertaken using bidirectional vanes, tethered ballons and uranine dye tracer releases (Munn and Cole 1967, Munn 1964) (See Section 4 and 5).

One design problem that has never been resolved is related to a safety analysis that supposes a hypothetical accident, a rupture of a liquid H₂S con-

tainer, for example. Should the climatological diffusion calculations be based on *average* weather conditions (Pasquill's D category) or on a relatively rare extreme inversion situation? This is an engineering, not a meteorological problem but it deserves more discussion.

Barry (1967) has proposed that extreme-value theory be applied to chimney design. He considers the ratio C/Q as a random variable, where C and Q are the air concentration and source strength, respectively. Given a sufficiently large sample of C/Q values at a site, the frequency of any specified concentration may be determined, permitting the design to be based on any arbitrary risk that the engineer is willing to accept. Barry has presented some frequency distributions for argon concentrations at Chalk River, Ontario. The results are interesting but comparative data are required at other locations.

Finally, it is to be noted that all the diffusion models break down when winds are calm, unfortunately, one of the most serious situations for high pollution potential.

Plume rise studies

The ground-level concentrations of pollutants emitted from a chimney decrease as the effective height of the chimney increases, the effective height being the height at which the plume becomes horizontal after losing its initial buoyancy. The number of formulae for plume-rise almost exceeds the number of experimental investigations. At present there are more than 15 different plume-rise equations, none of which is widely accepted. The formulae are all based on supposed relationships amongst buoyancy, exit velocity and wind speed. They differ in the ways they account for the entrainment of ambient air.

With *hot plumes*, exit velocity is usually neglected, and the height of the plume above ground (H) is usually expressed as $H = f(Q, U)$ where Q is the heat emitted from the stack and U the mean wind speed. In the case of a *cold plume* with temperature of the effluent very close to that of the air, buoyancy is usually neglected and the height of the plume above ground is expressed as $H = f(V, U)$ where V is the exit velocity of the effluent. When both exit velocity and buoyancy are important, the plume height is expressed as $H = f(Q, V, U)$. The nature of these functions still remain uncertain. In Canada, the studies of Csanady (1965), Slawson and Csanady (1967), and Moroz and Koczur (1967) have helped to clarify the relations. In the last two cases, the behaviour of a plume emitted from a tall chimney on the shore of Lake Ontario has been examined. In order to undertake studies in a somewhat more controlled environment, Csanady (1967c) has constructed an experimental chimney at the University of Waterloo.

Moroz and Koczur (1967) employed time-lapse photography to reveal the effect of the lake-breeze on hot chimney gases. Their movies show that the plume curved inland at first but as the smoke rose to greater heights, it was caught in the return land-to-lake wind flow. The resulting structure is shown schematically in Fig. 2. These results are of particular significance because so many chimneys are located on coasts.

Diffusion behind obstacles

In strong winds, aerodynamic downwash may occur around buildings and other obstructions to the flow. Chimney effluents are caught in the lee vortex, and brought to ground-level in relatively high concentrations. Similarly too, smoke plumes may affect adjacent high-rise apartments.

Wind-tunnel simulations of the flow around obstructions are sometimes undertaken, e.g., at the University of Toronto, whose facilities have been described by Lord and Leutheusser (1969). Because there is usually sufficient turbulent mixing during strong winds to ensure adiabatic conditions, the scaling problem is simplified considerably, the Richardson number being zero. Field investigations of strong-wind downwash have been carried out behind a heating plant in Ottawa (Munn and Cole 1967a) and in the vicinity of nuclear power reactors at Douglas Point, Ontario, (Munn and Cole 1967b) and at Whiteshell, Man. Uranine dye has been used as a tracer, with supporting measurements of wind and turbulence. A portable battery-operated air sampling system has been developed that permits a last-minute decision on the location of the samplers, a desirable feature in view of the variability of wind direction. The results indicate that the ground-level concentrations are particularly dependent on the angle of attack of the wind.

The meso-scale problem

Pollution sources are rarely found in open flat countryside. Preferred locations instead are along coastlines, in valleys, and in built-up areas. The resulting meso-scale circulations often have a major effect on air quality. During periods of stagnation, on the one hand, a *local* wind may assist in ventilation and dispersion. If the meso-scale-flow reverses direction at night, on the other hand, the pollution may simply move back and forth, as occurs in valleys and at coastal locations. The arithmetic mean wind speed over 24 hours is then much greater than the vector mean, and the latter quantity is a better index for correlating with air quality. Diffusion models are not yet capable of coping with this complexity, and there is a great need for research.

In Canada, three field investigations have been undertaken at the CANDU Nuclear Power Reactor site on the shore of Lake Huron (Munn and Richards

1963, Munn 1964, Munn and Richards 1967). The summer lake-breeze creates special meso-scale diffusion patterns; the inversion over the water is eroded from below as it moves inland, creating fumigation conditions. The classical and still widely referenced study of valley flows by Hewson (1945) introduced the term *fumigation* to the meteorological community for the first time.

The urban problem : statistical approach

The time and space variability of pollution levels in an urban area is great. Superimposed on day-to-day weather variability, there are daily, weekly and seasonal cycles of human activity, which create air quality cycles. Furthermore, the emission sources are not distributed randomly in three-dimensional space.

Multivariate analysis of pollution data is fraught with difficulty. For example, when air quality is averaged according to wind-speed classes, concentrations often tend to decrease as wind speed increases; because light winds are more frequent at night than in the afternoon, however, the real cause of the relation may be the diurnal cycle in some related variable such as atmospheric stability.

It is clear that data should be prestratified into subsets before attempting meteorological interpretation of air quality trends. Unfortunately this is not

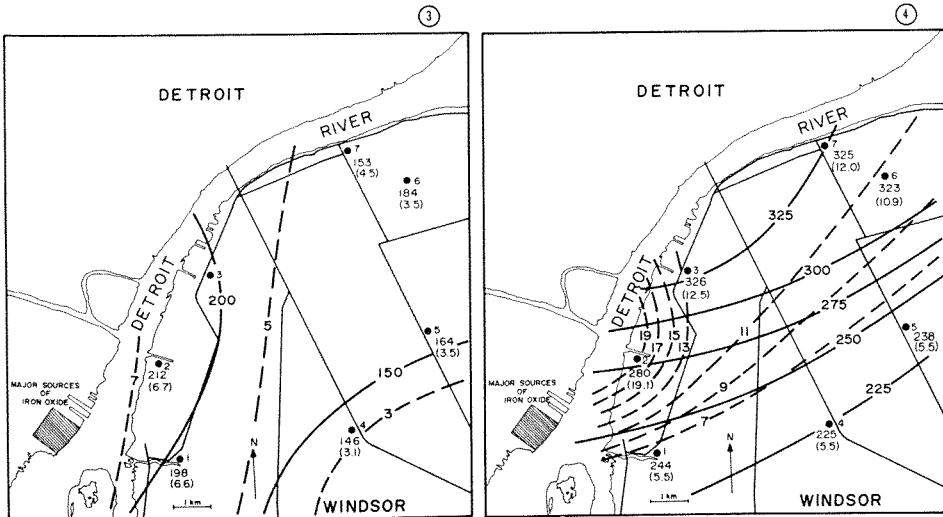


FIG. 3. Isopleths of suspended particulate dust loading (solid lines), and of iron (dashed lines) on days when the winds was NE.

FIG. 4. Isopleths of suspended particulates, dust loading (solid lines), and iron (dashed lines) on days when the wind was SW.

always possible because the most readily available pollution measurements are monthly means (dustfall values and SO₂ observations from lead peroxide candles) or daily means (high-volume sampler values or suspended particulates). Unless there is a single strong point-source of pollution, the monthly or daily *prevailing* wind is not particularly helpful in such cases. A related question is the serious need of health and control officials for meteorological interpretation of long-term trends. If pollution levels in the winter of 1969 are lower than those in 1968, is this because the local control program is more effective in 1969 or because weather conditions have been slightly different? Emslie and Satterthwaite (1966) have considered pollution trends in Vancouver; other studies are urgently required, although there is not as yet any agreement on how to proceed. Weisman *et al.* (1969) have recently proposed an index that removes the seasonal cycle in emissions.

In the case of 24-hr particulate samples, some clues are available (Stewart and Matheson 1968) (Munn *et al.* 1969a). It seems that the best approach is to discard data from all days when the wind was variable. By grouping the remaining days according to wind direction quadrants, the basic patterns become evident. Figs. 3-4 show isopleths of suspended particulates and of iron in Windsor, Ontario, on days when the wind was NE and SW respectively; the existence of a point source of iron is strongly suggested (Munn *et al.* 1969a). These figures also indicate that isopleths may be different for different pollutants.

The development of a satisfactory pollution wind-rose has been under study in Canada for a number of years. The diagram should not only be meaningful but also easy to interpret by the non-specialist. This is not as simple a task as it might seem at first glance but recent studies suggest a compromise solution. The data are separated into four groups: day-night/winter-summer. The patterns that emerge are illustrated in Figs. 5-6, which show isopleths of hourly SO₂ concentration and 2-hourly smoke values during daylight hours in winter, using the 200-ft winds from a tower in Ottawa. Fig. 5 reveals the existence of a point source of SO₂ to the northwest of the sampling station. In addition, the effect of the main built-up area to the northeast is evident in both Figs. 5 and 6.

With the cooperation of a number of federal, provincial and municipal agencies, the Meteorological Service of Canada has encouraged the establishment of a network of urban meteorological towers (Munn and Stewart 1967, Wilson *et al.* 1965), using existing television towers and erecting special 200-ft towers. The Climatological Division for a number of years has been transferring the data to punched cards. Quite recently this program has been expanded to include publication of a Quarterly Meteorological Tower Bulletin. Not only are these data useful for pollution studies but they also have many other engineering applications, wind-loadings on buildings, for example.

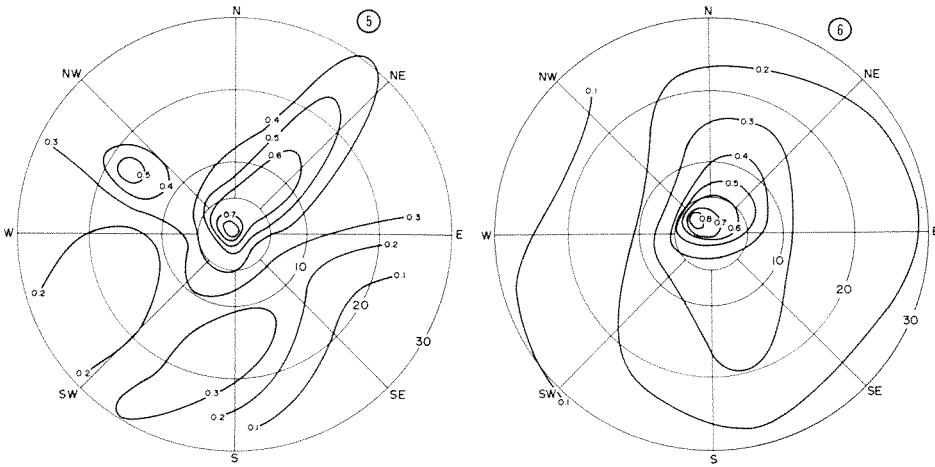


FIG. 5. Pollution wind rose for a sampling station in Ottawa, based on daytime hourly observations (0900-1700 EST) during the months Nov-April and the years 1961-1965. The central point in the diagram represents calm winds while the concentric circles denote speeds of 5, 10, 20 and 30 mph. The superimposed isopleths represents mean concentrations of SO_2 in pphm. Wind speeds were obtained from an anemometer at a height of 200 ft in the city.

FIG. 6. Pollution wind rose similar to Fig. 5 but in this case the isopleths are for smoke in units of COH/1000 linear feet of air.

Urban climate

In order to develop meaningful urban pollution models, there is a need to understand the meso-climate of a city, and in particular the feed-back mechanisms between pollution and weather. One of the earliest studies of the temperature variations within a city was done by Middleton and Millar (1936) travelling north-south along Toronto's main street and using a mobile temperature system attached to an automobile. They found large positive temperature anomalies within the more densely populated and business areas. Since then similar traverses have been undertaken in Winnipeg (Einarsson and Lowe 1955), Halifax (Dexter 1954), Hamilton (Oke and Hannell 1968) and Montreal (Oke 1968). Invariably the central urban area is found to be the warmest.

Early studies were undertaken mostly at night. However, Dexter (1954) investigated the influence of the daytime seabreeze in Halifax while Munn *et al.* (1969b) have used the climatological network in Toronto to demonstrate that a heat island is often quite evident at the time of maximum heating, and that its location and strength depends on whether the regional wind is off land or off water. Figs. 7 and 8 illustrate the effect and demonstrate the effectiveness of data prestratification. As a consequence of the positive temperature anomaly

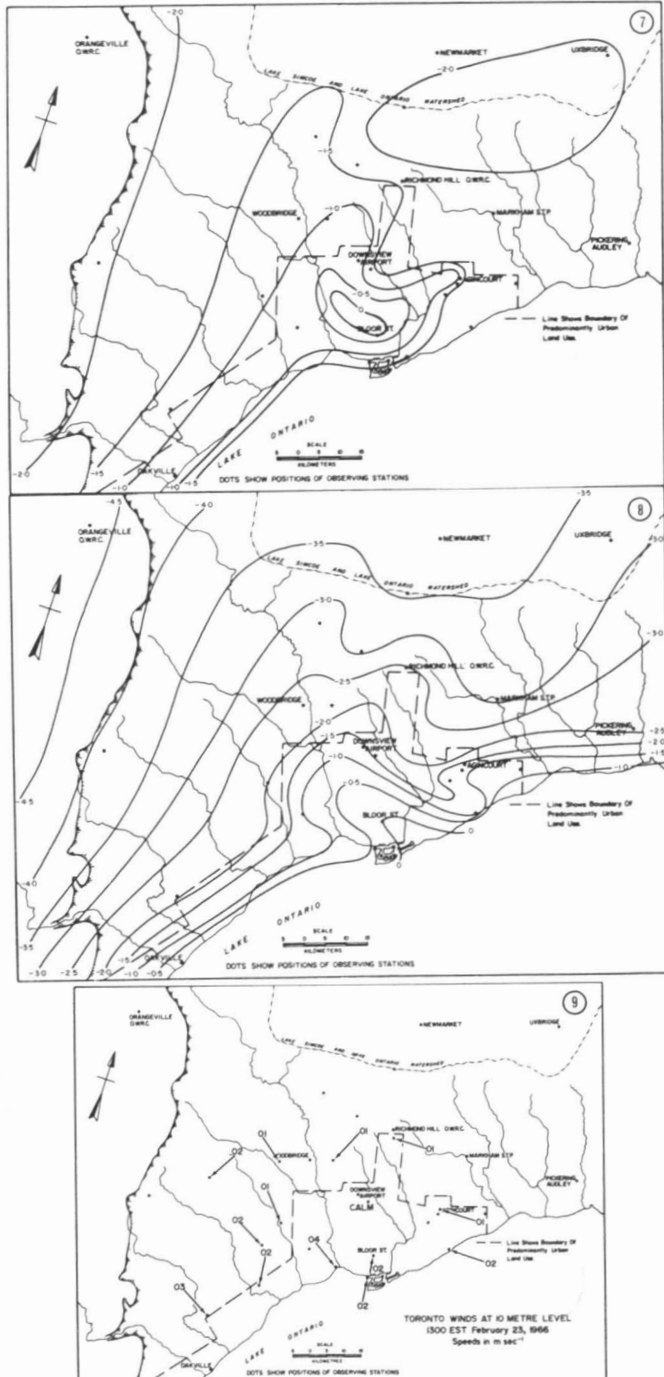


FIG. 7. Mean departure of maximum temperature (the mean of 8 days) from Bloor St. (mean max. 2C) during the cold period. The wind was from the water at a speed $> 5\text{ m sec}^{-1}$.

FIG. 8. Mean departure of maximum temperature (the mean of 35 days) from Bloor St. (mean max. -8C) during the cold period. The wind was from the land at a speed $> 5\text{ m sec}^{-1}$.

FIG. 9. Toronto winds in m sec^{-1} at the 10 m level for 1300 EST, February 23, 1966.

in the central urban area during light winds and clear skies, a local meso-circulation is created. One such case is shown in Fig. 9 (Findlay and Hirt, 1969).

Other aspects of urban climate are being investigated, such as the horizontal variation of wind and solar radiation, and the vertical variation of wind and temperature. All these factors play a major role in the distribution and concentration of various pollutants within the urban complex. East (1968), for example, has found that solar radiation at a location in Montréal averages only about 91% of that received at a country site.

Summers (1965) has proposed an urban model in which an internal boundary layer develops at the upwind edge of a city and thickens downwind. The country air is modified by the urban heat sources and the increased surface roughness. Summers' model correctly predicts the ground-level concentrations of pollution, provided that winds are not light. Fuggle and Oke (1968) have suggested that radiative flux divergence may be important in a city, and they suggest that an experimental program be undertaken.

In Toronto, Clodman and Overs (1965) are developing a meso-scale meteorological network for use in short-range airport terminal forecasts. Their data may assist in urban pollution modeling.

Daily forecast of air quality and of pollution potential

A controversial question is whether meteorologists should be forecasting air quality or simply pollution potential. The latter is a meteorological condition conducive to the occurrence of high concentrations of pollution, given the existence of strong sources. In the Arctic, for instance, there are periods of high pollution potential at times when air quality is excellent. Although an intense inversion is present, there are no local sources of pollution.

The Meteorological Service of Canada makes no regional forecasts of pollution or of pollution potential at present. There are, however, a few instances of special forecasts being prepared for a particular industry. In Hamilton, Ontario, for example, the local weather office on occasion has issued forecasts of wind direction for scheduling open pit burning. In addition, the meteorologists employed by the Ontario Hydro Electric Power Commission prepare pollution forecasts, which are used by that company to decide when to switch from high-sulphur to low-sulphur coal in certain steam-generating plants.

Conclusion

Canadian meteorologists in government service and at universities have responded to the meteorological needs of health officials and of pollution

control officers. Although a number of theoretical problems remain, and although there will always be difficulty in modifying "ideal-condition" models to fit local situations, there is reason to be optimistic that the challenges of the next decade can be met.

A final problem of growing concern to the meteorological community in Canada is the northward advance of heavy industry. During the polar night in the Canadian Arctic, long spells of inversion conditions are interrupted only by the passage of storms. Industry must recognize that temperate-zone chimney-height design criteria cannot be extrapolated to the arctic. In southern Canada, the nocturnal radiation inversion almost invariably breaks during the day, providing a natural mechanism for diluting pollution. During the arctic winter, however, a very serious deterioration of local air quality may arise.

References

- BARRY, P. J. and R. E. MUNN, 1967. Use of radioactive tracers in studying mass transfer in the atmospheric boundary layer. *The Physics of Fluids-boundary layer and turbulence supplement*.
- BARRY, P. J., 1967. A new approach to the problems of atmospheric dispersal of stack effluents. Preprint for the symposium on the Science and Technology of Coal, Ottawa.
- CSANADY, G. T., 1965. The buoyant motion within a hot gas plume in a horizontal wind. *J. Fluid. Mech.*, **22**, part 2, 225-239.
- CSANADY, G. T., 1967a. On the problem of the effective chimney height. Presented at the U. S. A. E. C. Meteorological information meeting Chalk River, Ontario.
- CSANADY, G. T., 1967b. The dosage-area problem in turbulent diffusion. *Atm. Env.*, **1**: 451-459.
- CSANADY, G. T., 1967c. Pilot chimney on the Waterloo Campus. *Atmosphere*, **5**(1).
- CLODMAN, J. and J. E. OVERS, 1965. The Malton Mesometeorological project. Presented at the First Canadian Conference on Micrometeorology, Toronto.
- DEXTER, R. V., 1954. Some local temperature variations in Halifax May to September 1953. *Dot. Met. Branch Circ.* 2473, tech. 184.
- EAST, C., 1968. Comparaison du rayonnement solaire en ville et à la campagne. *Cah. Géogr. Québ.*, **12**, 25, April 1968 : 81-89.
- EINARSSON, E. and A. B. LOWE, 1955. A study of horizontal temperature variations in the Winnipeg area on nights favouring radiational cooling. *Dept. Transport Met. Branch, Circ.* 2637, Tech. 214.
- EMSLIE, I. H. and SATTERTHWAITE, 1966. Air pollution Meteorological relationships at Vancouver, British Columbia. *Dept. Transport Met. Branch, Circ.* 4396, Tech. 605.
- FINDLAY, B. F. and M. S. HIRT, 1969. An urban induced mesocirculation. *Atm. Env.*, **3**: in press.

- FUGGLE, R. F. and T. R. OKE, 1968. Infra-red flux divergence and the urban heat island. Presented at the WMO Symposium on Urban Climate and Building Climatology, Brussels.,
- HAGE, K. D., 1961. On the dispersion of large particles from a 15 M source in the atmosphere. *J. appl. Met.*, **18** (4) : 534-539.
- HAGE, K. D., C. H. DIEHL and M. G. DUDLEY, 1960. On horizontal flatplate sampling of solid particles in the atmosphere. *A. M. A. Archives IND. Health*, **21** : 124-131.
- HEWSON, E. W., 1945. The Meteorological Control of Atmospheric Pollution by Heavy Industry. *Q. J. R. met Soc.*, **LXXI** : 309-31.
- LORD, G. P. and H. J. LEUTHUSSER, 1966. Minimum-stack height for apartment buildings, University of Toronto Mech. E., TP. 6602.
- MIDDLETON, W. E. and F. G. MILLER, 1936. Temperature profiles in Toronto. *J. R. astr. Soc. Can.*, **30** (7) : 265-272.
- MAYBANK, J. and K. YASHIDA, 1968. The delineation of herbicide drift hazards on the Canadian Prairies. Presented at the Eighth National Conference on Agricultural Meteorology of the American Met. Soc., Ottawa.
- MOROZ, W. J. and E. KOCZKUR, 1967. Plume rise and dispersion near the shoreline of a large lake when flow patterns are dominated by the lake-breeze. Presented at the U. S. A. E. C. Meteorological information meeting, Chalk River, Ont.
- MUKAMMAL, E. I., 1964. Ozone as a cause of tobacco injury. *J. agric. Met.*, **2** (1965) : 145-165.
- MUNN, R. E., 1964. Turbulence statistics at Douglas Point. *J. appl. Met.*, **3** (6) : 771-779.
- MUNN, R. E. and A. F. COLE, 1967a. Turbulence and diffusion in the wake of a building. *Atm. Env.*, **1** : 33-34.
- MUNN, R. E. and A. F. COLE, 1967b. Some strong-wind downwash diffusion measurements at Douglas Point, Ontario Canada. *Atm. Env.*, **1** : 601-604.
- MUNN, R. E., D. A. THOMAS and A. F. COLE, 1969a. A study of suspended particulate and iron concentration in Windsor, Canada. *Atm. Env.*, **3** : 1-10.
- MUNN, R. E., M. S. HIRT and B. F. FINDLAY, 1969b. A climatological study of the urban temperature anomaly in the lakeshore environment at Toronto. *J. appl. Met.*, **8** (3) : 411-422.
- MUNN, R. E. and T. L. RICHARDS, 1963. The micrometeorology of Douglas Point, Ontario. Report on 1962 Field program. Dept. of Transport Met. Branch, Circ. 3804, Tech. 455.
- MUNN, R. E. and T. L. RICHARDS, 1967. The lake-breeze at Douglas Point. Proceedings, tenth conference on Great Lakes research.
- MUNN, R. E. and I. STEWART, 1967. The use of meteorological towers in urban air pollution programs. *APCA Journal*, **17** (2).
- OKE, R. T., 1968. Some results of a pilot study of the urban climate of Montreal. Extract from Climatological Bulletin No. 3, McGill University.
- OKE, T. R. and HANNELL, 1968. The form of the urban heat-island in Hamilton, Canada. Presented at WMO Symposium on Urban climates and building climatology, Brussels.
- PASQUILL, F., 1962. Atmospheric diffusion. J. Van Norstrand Co. Ltd.

- SLAWSON, P. R. and G. T. CSANADY, 1967. On the mean path of buoyant, bent-over chimney plumes. *J. Fluid Mech.*, **28**, Part 2 : 311-322.
- STEWART, I. and D. H. MATHESON, 1968. Methods of relating high volume sampler particulate loading to wind direction. *Atm. Env.*, **2** : 181-185.
- STEWART, R. E. and G. T. CSANADY, 1967. Deposition of heavy particles from a continuous elevated source. First Canadian Conference on Micrometeorology. Part II — Toronto, Ontario.
- SUMMERS, R. W., 1965. An urban heat-island model, its role in air pollution problems, with application to Montreal. First Canadian Conference on Micrometeorology, Toronto.
- WALKER, E. R., 1965. On the ground deposit of particles emitted from a continuous elevated point source, part II. Deposit of nominal 50 micron diameter glass microspheres from eight meters. Suffield Technical paper No. 304.
- WEISMAN, B., D. H. MATHESON and M. S. HIRT, 1969. Air pollution survey for Hamilton, Ontario. *Atm. Env.* 1969, **3** : 11-23.
- WILSON, H. J., J. S. MCLERNON and P. BRADT, 1965. Micrometeorology installations in the Canadian National air sampling network, Dept. Transport, Met. Branch, Circ. 4344, Tech. 589.

COMMUNICATIONS BRÈVES**INFLUENCE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LE DOSAGE DU
FER, DE L'ALUMINIUM ET DU MANGANÈSE DANS LES SOLS
À L'AIDE DU SPECTROPHOTOMÈTRE À ABSORPTION
ATOMIQUE**

R. BARIL¹ et G. BITTON²

Dans l'extraction du fer et de l'aluminium par le dithionite et l'oxalate acide d'ammonium, il est nécessaire de détruire la matière organique par le mélange sulfo-nitrique en vue de précéder au dosage colorimétrique de ces deux éléments (McKeague et Day (1966) et Mehra et Jackson (1960).

Azami et Kumada (1960) ont proposé un réactif à l'hydrosulfite-EDTA pour l'extraction du fer dans les sols de rizières. Leur méthode permet de doser colorimétriquement le fer sans destruction de la matière organique.

Bernier et Carrier (1968) ont supprimé l'opération de destruction de la matière organique dans le dosage du fer et de l'aluminium dans les sols par spectrophotométrie à absorption atomique.

Afin d'infirmer ou de confirmer que la destruction de la matière organique par le peroxyde d'hydrogène, opération fastidieuse, n'est pas requise dans le dosage du fer, de l'aluminium et du manganèse dans les sols par spectrophotométrie d'absorption atomique, il est nécessaire d'estimer l'interférence possible de la matière organique dans le dosage des éléments mentionnés.

A cette fin, un certain nombre d'échantillons de sols contenant de 0.14% à 57.06% de matière organique dont une quinzaine dosaient plus de 5% de matière organique, ont été choisis. Le mode opératoire, sauf pour la destruction de matière organique non pratiquée sur une série complète des échantillons, et la méthode d'extraction au dithionite ont été les mêmes que ceux utilisés par Mehra et Jackson (1960). Le dosage des éléments fut effectué au département des sols à l'aide du spectrophotomètre à absorption atomique Perkin Elmer 303.

(1) Agronome professeur à l'Université Laval (Agriculture).

(2) Chargé de recherche et professeur de biologie à l'Académie de Québec.

Contribution N° 64 de la Faculté d'Agriculture, Université Laval.

Données statistiques

La comparaison des deux moyennes des deux séries d'échantillons de sols, soit avec ou sans destruction de matière organique, a été faite. Les calculs des valeurs de *t* (tableau 1) nous montrent que la différence des moyennes n'est pas significative.

TABLEAU I

Comparaison obtenue, à l'aide des valeurs de "t", pour les éléments fer, aluminium et manganèse dosés dans les sols, avec ou sans destruction de matière organique.

<i>Éléments</i>	<i>Valeur de t</i> ⁽¹⁾
Fe	0.10 n.s. (2)
Al	0.67 n.s.
Mn	0.15 n.s.

(1) $t = \frac{D_M}{\sigma D_M}$ ou $D_M =$ la moyenne des différences.

σD_M $\sigma =$ erreur standard.

(2) Non significatif. Essai sur 52, 43 et 36 échantillons pour les éléments Fe, Al et Mn respectivement.

Conclusion

On constate donc qu'il est inutile de détruire la matière organique dans le dosage des éléments fer, aluminium et manganèse sur les extraits au réactif dithionite de sodium si l'on utilise le spectrophotomètre à absorption atomique. De plus, nous présumons que ceci s'applique davantage au réactif plus volatil de l'oxalate acide d'ammonium.

Ces travaux ont été rendus possible grâce à une subvention du Conseil des Recherches Agricoles du Québec.

Références

- AZAMI, T. and K. KUMADA. 1960. A new method for determining free iron in paddy soils. *Soil Pl. Fd* (Tokyo), **5**: 141-146.
- BERNIER, B. et J.L. CARRIER. 1968. Étude sur l'extraction du fer et de l'aluminium libres dans les sols podzolisés. *Naturaliste can.*, **95**: 247-257.
- McKEAGUE, J.A. and J.H. DAY. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil. Sci.*, **46**: 13-22.
- MEHRA, O.P. and M.L. JACKSON. 1960. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *7th Natl. Conf. on Clays and Clay Minerals*. pp. 317-327.

RÉSULTATS EN % DE Mn

N°	Sans M. O.	Avec M. O.	% M. O.
36	0.06	0.06	0
69	0.11	0.11	1.50
37	0.02	0.02	0.14
23	0.08	0.08	12.15
83	0.2	0.2	6.23
54	0.01	0.01	4.65
114	trace	trace	1.60
17	0.06	0.02	0.57
15	0.02	0.02	0.64
11	0.02	0.02	5.33
4	0.01	0.01	20.23
6	0.02	0.02	0.48
8	trace	trace	0.44
2	trace	trace	2.21
3	trace	trace	20.55
182	trace	trace	
88	trace	trace	0.43
30	0.02	0.02	11.59

N°	Sans M. O.	Avec M. O.	% M. O.
12	0.02	<0.01	3.56
91	0.06	0.06	0.99
33	0.08	0.08	0.34
18	0.03	0.03	1.68
55	0.005	0.005	2.60
80	0.01	0.01	0.43
87	trace	trace	0.76
81	0.30	0.30	10.96
109	0.17	0.17	19.91
130	trace	trace	57.06
53	0.01	0.01	7.21
137	<0.01	<0.01	23.12
40	<0.01	<0.01	6.62
23	0.07	0.07	12.15
35	0.03	0.03	2.90
90	0.08	0.08	0.76
115	0.03	0.03	17.11
75	0.005	0.005	0.76

N°	% Fe		% M. O.	% Al		
	Avec M. O.	Sans M. O.		Avec M. O.	Sans M. O.	
12	0.70	0.67	3.56	0.15	0.22	1 - 5% M. O.
13	0.62	0.62	2.06	0.10	0.15	
18	1.37	1.37	1.68	0.25	0.30	
24	1.57	1.62	3.02	0.35	0.40	
25	1.34	1.34	1.37	0.50	0.55	
35	0.92	0.92	2.90	0.32	0.35	
54	1.20	1.20	4.65	0.52	0.70	
55	0.95	0.95	2.60	0.55	0.65	
62	1.75	1.75	2.12			
67	2.03	2.03	4.88			
68	2.05	2.08	1.30	0.27	0.35	
69	2.20	2.30	1.50	0.30	0.40	
11	0.80	0.80	5.33	0.15	0.20	5 - 10% M. O.
40	0.62	0.60	6.62	0.30	0.32	
53	1.10	1.15	7.31			
5	1.05	1.07	5.53	1.17	1.40	
72	1.45	1.45	6.48			
82	2.22	2.22	9.93	0.45	0.55	
83	1.67	1.70	6.23	0.30	0.37	
3	2.35	2.35	20.55	2.40	2.60	> 10% M. O.
4	1.15	1.15	20.23	1.50	1.70	
23	1.0	1.0	12.15	0.22	0.25	
30	0.57	0.57	11.59	0.15	0.22	
81	2.50	2.40	10.96			
115	3.25	3.20	17.11			
130	0.15	0.15	57.06			
109	1.75	1.75	19.94			

N°	% Fe		% M. O.	% Al		
	Avec M. O.	Sans M. O.		Avec M. O.	Sans M. O.	
6	0.72	0.72	0.48	0.42	0.42	0 - 0.5 % M. O.
8	0.50	0.50	0.44	0.27	0.32	
9	0.78	0.80	0.24	0.47	0.57	
22	1.30	1.30	0.29	0.38	0.43	
27	1.07	1.10	0.45	0.22	0.27	
32	0.70	0.78	0.14	0.13	0.14	
33	1.40	1.40	0.34	0.17	0.22	
37	0.70	0.70	0.14	0.17	0.20	
38	0.61	0.61	0.28	0.16	0.16	
79	2.05	2.00	0.15			
80	2.01	1.97	0.43	0.27	0.35	
88	0.12	0.15	0.43	0	0.10	
7	0.70	0.72	0.63	0.60	0.63		0.5 - 1 % M. O.
14	1.0	1.02	0.85	0.47	0.52	
15	0.87	0.87	0.64	0.25	0.30	
17	1.0	1.0	0.57	0.25	0.32	
31	0.47	0.47	0.55	0.14	0.16	
36	0.72	0.75	0.69	0.15	0.20	
41	0.25	0.25	0.77	0.0	0.05	
63	1.70	1.75	0.70	0.35	0.42	
75	0.94	0.94	0.76	0.14	0.15	
85	1.16	1.18	0.92	0.28	0.30	
90	1.57	1.57	0.76	0.45	0.57	
91	0.90	0.90	0.99	0.35	0.45	
96	0.58	0.58	0.78	0.12	0.14	

REVUE DES LIVRES

GERSCH, M., 1964. **Vergleichende Endokrinologie der wirbellosen Tiere.** Collection *Probleme der Biologie*, Band 7. Akademische Verlagsgesellschaft, Geest & Portig K.-G.-Leipzig. XII \pm 535 p., 6 tab., 126 fig., 16 \times 22 cm Relié, 72.00 DM.

It is really late to review this comprehensive book issued in 1964, but it seems to me that this monograph did not lost too much from its value even today. The author, one of the best world capacities in this field, gathered on 353 pages all important instructive pictures and well reproduced photographs. The material is arranged into three basic chapters. The first — *Bildungs — und Speicherorte der Hormone* — is mainly morphological and represents the best part of the book. The second — *Wirkung und Wirkungsorte der Hormone* — discusses the humoral regulation of all main physiological processes. This part suffers today rather more, than the previous one, by absence of new findings. The last chapter — *Die Natur der hormonalen Wirkstoffe* — is the shortest in accordance of the level of informations in 1964. But, specially in this field the research is progressing quickly each year and the presented informations are today naturally inadequate.

Despite the fact that this book is now 5 years old, it still represents the highly valuable source of informations being one of the precise and comprehensive german monographs of the same sort as the classical Schroder's *Handbuch der Entomologie*. The highest value seems to me in the comparative character of the book. All the material is arranged in each chapter and sub-chapter starting from the most primitive organisms to the highest invertebrates forms. The reader receives the complete information of the phylogeny of each component of the humoral system and its function. Each detailed information can be easily found. From this point, the *Schlusskapitel* comparing the conditions in invertebrates and vertebrates represents the top of the logis arrangement of the whole monograph.

Peter MASNER

VANDEN EECKHOUDT, J.P., 1968. **Fleurs et petite faune de l'Alpe.** Collection *Visages de la nature*. L'École, Paris, 85 p., 143 fig. 19 \times 21 cm. Relié.

Un bon biologiste, affirmait le professeur Dalbis est un botaniste donnant le cours de zoologie (Père Louis-Marie dixit) ; l'ouvrage présenté par M. Vanden Eeckhoudt, docteur en Sciences zoologiques démontre la justesse de cet aphorisme !

L'auteur entreprend de nous expliquer les causes de la distribution des espèces en montagne, puis tant par le texte, que par de très belles photographies originales, il nous introduit à la connaissance des espèces végétales ou animales (à l'exception des oiseaux et mammifères) peuplant les différentes zones, décrivant leurs moeurs, leurs exigences, leurs affinités, leur interdépendance.

Un petit livre (85 pages) dont on ne sait s'il faut admirer davantage la présentation artistique, plutôt qu'un texte fouillé, précis et de grande valeur d'observation scientifique.

Roger VAN DEN HENDE

MARCHE-MARCHAND, J., 1965. **Le monde végétal en Afrique intertropicale**. L'École, Paris, 497 p., 584 fig. 15 × 22 cm. Relié.

J'ai été séduit par l'approche très pédagogique qu'utilise l'auteur pour initier les étudiants à la Biologie végétale.

Plusieurs chapitres tournent, dans le temps, autour de l'étude détaillée d'un milieu particulier : le "marigot" ou mare temporaire ; cette étude originale nous fait assister à l'adaptation au milieu, aux particularités morphologiques conditionnées par les facteurs extérieurs, aux méthodes de survie des plantes étudiées, à leur classification botanique.

De la même façon, le domaine de la systématique est largement couvert dans les chapitres consacrés aux zones de végétation propres à l'Afrique, ainsi qu'à la description d'une vingtaine de familles botaniques.

Une bonne vue d'ensemble de l'histologie accompagnée de sept chapitres traitant de la physiologie, constituent un véritable manuel de laboratoire, où la description d'expériences faciles donneront à l'élève une idée juste de la complexité de ces sciences.

Destiné à l'enseignement secondaire, les quelque 430 pages du manuel sauront sans aucun doute, comme le souhaite dans sa préface le professeur Théodore Monod, directeur de l'Institut français d'Afrique noire, éveiller des vocations de naturalistes ou de botanistes africains ; il se pourrait même, qu'à la lecture de ce livre, les étudiants des pays de froid et de neige, entendent eux aussi l'appl. laissé trop souvent sans réponse, de la Biologie végétale.

D'excellents schémas et dessins illustrent abondamment le volume, mais trop souvent peut-être réfèrent au texte par un simple numéro, pour éviter une appellation en toutes lettres qui serait cependant plus claire et plus rapide pour le lecteur.

Roger VAN DEN HENDE

LAMOTTE, M. et F. BOURLIÈRE, 1969. **Problèmes d'Écologie : L'Échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres**. *Programme Biologique International*. Masson, Paris, 303 p., 23.5 × 15.5 cm, 72 F.

En 1967, Messieurs Lamotte et Bourlière dirigeaient la publication d'un premier texte publié sous les auspices du PBI, "Problèmes de Productivité Biologique". Dans la même veine ils dirigent maintenant la publication de "Problèmes d'Écologie" auquel ont contribué 15 auteurs parmi lesquels on trouve les noms suivants : J. Blondel (Oiseaux), F. Spitz (petits mammifères), J. P. Cancela da Fonseca et G. Vannier (microarthropodes du sol), J. Levieux (fourmis), etc. Bourlière régit le chapitre traitant de l'échantillonnage des populations de grands mammifères tandis que Lamotte participe à la rédaction du chapitre 1 traitant de l'échantillonnage des invertébrés en milieu herbacé.

Un assemblage d'articles constitue toujours un traité inégal. Plus encore quand ces articles n'ont pas été mûris et préparés en fonction d'un symposium ou d'un colloque où la contribution de chaque auteur s'intègre harmonieusement à l'ensemble. La manque d'intégration dans le texte faisant l'objet de la présente revue est flagrant. On aurait par exemple souhaité trouver un chapitre général au début traitant des aspects statistiques de l'échantillonnage, de la mise au point d'un programme de travail (combien d'échantillons prendre ? Combien de quadrats délimiter pour assurer un traitement statistique convenable ?) des patrons de dispersion des animaux dans un milieu et de la description

mathématique de ces patrons (distribution de Poissons, etc.). Je peux difficilement résister à l'envie de souligner un contraste ici entre le manque d'organisation de "Problèmes d'Écologie" et la magnifique logique qui existe dans un texte anglais récent s'attaquant aux mêmes problèmes : je fais ici allusion à *Ecological Methods* de T.R.E. Southwood (Methuen, London 1966) dont le Chapitre 2 ("The sampling programme and the measurement and description of dispersion") est une merveille de construction et de concision.

C'est à cause de ce manque de coordination dans la publication que, par exemple, la méthode d'estimation de la taille d'une population basée sur la méthode dite "capture-recapture" (indice de Lincoln) est mentionnée dans quatre chapitres différents : à la page 135 (oiseaux), à la page 162 (petits mammifères), à la page 204 (grands mammifères) et finalement à la page 298 (fourmis). Dans chaque cas l'auteur s'évertue à répéter le catalogue des conditions nécessaires pour que les résultats obtenus soient valables. Pourtant l'indice de Lincoln a été raffiné et on a mis au point une kyrielle d'indices plus ou moins apparentés à ce dernier (indices de Schnabel, Delury, Mottley, etc) ; en fin de compte, on parle à quatre reprises de cette importante méthode indirecte d'évaluer une population animale, mais à aucun moment n'en donne-t-on une description adéquate et, je dirais même, acceptable pour un traité de ce calibre.

Faire une révision détaillée et minutieuse de chacun des chapitres est difficile à cause de la diversité des problèmes d'échantillonnage. Je ne veux pas non plus diminuer la contribution de chacun des auteurs dont la compétence ne fait pas de doute. Mais je risquerai quand même quelques commentaires.

Le Chapitre I (Lamotte, Gillon, Ricou) est moderne ; le traitement qu'on y fait des indices de diversité est cependant précipité. On analyse en page 13 les moyens mathématiques de décrire la diversité des communautés dont on ne fait le recensement en fin de compte que dans les pages subséquentes.

Le Chapitre III traite des Méthodes de dénombrement des populations d'oiseaux. Le texte est d'une lenteur et d'une banalité déconcertantes. On nous apprend par exemple que les oiseaux sont des êtres mobiles (!) et que "La manifestation la plus spectaculaire de cette mobilité est le phénomène de la migration" (p. 98). Plus loin, on intitule une section "2° L'oiseau doué d'un psychisme relativement élevé est un être farouche." comme si la timidité était une conséquence inéluctable du développement psychique...

En page 112 et suivantes on prend un temps inutilement long à commenter les méthodes purement descriptives de dénombrement des oiseaux coloniaux. On va même jusqu'à nous préciser que chez les Manchots, on peut déduire le nombre d'adultes d'après la relation 1 poussin égale 2 adultes.

Le Chapitre V par Bourlière est généralement anecdotique ; aucune des méthodes n'est examinée en profondeur. On accompagne le texte de photos franchement inutiles (comme c'est le cas pour les figures 9 et 10). Le lecteur nord-américain notera sans doute que la méthode d'inventaire de plusieurs ongulés des zones boréales mettant à profit leur concentration dans des zones restreintes ou "ravages" passe inaperçue. Il notera peut-être aussi que le plus célèbre et le plus considérable recensement aérien jamais entrepris, celui du cheptel de caribous des Territoires du Nord Ouest par Kelsall (Service Canadien de la Faune) n'est pas cité en bibliographie. Le chapitre de Bourlière reste néanmoins un résumé utile des méthodes d'échantillonnage des grands vertébrés terrestres.

Les chapitres subséquents traitent des problèmes d'échantillonnage des microarthropodes du sol (VI) des nématodes (VII) des oligochètes terricoles (VIII) et des fourmis (IX).

Le livre n'est guère utilisable par l'étudiant qui s'intéressera peut-être à l'une ou tout au plus à deux sections du livre entier et y trouvera enveloppé d'un verbiage considérable une revue des problèmes d'échantillonnage qui n'a certes pas la qualité d'être schématique. Le livre n'intéressera guère plus le professionnel qui cherche souvent dans ce genre de volume une organisation synthétique des méthodes dans son propre domaine ou encore désire faire un survol rapide des méthodes utilisées par ses collègues oeuvrant dans des sphères parallèles ; à ce dernier point de vue, le livre me semble encore une fois trop touffu, trop oiseux pour être un outil efficace.

Il est amusant de noter qu'un éditeur français accepte l'emploi des termes anglais "sex ratios" (p. 114) et "Grouses" (p. 132) alors que "abondance relative des sexes" et "Tétras" me semblent des équivalents acceptables ayant l'avantage d'être français... Le lecteur canadien d'expression française se réjouira de voir qu'on a enfin décidé d'appeler *Alces* un Orignal et non plus un "Moose" comme on l'a fait si longtemps. Il ne se réjouira qu'à demi quand il réalisera que l'on se décide à pluraliser le terme par "des Orignals"... (p. 197, Fig. 5).

Dans la plus pure tradition des livres français, on a négligé de préparer un index et on a affublé le tout d'un prix exorbitant.

Jean BÉDARD

REVUES PUBLIÉES PAR L'UNIVERSITÉ LAVAL

RECHERCHES SOCIOGRAPHIQUES

Revue publiée par le département de sociologie et d'anthropologie de l'université Laval avec le concours du Centre de Recherches sociales. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$2.00 (3 numéros par an).

LAVAL THÉOLOGIQUE ET PHILOSOPHIQUE

Publiée par les facultés de théologie et de philosophie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$4.00, à l'étranger \$4.50, le numéro: \$2.00 (2 numéros par an).

SERVICE SOCIAL

Publiée par l'école de service social de l'université Laval. Elle traite de travail social, de bien-être, de médecine, de psychiatrie et de psychologie, de législation, d'administration publique et de sociologie. Abonnement annuel: au Canada \$3.00, à l'étranger \$3.50, le numéro: \$1.25 (3 numéros par an).

CAHIERS DE GÉOGRAPHIE DE QUÉBEC

Publiée par l'Institut de géographie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$8.00, le numéro: \$3.00 (3 numéros par an).

RELATIONS INDUSTRIELLES / INDUSTRIAL RELATIONS

Publiée en français et en anglais par le département des relations industrielles de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro: \$1.50 (revue trimestrielle).

L'ORIENTATION PROFESSIONNELLE / VOCATIONAL GUIDANCE

Publication officielle de la Corporation des Conseillers d'orientation professionnelle du Québec. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$1.25 (5 numéros par an).

Pour abonnements, s'adresser au
Service des revues,
LES PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL,
C.P. 2447, Québec 2.

Sommaire

Dr. Smallwood's weather observatory at St. Martin's	J. S. MARSHALL and NANCY BIGNELL	483
Feuillaison et défoliation des feuillus au Québec	G.-OSCAR VILLENEUVE	491
The usefulness of climatic normals for plant zonation in Canada	C. E. OUELLET	507
Interception de la pluie par une sapinière laurentienne	JEAN-GUY FRÉCHETTE	523
On the use of isentropic trajectories in the study of pollen transports ..	A. D. CHRISTIE and J. C. RITCHIE	531
Fréquences annuelles des précipitations au Québec méridional	RAYMOND-M. GAGNON	551
La fréquence de la rosée à la station agronomique de Saint-Augustin, .. Québec	PIERRE GOSSELIN	555
Vertical temperature distribution over Montréal	D. YAP, K. L. S. GUNN and C. EAST	561
Les pluies maximales probables au Québec.	RAYMOND PERRIER	581
Pluie horaire à l'Assomption, Québec	R.-M. GAGNON	591
Évapotranspiration potentielle au Québec	MICHEL FERLAND	601
Vapor pressure deficit vs. relative humidity for expressing atmospheric moisture content	G. D. V. WILLIAMS and J. BROCHU	621
Estimation du nombre de jours d'enneigement par des variables macrocli- matiques dans la moitié orientale du Canada	C. E. OUELLET	637
Vorticity in nature : the mechanics of hurricane development	M. SCHABBAR	651
Régime des vents à Grande-Rivière (Baie des Chaleurs)	F.-ROBERT BOUDREAU	667
Thunder — A survey	BHARTENDU	671
Modèle mathématique de crues à la fonte de la neige	RAYMOND CHARBONNEAU	683
Recent canadian trends in air pollution meteorology	R. E. MUNN and M. S. HIRT	711
<i>COMMUNICATIONS BRÈVES</i>		
Influence de la matière organique dans le dosage du fer, de l'aluminium et du manganèse dans les sols à l'aide du spectrophotomètre à ab- sorption atomique	R. BARIL et G. BITTON	725
REVUE DES LIVRES		731

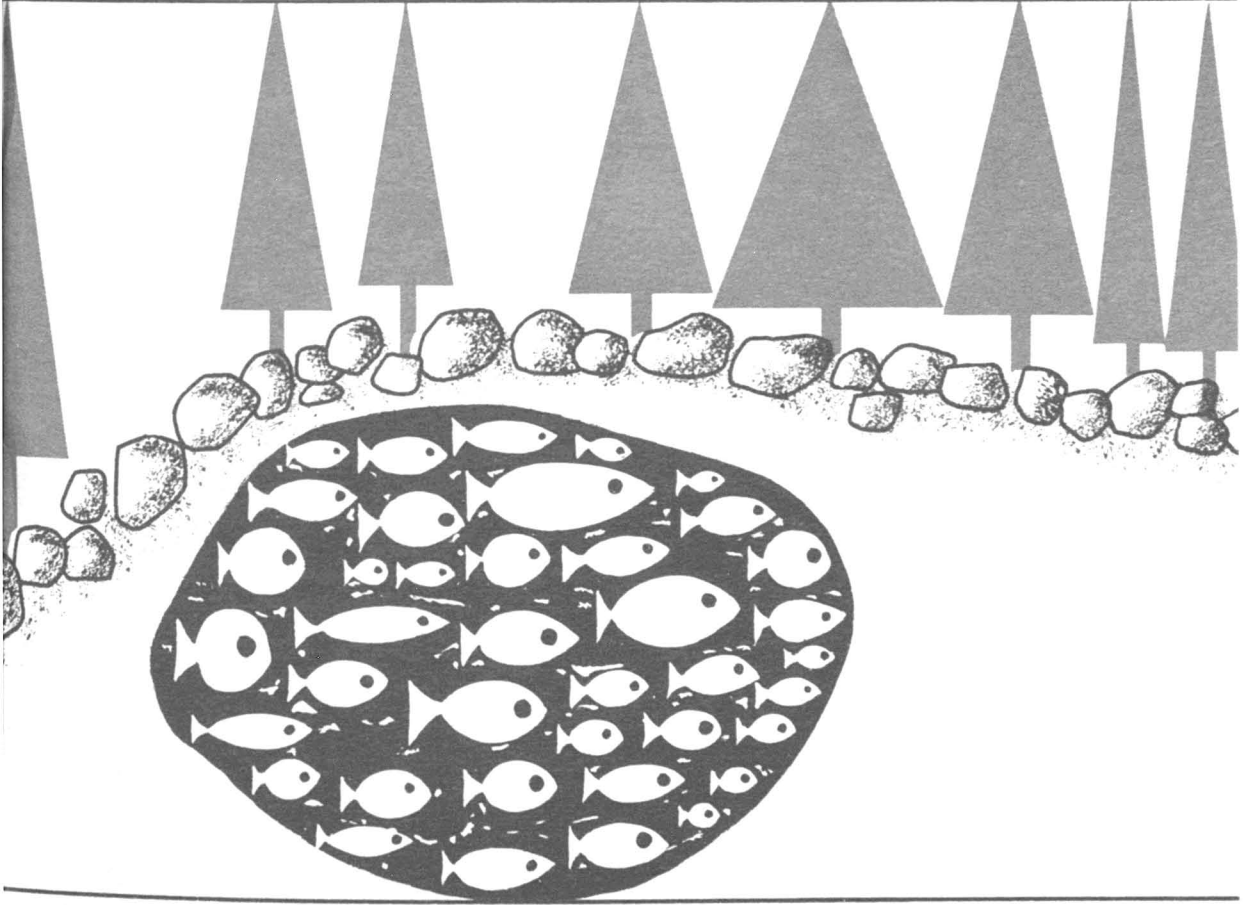
Volume 96

N° 5,

septembre - octobre 1969

PROPRIÉTÉ DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU MINISTÈRE DES TERRES ET
FORÊTS DU QUÉBEC.

e naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR

G.-WILFRID CORRIVAUT

DIRECTEUR-ADJOINT

MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

GUY LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*

RENÉ BÉRIQUE, *Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Université Laval*

PAUL BERTHET, *Faculté des sciences
de Lyon*

LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*

MICHEL DELSOL, *Faculté catholique
de Lyon*

LLOYD M. DICKIE, *Institut océano-
graphique de Bedford*

ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*

PAUL GERVAIS, *Université Laval*

ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire
naturelle de Paris*

WILLIAM S. HOAR, *Université de la
Colombie-Britannique*

ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*

VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*

GASTON MOISAN, *Université Laval*

A. C. NEISH, *Conseil national des recher-
ches du Canada, Halifax*

W. E. RICKER, *Office des recherches sur
les pêcheries du Canada*

D. M. ROSS, *Université d'Alberta*

HENRI TINTANT, *Faculté des sciences
de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec (2^e), Québec

Abonnement annuel

au Canada : \$ 6.00

— à l'étranger : \$ 7.00

— le numéro : \$ 1.50

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le NATURALISTE CANADIEN accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétaire de la rédaction**, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec (10^e), Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN est publié avec l'aide du Ministère des Affaires culturelles du Québec.

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement no 1768.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 96

Septembre-Octobre

N° 5

UNE NOUVELLE ESPÈCE ARCTIQUE DE *LATHYRUS*

JACQUES ROUSSEAU

Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec

et

MARCEL RAYMOND

Jardin botanique de Montréal

Résumé

Description d'une nouvelle espèce arctique de *Lathyrus*, de petite taille et munie de grandes fleurs, qu'il ne faut pas confondre avec le *L. japonicus* var. *aleuticus* Fernald. Cette nouvelle espèce est dédiée au Prof. Eric Hultén, de Stockholm, à l'occasion de son 75^e anniversaire de naissance.

Abstract

Taxonomic description of a new species of arctic *Lathyrus*, characterized by its small size and its large flowers. This species cannot be assimilated to *L. japonicus* var. *aleuticus*. The new species is dedicated to Prof. Eric Hultén, of Stockholm, at the occasion of its seventy-fifth anniversary.

Lors d'une traversée du nord-ouest de l'Ungava, par les rivières Kogaluk et Payne, en 1948, l'un des auteurs découvrit sur le cordon littoral de l'ancien site de Povungnituk et de l'embouchure de la Kogaluk, une gesse maritime petite et délicate, mais pourvue de grandes fleurs, qui ne ressemblait en rien à la plante familière des rivages du fleuve Saint-Laurent. Dès l'abord, il était évident qu'elle ne pouvait entrer dans la variété que Fernald nomma *Lathyrus japonicus* var. *aleuticus* et constituait même une bonne espèce. Plus tard, l'étude de la question révéla qu'Eric Hultén avait signalé, mais sans la décrire, une plante analogue sur les côtes septentrionales du Pacifique. Situer cette nouvelle entité posait des problèmes, par suite de la confusion apportée par Fernald. En effet, sa variété ne correspondait aucunement à ce que Greene avait décrit sous le nom de *L. maritimus aleuticus*, le basionyme de *L. japonicus* var. *aleuticus*.

En 1894, Theodore G. White (1) publiait une révision du genre *Lathyrus* tel que représenté dans l'Amérique du Nord et l'Amérique centrale, incluant dans son texte la description inédite d'une variété de *Lathyrus maritimus* de Greene, dans les termes suivants :

« 13-a. *Lathyrus maritimus aleuticus* Greene, ined.

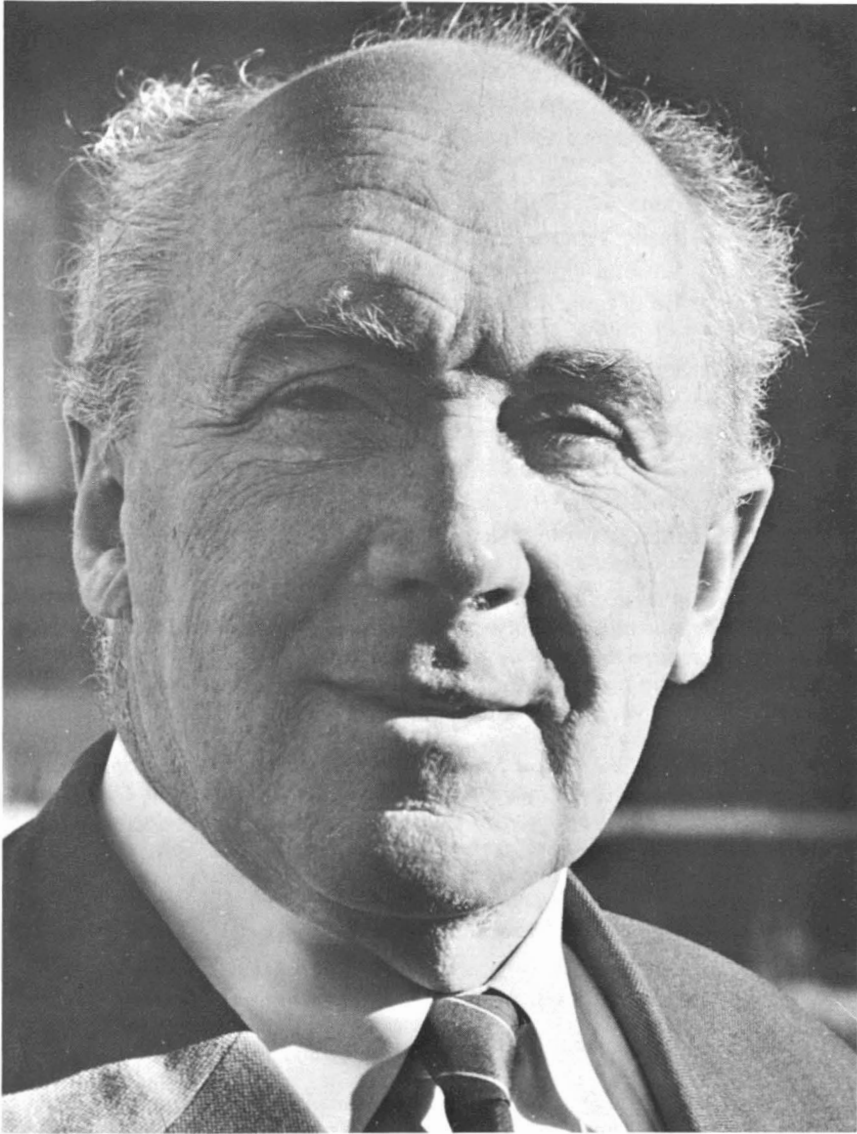
Nearly erect, 12-30 cm high; stems slender; stipules as in the type, as large or larger than the leaflet; stipules and leaflets thin, pubescent on the lower surface, glabrous above; leaflets 2-5 pairs, thin and rotund or elliptical, not obovate as in the type, nearly always opposite, seldom over 1.5 cm long, 1/2—2/3 as wide; tendrils usually reduced to a short bristle or rudimentary terminal leaflet. Calyx teeth very long and broad. — This is probably the low plant alluded to by Hooker, Fl. Bor. Am. 1: 159 under L. pisiformis. A fairly constant variety of the North Pacific coasts, Alaska, Japan, Kamtschatka, the Commander Islands, etc. Original locality: Alaska. Types in Herb. Univ. Cal.; duplicates in Herb. Col. Coll.

En 1932, Fernald (2), étudiant les variations du *L. maritimus*, substitua pour des raisons de nomenclature *L. japonicus* Willd. à *L. maritimus* (L.) Bigel. et publiait la nouvelle combinaison *L. japonicus* var. *aleuticus* (Greene) Fern., mais il ne semble pas avoir compris ce que Greene voulait décrire. En effet, il ne considérait que la pubescence et non ce qui est essentiel dans la plante nordique. D'ailleurs, son var. *aleuticus* était avant tout la plante robuste, pubescente, de la zone tempérée.

Le *Lathyrus japonicus* var. *aleuticus*, sensu Fernald, se présente donc sous deux formes, si on ne considère que la taille : une grande plante et une petite, toutes deux pubescentes, ce qui dans l'esprit de Fernald les distingue nettement du type. Ceux qui ont herborisé dans le Bas Saint-Laurent sont familiers avec le *pois de mer*, à tiges zigzagantes, ornement de toutes les plages, accompagné d'*Elymus mollis*, *Senecio Pseudo-arnica*, *Arenaria peploides*, *Mertensia maritima*, *Poa eminens*, etc. Par contre, en bordure de la mer, dans le nord-est de la baie d'Hudson, ne se trouve plus qu'un petit *Lathyrus* grêle, buissonnant, à fleurs beaucoup plus grandes que celles du Saint-Laurent, et croissant parmi les *Papaver radicum*, *Chrysanthemum Hultenii*, *Oxytropis hudsonica*, et diverses espèces de saxifrages arctiques.

Hylander (3) commit la même erreur en plaçant tous les *Lathyrus* maritimes poilus dans le *L. maritimus* var. *pubescens* (Hartm.) Soel., *L. japonicus* var. *aleuticus* Greene étant relégué à la synonymie.

Hiroshi Hara (4) place toutes les gesses maritimes dans le *Lathyrus maritimus* typique (Europe, Sibérie, Corée, Manchourie, les îles Kuriles, de l'île Yeso à Kyushu au Japon, les îles Aléoutiennes, de l'Alaska à la Californie,



Eric Hultén

FIG. 1. — Eric Hultén à qui est dédiée l'espèce qui fait l'objet de ce travail, dans sa soixante-quinzième année (anniversaire, le 18 mars 1969). Explorateur-botaniste du Kamtchatka, des îles Aléoutiennes et de l'Alaska; maître incontesté de la phytogéographie boréale moderne qu'il a complètement renouvelée dans des ouvrages classiques solidement documentés, comme *Atlas of the Distribution of Vascular Plants in N.W. Europe* (1950), *The Amphi-atlantic plants and their phytogeographical connections* (1950), *The circum-polar plants* (1962) notamment.

du sud du Groënland au Delaware), sauf les plantes pubescentes classées dans le var. *aleuticus* Greene : « A pubescent race, var. *aleuticus* Greene, occurs from Yeso, northwards, mixed with a glabrous race. » (4) Rien n'indique qu'il reconnaît la présence de cette forme en Amérique.

Pourtant, les deux *Lathyrus* maritimes pubescents diffèrent beaucoup plus entre eux que la forme typique et la grande forme pubescente entre elles, au point que le rang variétal pour cette dernière est pour le moins discutable. Il se pourrait même qu'il faille le réduire à celui de forme.

Au Kamtchatka, sur la côte maritime de l'Asie orientale en général, aux Aléoutiennes, dans le secteur arctique de l'Alaska, croît une forme naine, à inflorescence capitée bien voyante, portée sur des pédoncules plus longs que les feuilles composées (mesurées dans l'ensemble) et correspondant par les descriptions à la plante de la rive orientale de la baie d'Hudson. Voici ce qu'écrit à leur sujet Hultén dans deux publications différentes (5) et (6) :

This plant occurs on the Elymus association along the beach through the Aleutian chain, although not so abundantly as, for instance, in Kamtchatka. Most of the specimens are more or less pubescent, those which are glabrous being marked var. typicus in the above list. Most of the specimens, the glabrous as well as the pubescent, are markedly low-grown and have more rounded leaflets, short tendrils and considerably larger flowers (often about 25 mm long) than the typical form. It intergrades, however with specimens more like the forms of the plant in other parts of the world and cannot be sharply differentiated from the typical form. It is possibly an ecological form. Greene gave it the name Lathyrus maritimus aleuticus (Bull. Torr. Bot. Club, 21, 1894, p. 450). I think that this form is so characteristic that it is not very practical to use the name var. aleuticus for all the pubescent forms of the species occurring throughout the northern part of its area, as Fernald (Loc. cit.) proposed. (5)

Et dans la seconde publication :

The above material (L. maritimus) apparently consists of two races which intermingle where they meet. On the Arctic Coast and down to the northern Bering Sea, the pubescent, low-grown, large-flowered, broad and blunt-leaved race described as var. aleuticus by Greene loc. cit. is the only one found. Further to the south this type predominates on the Aleutian Islands and eastwards along the coast to Kodiak, although it is sometimes not so characteristic. Pubescent forms are, however, present so far eastwards as Hoonah and Sitka. In southeastern Alaska a glabrous, large-grown type with longer and narrower, sometimes pointed leaves predominates.

Glabrous types occur, however, so far westwards as on the Pribilof Is. and at Adak (Hultén 5919).

"In the area where the two races overlap all intermediate types occur. I am not inclined to regard the pubescent type in the northern Pacific as iden-

tical with the pubescent types in Scandinavia which were described as var. *pubescens* (Hartm.) Soel. although they are apparently very closely related.

"It is remarkable that *L. maritimus* was one of the five phanerogamic plants which I found on the volcanic Bogoslof I. which was first built up in the sea by a volcanic eruption about the year 1800." ⁶

Les *Lathyrus* nains de Hultén et de la côte orientale de la baie d'Hudson sont tout probablement des représentants d'une espèce plus ou moins circum-boréale, restreinte à l'arctique et inédite. Comme il est préférable de ne pas élever au rang spécifique le taxon var. *aleuticus*, parce que la description de Greene ne concorde pas tout à fait avec la description que nous présentons (au point qu'il peut s'agir d'écotypes différents), et surtout parce que le trinome *L. japonicus* var. *japonicus* est nettement ambigu, nous avons cru plus juste de choisir une autre épithète spécifique et de dédier l'espèce au professeur Eric Hultén, le remarquable explorateur et botaniste des deux rives du Pacifique arctique, et qui vient de publier une monumentale flore de l'Alaska (7). Il se trouve également que notre excellent ami le professeur Éric Hultén, toujours très actif, a eu 75 ans le 18 mars 1969.

Lathyrus Hultenii Rousseau & Raymond, n. sp.

Syn. *Lathyrus maritimus aleuticus* Greene in T. G. White, Bull. Torr. Bot. Cl., 21: 450. 1894. (*plus minusve similis*).

L. japonicus var. *aleuticus* Fernald, Rhodora 34: 179. 1932. (*pro minima parte, excl. plantae europeae etc.*)

Hultén, Flora of the Aleutian Islands, pp. 235-236 (*in commentariis*), 1937.—id., Flora of Alaska and Yukon, VII: 1115-1117 (*in commentariis*), 1947.

Planta parva, 1-3 dm alta, tota plus minusve pilosa; caule singula parum ramificata vel caulibus numerosis e caudice unico, altero alterisque gracilibus, parte subterranea alba; foliis parvis praedita; stipulis lobis inaequalibus, non sagittatis; foliis 6-8 foliotatis, cirrho unico, parvo, 10-15 mm long., minime involuto, non ramificato; foliolis parvis, ovalibus ellipticisve, 8-12 mm longis, 5-7 mm latis, supra glabris, infra pubescentibus, mucrone stricto, parvo sed conspicuo praeditis, inflorescentia subcapitata, pedunculis longioribus quam foliis; floribus (3-5) 20-25 mm longis; calice pilosa, tam lato quam longo, 4-5 mm long, dentibus excl., app. 4 mm latis in herbariis; dentibus 4-5 mm longis, basi 1.5-2 mm latis, margine hyalina; petalis caeruleis, basi pallidis, vexillo 15 mm lato.

Province de Québec (Canada) : Embouchure de la rivière Kogaluk (baie d'Hudson). Sur la ligne de rivage, 14 juillet 1948 (Spécimen en fleurs). Jacques Rousseau 88. (fig. 2) Type dans l'herbier du Jardin botanique de Montréal. — Baie de Povungnituk, (sur la baie d'Hudson), 14 juillet 1948. Jacques Rousseau et Aubert de la Rüe 590,300. — Port Harrison, east cost of Hudson Bay. Sandy sea shore. Malte 120810 (Spécimen en fruits). *Alaska* (États-Unis):

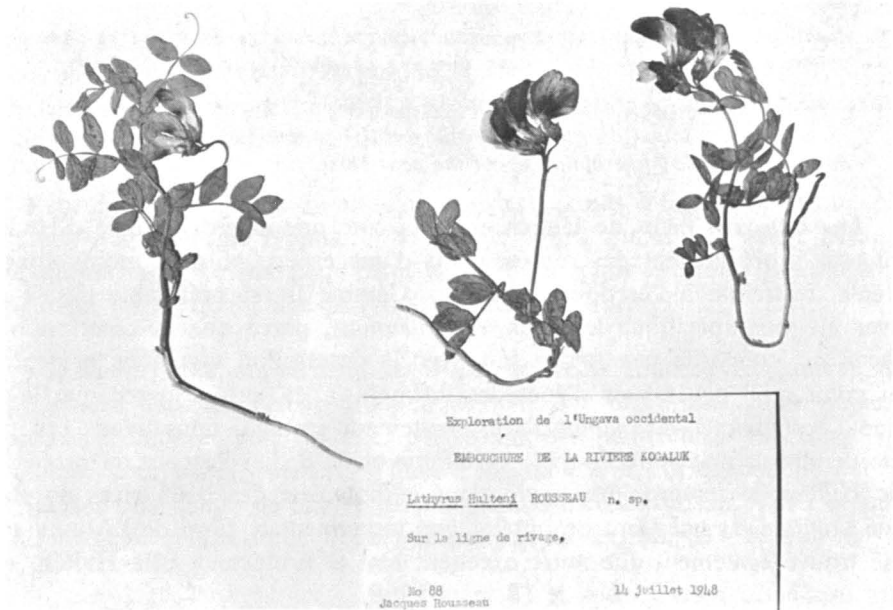


FIG. 2. — *Lathyrus Hultenii* Rousseau et Raymond. Photo du spécimen type.

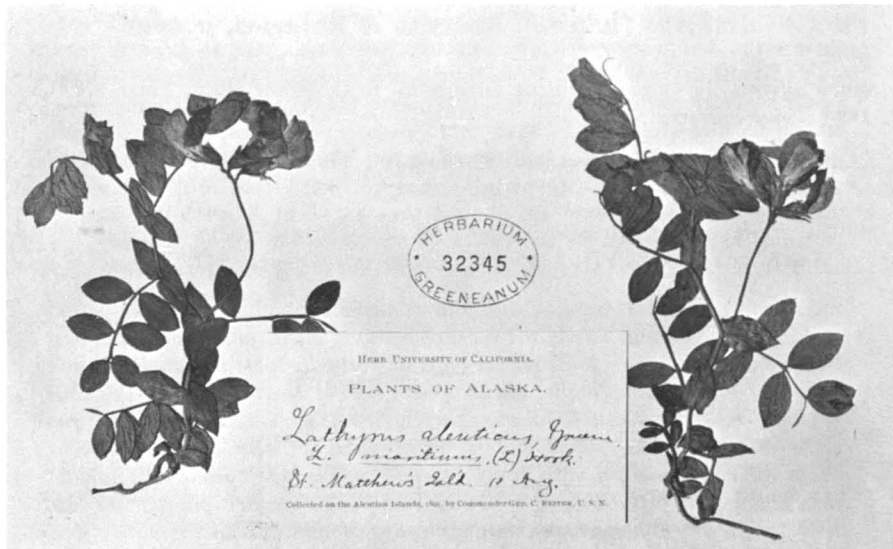


FIG. 3. — *Lathyrus Hultenii* Rousseau et Raymond. Spécimen des collections de Greene, à Notre-Dame University, Indiana.

St. Matthews island, 10 Aug. 1891, Commander Geo. C. Reitter. (Venant de l'herbier Greene et identifié sur l'étiquette *Lathyrus aleuticus* Greene (fig. 3).

La distinguée palynologiste du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, madame Van Campo, a examiné le pollen de dix spécimens de *Lathyrus*

maritimus (*L. japonicus*) de France et du Canada oriental (Vallée du Saint-Laurent), de même que celui des topotypes du *L. Hultenii* (estuaire de la Kogaluk, et baie de Povungnituk). Le petit nombre de spécimens examinés ne permet guère de dégager une solution définitive, mais il permet néanmoins de suggérer un caractère différentiel possible. « *J'ai pu constater, écrit madame Van Campo (in litteris) qu'il y avait une légère variabilité dans l'exine du pollen de Lathyrus maritimus, certains ayant à l'équateur du mésocolpium une réticulation nette, d'autres, par contre, ayant une réticulation très peu nette. Il est donc possible que si j'avais de nombreux échantillons de Lathyrus Hultenii, je retrouve une variation identique. Cependant, pour le topotype, la réticulation du mésocolpium est plus forte que celle de tous les échantillons de L. maritimus que j'ai pu étudier. Il y a donc là, me semble-t-il, un bon caractère spécifique.* »

Avec cette nouvelle espèce de *Lathyrus*, la province de Québec en compte donc sept : *Lathyrus japonicus* Willd., *L. Hultenii* Rousseau & Raymond, *L. palustris* L., *L. ochroleucus* Hook., *L. pratensis* L., introduit, *L. latifolius* L., cultivé et parfois échappé de culture, et *Lathyrus venosus* Muhl. var. *intonsus* Saint-John (syn. *L. Rollandii* Victorin & Rousseau).¹

Que devient la plante de grande taille, pubescente, pour laquelle Fernald a créé, en partie, la combinaison *L. japonicus* var. *aleuticus* ? Il est presque sûr qu'il faudra abandonner ce nom. Peut-être même suffira-t-il d'une entité taxonomique au rang de forme. Il faudra réétudier alors le *Pisum maritimum* var. *pubescens* Hartm., qui a peut-être priorité sur le nom de Fernald, également le status même de *L. japonicus* en relation avec *L. maritimum*. Cette étude monographique retarderait trop le présent travail, ajourné depuis vingt ans déjà.

1. En collaboration avec le frère Marie-Victorin, j'ai décrit il y a quelques années (Contrib. Inst. bot. Univ. Montréal, N° 36, 1940) une nouvelle espèce, qui fut nommée *Lathyrus Rollandii* Victorin & Rousseau, et qui par la suite s'avéra n'être que le *L. venosus* var. *intonsus*. Il n'y a peut-être pas de meilleur exemple des mauvais tours que peuvent jouer à des taxonomistes des concepts phytogéographiques trop exclusifs. Quand le Prof. Marie-Victorin et le F. Rolland-Germain découvrirent cette plante sur la rivière Cascaédia, Marie-Victorin et Fernald s'entendirent pour l'identifier au *L. nevadensis*, une espèce cordillérienne, donc un nouvel élément venant appuyer la thèse de Fernald sur la persistance de certaines plantes sur le nunatak gaspésien. La plante ne fleurissait pas dans la nature gaspésienne, mais ayant réussi à la conduire à floraison au Jardin botanique de Montréal, j'en fis une étude poussée et j'en arrivai à la conviction qu'il ne s'agissait aucunement du *L. nevadensis*. Je suggérai d'abord, sans étude élaborée, de rattacher la plante de la Gaspésie au *L. venosus* des Grands lacs et de l'Ohio, mais Fernald déclara péremptoirement que cela était impossible et qu'il avait éliminé cette hypothèse. Il me proposa alors, comme alternative, l'identification au *L. palustris* var. *retusus* (*in litteris*). L'étude des caractères fondamentaux de cette variété et de la variété type me démontra que l'opinion n'était pas tenable. Fernald réussit à me convaincre alors, sans trop de difficulté, de décrire une nouvelle espèce. Ce qui fut fait et Fernald la reconnut sans hésiter comme une relique entrant dans le cadre de sa théorie. Par la suite, quant il rédigea ce chapitre du *Gray's Manual* et dut faire entrer le *L. Rollandii* dans la clef des

espèces, il se rendit compte qu'il s'agissait bien du *L. venosus*. Toutefois, pour réparer ou faire oublier cette erreur, et conserver dans la nomenclature botanique une entité valable dédiée au F. Rolland, il proposa, peu après, la création d'un *Scirpus Rollandii* Fernald. Si le *Lathyrus venosus* var. *intonsus* n'est plus une espèce cordillèreenne, indicatrice de la non glaciation, elle a une signification phytogéographique non moins intéressante. Comme le *Nymphaea tetragona* (que j'ai récolté à St-Fabien, comté de Rimouski, et à Duparquet, Abitibi, espèce reliquale d'un climat plus chaud qui survit chez-nous parce que son rhizome s'enracine profondément à un niveau hors d'atteinte du gel), le *L. venosus* var. *intonsus* semble dans la Gaspésie, un témoin d'une époque où le climat de la partie boréale de la zone tempérée était sensiblement plus chaud qu'aujourd'hui. Dans une région de haute précipitation et aux neiges hatives et persistantes jusqu'au dégel de l'été, ce *Lathyrus* semble trouver toute la protection nécessaire (Jacques Rousseau).

Références

1. WHITE, Theodore G., 1894. A preliminary revision of the genus *Lathyrus* in North and Central America. *Torrey bot. Club*, **21**: 444-458.
2. FERNALD, M. L., 1932. *Lathyrus japonicus* versus *L. maritimus*. *Rhodora*, **34** : 177-187.
3. HYLANDER, N., 1945. Nomenklatorische und systematische studien über Nordische Gefässpflanze. *Uppsala Univ. Arsskr.* **7**: 1-337.
4. HARA, Hiroshi, 1952. Contributions to the study of variations in the Japanese plants closely related to those of Europe or North America. Part. 1. *J. Fac. Sci. Tokyo Univ. Sect. III, Botany*. Vol. **VI**, part 2: 29-96 (vid. pp. 79-80.).
5. HULTÉN, Eric, 1937. Flora of the Aleutian Islands. 235-236. Stockholm.
6. HULTÉN, Eric, 1947. Flora of Alaska and Yukon, **7**, 1116-1117.
7. HULTÉN, Eric, 1968. Flora of Alaska and neighbouring territory. Stanford University Press, 1016 pp. (Chaque page illustrée de dessins de chacune des espèces et de leurs cartes de distribution respectives.)

ÉTUDES SUR LA FLORE DU SAGUENAY

II — NOTE SUR LA PRÉSENCE DE L'ASTER LAEVIS L. ¹

RICHARD CAYOUCETTE

*Herbier, Service de la Recherche et de l'Enseignement, Ministère de l'Agriculture
et de la Colonisation, Québec, Canada.*

Résumé

L'auteur signale la présence de l'*Aster laevis* L. au Saguenay-Lac Saint-Jean. Les trois stations découvertes se trouvent sur d'anciens sites de colonisation abandonnés depuis longtemps : près de l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite, à Saint-Fulgence et à Saint-Jérôme.

Il semble que des pratiques agricoles médiocres suivies de l'arrêt de toute intervention humaine efficace favorisent l'apparition et la persistance d'adventices rares et peu agressives telles que l'*A. laevis* et quelques autres dont on a également trouvé des colonies à ces mêmes stations.

Abstract

Aster laevis L. is reported as an introduced plant at three localities of the Saguenay-Lake St. John district : at the mouth of the Sainte-Marguerite river ; at St. Fulgence and at St. Jérôme. The three stations where patches of the plant were found are located on old settlements left abandoned since many years.

The coming out and the survival of such rare and non-aggressive adventitious plants as *A. laevis*, and some others which were also found there are thought to have been favoured by poor agricultural methods followed by the abandonment of the land.

Introduction

L'étude des récoltes recueillies au cours d'herborisations en diverses parties du Saguenay-Lac Saint-Jean et la révision du matériel de ce territoire déjà accumulé dans les herbiers, m'ont fourni l'occasion de rencontrer des spécimens répondant parfaitement à la description de l'*Aster laevis* L.

1. Contribution numéro 99, Service de la Recherche et de l'Enseignement, Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation, Québec, Canada. — La substance de ce travail a été présentée au 36ième congrès de l'Acfas, tenu à Ottawa en novembre 1968.

Jusqu'à ce jour, cette espèce n'était connue que du sud-ouest du Québec (Boivin, 1966). Le résultat actuel de mes recherches sur la flore de cette région me permet d'ajouter que la plante se rencontre, à l'état d'adventice, au moins à trois stations du Saguenay-Lac Saint-Jean.

Puisque les flores du Québec déjà publiées ne donnent aucune description de l'*A. laevis*, il m'a paru utile d'en présenter une, aussi complète que possible, avant de situer géographiquement les diverses stations où la plante est connue au Québec. On trouvera aussi dans la présente note des réflexions personnelles sur les modes présumés d'introduction et de persistance de cette adventice au Saguenay.

Conformément à la coutume, je désigne les herbiers cités dans ce travail par les sigles proposés par Lanjou et Stafleu (1964) ; celui de l'Université de Sherbrooke par le sigle (SFS).

Notes taxinomiques

Aster laevis L. — *Species Plantarum*, 876, (1753).

Plante vivace, à rhizome court et épais, ou à souche rameuse émettant parfois des rhizomes rougeâtres. Sa tige dressée peut atteindre 1 m de hauteur ; elle est glabre et généralement glauque. Les feuilles épaisses sont, aussi, glabres et plus ou moins glauques ; elles sont entières ou un peu dentées ; la forme du limbe varie beaucoup, il est généralement lancéolé ou plus large ; les feuilles inférieures, le plus souvent caduques sont atténuées en un pétiole ailé ; les supérieures sont sessiles et plus ou moins auriculées embrassantes ; celles de l'inflorescence deviennent bractéiformes et à base embrassante ou subembrassante. L'inflorescence a l'aspect d'une panicule ouverte, parfois d'un corymbe ou même devient thyrsoïde. L'involucre mesure de 5 à 7 mm de hauteur ; ses bractées sont fermes, imbriquées en plusieurs séries, fortement apprimées ; elles sont linéaires à linéaires-allongées, jaunâtres, sauf la pointe qui est verte ; cette pointe verte est de forme rhomboïdale ou oblancéolée (var. *laevis*), parfois étroite et allongée (var. *Geyeri*). Les ligules, au nombre de 15 à 30, mesurent de 6 à 9 mm de longueur, elles sont de couleur bleu à violet, rarement blanches (f. *Beckwithiae*). Les aigrettes sont teintées de rougeâtre ou blanches ; les akènes sont glabres ou presque.

Sur le terrain, on distingue facilement l'*A. laevis* de nos espèces indigènes à grands capitules bleus ou violacés, par l'apparence glauque de la plante, sa glabrité, ses feuilles épaisses, ses bractées de l'involucre fortement apprimées.

Distribution

A. laevis est une espèce nord-américaine dont l'aire de distribution trouve sa limite septentrionale dans le sud de la Nouvelle-Écosse, la pointe méridionale du Maine, c'est-à-dire dans les comtés de Cumberland et d'York (Bean *et al.*,

1966) et au sud de l'Ontario. On retrouve la plante à travers les Prairies canadiennes, en Colombie-Britannique et jusqu'à la frontière est de l'Alaska (Anderson, 1959). Vers le sud, elle atteint le Nouveau-Mexique, l'Alabama et la Géorgie (Fernald, 1950 ; Gleason, 1952 ; Cronquist, 1955).

Au Québec, Boivin (1966) signale la présence de l'*A. laevis* dans le sud-ouest du territoire. Sa mention s'appuie (Boivin *in litt.*, 1968) sur les trois seules récoltes du Québec de l'herbier du Service de Recherche du Ministère de l'Agriculture du Canada (DAO) : Argenteuil Co., Grenville Twp., Conc. 2, Lot 21, Rouge River ; growing on rocky woodland path ; Aug. 13, 1941 ; W.H. Minshall 2573. — *Ibid.* ; growing by road through woods near river ; Aug. 13, 1941 ; W.H. Minshall 2642. — Mt. Orford, Québec ; Aug. 28, 1936 ; Br. Marie-Anselme (s.n.).

Pour compléter le tableau de la présence de l'*A. laevis* au Québec, on doit maintenant ajouter les récoltes suivantes provenant de la région du Saguenay-Lac Saint-Jean : Comté de Saguenay, canton Albert, embouchure de la rivière Sainte-Marguerite ; 15 août 1962 ; J. Cayouette 871 ; (QUE). — *Ibid.* ; 15 août 1962 ; S. Brisson 62-1160 ; (SFS). — *Ibid.* ; 15 août 1962 ; J. Boulva *et al.* 62142 ; (SFS). Ces trois récoltes ont été distribuées sous le nom d'*A. novi-belgii*. Comté de Chicoutimi, Saint-Fulgence, cap Jaseux ; 14 août 1966 ; J. et R. Cayouette 8150 ; (QUE). — *Ibid.* ; 21 août 1968 ; J. et R. Cayouette 9051 et 9054 ; (QUE). — Comté de Lac Saint-Jean, Saint-Jérôme ; 12 août 1968 ; C. Leduc L68-38a ; (QUE, QFA).

Discussion et conclusion

Il est sans doute significatif de noter que toutes les récoltes d'*A. laevis* de la région du Saguenay-Lac Saint-Jean proviennent d'habitats similaires, c'est-à-dire, d'anciens sites de colonisation abandonnés depuis longtemps. On n'a encore jamais signalé la plante sur des fermes où la culture est demeurée active.

Les récoltes de l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite proviennent toutes de la même colonie. Les membres d'une équipe du Camp des Jeunes Explorateurs les ont recueillies dans une petite prairie sèche où la forêt tente de reprendre possession du sol. L'histoire régionale nous apprend qu'une cinquantaine de familles ont vécu à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite, entre 1844 et le début du siècle présent. Sans autre moyen de communication avec les établissements voisins que l'embarcation (« la voiture d'eau » comme on dit au Saguenay), ces gens vivaient du travail en forêt, de la pêche et d'une agriculture uniquement vivrière. La colonie a cessé d'exister au début du siècle présent. Aujourd'hui, en herborisant dans la forêt secondaire qui recouvre la plupart des champs abandonnés, on rencontre parfois des vestiges de cette tentative d'occupation humaine des lieux : des instruments aratoires rouillés,

une croix du chemin abattue par les intempéries et par l'âge, des solages envahis par la végétation. Des adventices, perdues dans ce coin de nature sauvage, témoignent également du séjour de l'homme en ces lieux. Parmi les plus intéressantes, on peut citer, outre l'*A. laevis* : *Pyrus Malus*, *Collomia linearis*, *Galeopsis Tetrahit* var. *bifida*, *Linaria vulgaris*, *Rudbeckia hirta*, *Helianthus subrhomboideus*, *H. Nuttallii* var. *subtuberosus*, *Chrysanthemum Leucanthemum*, *C. ircutianum*, *Artemisia ludoviciana* var. *gnaphalodes*, *Cirsium arvense*, *Hieracium Pilosella*, *H. aurantiacum*, *H. caespitosum*, *H. scabriusculum*.

La station de Saint-Fulgence se situe également dans une ferme abandonnée depuis au-delà d'un quart de siècle. Dans les anciens champs qui s'étalent le long du Saguenay, entre le cap Jaseux et la pointe aux Pins, se dressent aujourd'hui les quartiers généraux du Camp des Jeunes Explorateurs. C'est aux deux extrémités de l'un de ces champs abandonnés que se trouvent deux petites colonies d'*A. laevis*, l'une et l'autre constituées de quelques plants seulement. Bien que la présente station soit plus rapprochée de la civilisation que ne l'est la première, la présence de certaines adventices est quand même significative. C'est ici, par exemple, que survit l'unique station connue au Québec de *Potentilla Hippiana* (Cayouette, 1966). Dans ces mêmes champs, on a aussi récolté : *Potentilla arguta*, *P. gracilis* var. *gracilis*, *P. intermedia* var. *canescens*, *P. recta* var. *sulphurea*, *P. recta* var. *obscura*, *Penstemon digitalis*, *Helianthus subrhomboideus*, *H. Nuttallii* var. *subtuberosus*, *Hieracium scabriusculum*. Ces adventices, la plupart de provenance occidentale canadienne, sont tirées intentionnellement d'une liste beaucoup plus considérable de plantes introduites, parce que, à mon avis, elles sont symptomatiques du genre d'agriculture qu'on a pratiqué sur ces terrains antérieurement. Le grain de provende de l'Ouest y aurait été utilisé comme grain de semence.

Je ne connais pas l'historique de la station de Saint-Jérôme. Monsieur Leduc, qui y a récolté l'*A. laevis*, me dit qu'elle se situe dans un vieux pâturage abandonné, en pente assez accentuée et où on a commencé à prélever du gravier. Il y a donc de fortes chances qu'on n'y ait pas accompli de travaux culturels depuis assez longtemps.

Si on compare ces trois stations, on constate qu'elles ont certaines caractéristiques en commun : une utilisation agricole ancienne ; l'abandon de toute intervention humaine efficace depuis plusieurs années ; des sols légers, graveleux ou sablo-graveleux ; un drainage excellent. L'abondance et la grande diversité des plantes adventices qu'on y trouve laissent supposer qu'on y pratiquait une agriculture de qualité médiocre. Selon toute évidence, le grain de provende originaire de l'Ouest canadien y tenait lieu de grain de semence. Sans doute, il ne manque pas de fermes dans la région où on pratique encore une telle agriculture. Leur flore adventice ne se compose le plus souvent que de mauvaises herbes banales ; on n'y rencontre à peu près jamais les espèces rares

trouvées à l'embouchure de la rivière Sainte-Marguerite et au cap Jaseux. Il semble que ces plantes sont si peu agressives qu'elles ne parviennent pas à résister à la concurrence des plantes cultivées et au choc des travaux normaux de la culture. Cependant, lorsque cesse toute intervention humaine par suite de l'abandon de la ferme, les semences de ces espèces peu agressives parviennent à établir des colonies qui, alors, réussissent à se maintenir fort longtemps.

Les fermes abandonnées sont donc des lieux riches en espèces adventices rares et, peut-être, des têtes de pont à l'introduction de plantes exotiques à travers la flore indigène d'une région.

Remerciements

Je désire exprimer ma plus vive gratitude au docteur Bernard Boivin pour les renseignements qu'il a eu l'amabilité de me fournir sur la présence de *A. laevis* dans le sud-ouest du Québec. Mes remerciements vont également à messieurs Samuel Brisson, de l'Université de Sherbrooke, et Clément Leduc, de l'Université Laval, qui m'ont permis d'étudier leurs récoltes d'*A. laevis*.

Références

- ANDERSON, J. P., 1959. Flora of Alaska and adjacent parts of Canada. Univ. Iowa Press, Ames. 543 pages, Illus.
- BEAN, R. C., C. D. RICHARDS and F. HYLAND, 1966. Check-list of the vascular plants of Maine. Bull. Josselyn bot. Soc. Me. N° 8, 71 pages.
- BOIVIN, Bernard, 1966. Énumération des plantes du Canada. IV—Herbidées, 2^e partie : Connatae. *Naturaliste can.* **93**: 989-1063.
- CAYOUEITE, Richard, 1966. *Potentilla Hippiana* Lehm. et *Potentilla thuringiaca* Bernh. au Québec. *Naturaliste can.* **93**: 889-895.
- CRONQUIST, A., 1955. Vascular plants of the Pacific Northwest. Part 5: Compositae. Univ. Wash. Press, Seattle 343 pages illus.
- FERNALD, M. L., 1950. Gray's manual of botany, 8th edition, American Book Company, New York, 1632 pages, illus.
- GLEASON, Henry A., 1952. Illustrated flora of the Northeastern United States and adjacent Canada. 3 vols. Lancaster Press, Lancaster, Penna.
- LANJOUW, J. and F. A. STAFLEU, 1964. Index Herbariorum, 5th ed., Utrecht, International Bureau for Plant Taxonomy and Nomenclature, International Association for Plant Taxonomy.



ÉTUDES SUR LA FLORE DU COMTÉ DE LÉVIS

I — NOTES SUR QUELQUES ESPÈCES D'IMPORTANCE PHYTOGÉOGRAPHIQUE ¹

DOMINIQUE DOYON

et

RICHARD CAYOUCETTE

*Herbier, Service de la Recherche et de l'Enseignement, Ministère de
l'Agriculture et de la Colonisation, Québec, Canada*

Résumé

Les auteurs signalent la présence dans le comté de Lévis d'un certain nombre de plantes méridionales, à la limite de leur aire de dispersion. Plusieurs appartiennent à l'érablière laurentienne : *Dirca palustris*, *Dryopteris Goldiana*, *Allium tricoccum*, *Prunus serotina*, *Ulmus rubra*, *Asarum canadense*, *Hepatica acutiloba*, *Celastrus scandens*, *Mitella diphylla*, *Ribes cynosbati*, *Smilax herbacea* et *Hamamelis virginiana*.

D'autres se rencontrent sur les alluvions : *Acer saccharinum*, *Prunus nigra*, *Geum laciniatum* et *Carex bromoides*.

La flore des tourbières comprend, à la fois, des stations extrêmes de plantes méridionales et d'espèces septentrionales : *Salix pedicellaris* var. *hypoglauca*, *Betula pumila*, *Rubus Chamaemorus*, *Vaccinium corymbosum*, *Listera australis* et *Habenaria blephariglottis*.

Abstract

Some southern plants reaching the northern limit of their range in the County of Lévis, or not far beyond, are reported. Most were found in the Laurentian maple forest : *Dirca palustris*, *Dryopteris Goldiana*, *Allium tricoccum*, *Prunus serotina*, *Ulmus rubra*, *Asarum canadense*, *Hepatica acutiloba*, *Celastrus scandens*, *Mitella diphylla*, *Ribes cynosbati*, *Smilax herbacea*, and *Hamamelis virginiana*.

Some others were growing on alluvia : *Acer saccharinum*, *Prunus nigra*, *Geum laciniatum*, and *Carex bromoides*.

In the peat-bogs both northern and southern species meet : *Salix pedicellaris* var. *hypoglauca*, *Betula pumila*, *Rubus Chamaemorus*, *Vaccinium corymbosum*, *Listera australis*, and *Habenaria blephariglottis*.

1. Contribution numéro 101, Service de la Recherche et de l'Enseignement, Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation, Québec, Canada.

Introduction

Il nous paraît opportun de signaler immédiatement à l'attention des botanistes et des phytogéographes un certain nombre de plantes rencontrées au cours de nos études sur la flore du comté de Lévis. Nous croyons que l'intérêt suscité par ces récoltes justifie ces quelques notes préliminaires à un travail plus élaboré.

Ces espèces, groupées ci-après selon leurs affinités phytosociologiques et écologiques, se répartissent naturellement en deux catégories principales :

Les espèces des bois de feuillus ou des sols minéraux riches ;

Les espèces des tourbières ou des sols tourbeux.

Sauf indication contraire, toutes les récoltes citées dans ce travail se trouvent dans l'herbier du Service de la Recherche et de l'Enseignement du Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation du Québec, connu sous le sigle (QUE) dans Lanjouw et Stafleu (1964). Nous utilisons également les sigles proposés dans cet ouvrage pour désigner les autres herbiers.

Les espèces des bois de feuillus

Les plantes que nous réunissons sous ce titre général forment une collection suffisamment importante pour que nous puissions pousser plus loin leur classification. Ce sont des espèces méridionales dont l'aire de distribution atteint sa limite septentrionale dans la région ou tout près. Nous les présentons en trois groupes : 1 — celles qui appartiennent à l'érablière laurentienne; 2 — celles des bois d'alluvions; enfin, 3 — un résidu d'espèces méridionales appartenant à divers groupements végétaux.

LES ESPÈCES DE L'ÉRABLIÈRE LAURENTIENNE

Les quatre premières espèces qu'on peut rattacher à ce groupe ont en commun une répartition assez générale dans le comté de Lévis. Ce sont :

Dirca palustris L. — Cet arbuste suit de près la distribution du *Tilia americana* et de l'érablière laurentienne. Du comté de Lévis, nous pouvons signaler les récoltes suivantes : Saint-Henri, D. Doyon L67-119; Gilles Lemieux et Louis Rousseau, 22 mai 1961; Saint-Joseph de Lévis, rang Harlaka, D. Doyon *et al.*, 14 août 1968; Saint-Nicolas, C. Leduc L67-245; Saint-David, D. Doyon *et al.*, 4 juillet 1968; Lauzon, C. Leduc, 11 juillet 1967; C. Lortie *et al.* 68-273.

Dryopteris Goldiana (Hook.) Gray — Doyon et Lavoie (1966) le signalaient comme faisant partie de l'érablière laurentienne sur sol brun acide boisé à

Saint-Henri de Lévis. Cette fougère, peu fréquente, se trouve aussi à Lauzon, dans une érablière laurentienne à orme roux : D. Doyon *et al.*, 3 juillet 1967.

Allium tricoccum Ait. — C'est une espèce de l'érablière laurentienne typique et de l'érablière laurentienne à orme blanc dont Doyon et Lavoie (1966) ont déjà noté la présence dans le comté de Lévis. À cette mention nous pouvons ajouter les localités suivantes : Saint-Henri, C. Leduc et J.-Y. Chateauvert L67-112; D. Doyon *et al.*, 18 juillet 1967; Lauzon, R. Cayouette *et al.* 8200; Lévis, J. Cayouette 6386.

Prunus serotina Ehrh. — Espèce surtout apalachienne que nous avons rencontrée à Saint-Anselme de Dorchester en 1961. Rare dans la plaine près de Québec, nous l'avons cependant trouvée à Saint-Jean Chrysostôme, dans une érablière laurentienne à hêtre, au flanc d'une colline schisto-gréseuse : C. Lortie *et al.* 68-151.

Outre les quatre espèces citées précédemment, on trouve encore un nombre assez imposant de plantes méridionales dont la distribution dans le comté se limite aux érablières laurentiennes des collines calcaires de Lévis et des collines qui se rattachent à la formation Charny. À cause de leurs exigences écologiques, ces plantes sont donc confinées à la partie nord du comté où ces collines sont situées. Ce sont :

Ulmus rubra Muhl. — La carte de distribution de Doyon et Lavoie (1966) mentionnait Neuville, comté de Portneuf, comme localité extrême vers le nord-est. Une récolte de Lauzon, sur un sol brun forestier, à même les pentes des collines calcaires de la formation Lévis, précise la limite de distribution de cette espèce sur la rive sud du Saint-Laurent : D. Doyon *et al.*, 3 juillet 1967.

Asarum canadense L. — Dans la région à l'étude, cette espèce semble préférer les sols contenant des éléments calcaires. Doyon et Lavoie (1966) ont indiqué sa présence à Lévis sur leur carte de distribution. Les récoltes suivantes confirment et précisent cet avancé : Saint-Nicolas, D. Doyon, 29 juin 1967; Saint-Télesphore, D. Doyon et J.-Y. Chateauvert, 24 juillet 1967; Saint-David, C. Lortie *et al.*, 3 juillet 1968; Lauzon, R. Cayouette 48-2; R. et J. Cayouette 54-7; R. Cayouette 5004; R. et J. Cayouette 58-397.

Hepatica acutiloba DC. — À l'exemple d'un certain nombre d'autres espèces, la distribution de *H. acutiloba* s'interrompt brusquement à 25 milles environ à l'est de la ville de Québec. Au cours des années dernières nous l'avons localisé sur la rive nord du Saint-Laurent jusqu'au cap Tourmente, partout où affleure la formation de Trenton : Grondines, Neuville, Charlesbourg, L'Ange-Gardien, Saint-Joachim. Du côté sud du fleuve, nous pouvons mentionner des récoltes de Lauzon, de Sorosto et de Saint-Nicolas recueillies dans des érablières laurentiennes établies sur des débris rocheux contenant du calcaire. Les préférences calciphiles de cette espèce sont très apparentes dans la région étudiée. La même remarque s'applique d'ailleurs à plusieurs autres espèces : *Asarum canadense*,

Mitella diphylla, *Ribes cynosbati*, *Smilax herbacea*, *Celastrus scandens* et *Ulmus rubra*. Nous pouvons citer les récoltes d'*H. acutiloba* suivantes : Saint-Nicolas, L.-P. Gagnon, 11 mai 1961; C. Lortie *et al.* 68-32; Sorosto, R. Cayouette et D. Doyon 8208; Lauzon, R. et R. Cayouette, 26 avril 1934; R. Cayouette 48-1 et 5007; R. et J. Cayouette 54-1 et 55-4; J. Cayouette, 2 mai 1956. Notons aussi que Brunet (1865) signalait la présence de la plante à «Pointe-Lévis, près de la côte Davidson ». Nous avons également retrouvé dans l'herbier de Brunet un spécimen d'*H. acutiloba* portant l'étiquette suivante : « Pointe-Lévi, O.B. » sans date comme la plupart des spécimens de ce botaniste.

Celastrus scandens L. — Cette liane qui, sur la rive nord du Saint-Laurent, atteint le cap Tourmente (Doyon et Lavoie, 1966), a comme station extrême vers l'est sur la rive sud une colline calcaire de Lauzon : R. et J. Cayouette 7627.

Mitella diphylla L. — Comme le précédent, le *M. diphylla* ne se trouve que dans l'érablière laurentienne établie sur les collines calcaires de la formation Lévis. Au sud du fleuve, la station la plus à l'est est celle de Lauzon : R. Cayouette L.35-35; R. et J. Cayouette 55-3.

Ribes cynosbati L. — Ce groseillier trouve également sa limite orientale sur la rive sud du Saint-Laurent dans l'érablière laurentienne des collines calcaires de Lévis : Lauzon, R. Cayouette 57-7; C. Lortie *et al.* 68-285.

Smilax herbacea L. — Autre espèce méridionale de l'érablière qui atteint sa limite nord dans la région de Québec. Provancher (1862) la signale à « Lac Saint-Charles (Québec) ! » et nous avons vu dans son herbier (QPH) un spécimen justifiant cette mention; la feuille d'herbier porte cette note, vraisemblablement de la main de Provancher : Lac Saint-Charles, juillet 1861. On en connaît également une récolte de Sainte-Pétronille, île d'Orléans, depuis 1962: D. Doyon et V. Lavoie, 17 octobre 1962. Sur la rive sud du fleuve, il en existe une de Lévis depuis 1933 : R. et R. Cayouette, 11 juillet 1933; de même que de Saint-Romuald, depuis 1950 : abbé A. Gagnon 3235, (QFS). Une récolte récente de Saint-David : C. Lortie *et al.*, 4 juillet 1968, complète l'état de nos connaissances sur la présence de cette espèce dans la région.

Hamamelis virginiana L. — La station de Sainte-Pétronille, île d'Orléans, est bien connue des botanistes québécois (Brunet, 1865; Louis-Marie, 1931; Marie-Victorin, 1935; Raymond, 1950). De plus, Brunet (1865) note la présence de la plante à « Pointe-Lévi, sur la terre de Couture ». Pour attester la véracité de cette mention, nous avons vu dans l'herbier de Brunet (QPH) un spécimen identifié *H. virginica* (sic) dont l'étiquette, sans date, ne porte que ces autres mots : « Pointe-Lévi, O.B. ». Le spécimen a certainement été récolté à deux dates différentes puisque la feuille d'herbier montre deux rameaux fleuris et deux rameaux portant de jeunes feuilles. La récolte de Brunet n'est pas la seule du comté de Lévis. En effet, grâce à une récolte de notre collaboratrice, made-

moiselle Madeleine Caron, nous savons qu'il existe une colonie d'*H. virginiana* à Pointe-Martinière, Lauzon : Madeleine Caron, 26 août 1956. Il est intéressant de noter que, selon la carte géologique publiée par Osborne (1956), les stations de Pointe-Martinière et de Sainte-Pétronille occupent des formations géologiques similaires.

LES ESPÈCES DES BOIS D'ALLUVIONS

Nous groupons sous ce titre une autre série d'espèces méridionales qui atteignent leur limite nord dans la région. On les trouve dans les bois d'alluvions du comté, principalement dans l'ormaise-frênaie.

Acer saccharinum L. — Espèce des alluvions récentes du Saint-Laurent, très peu fréquente dans la région de Québec. Notons que Gagnon et Masson (1959) signalent cet arbre dans la vallée de la Chaudière, à Saint-Isidore, comté de Dorchester. Notre récolte provient d'une ormaie-frênaie sise en bordure du fleuve à Saint-Nicolas: C. Lortie *et al.* 68-349.

Prunus nigra Ait. — C'est une espèce des bois riches de l'ormaise-frênaie et de l'érablière à orme. Le matériel accumulé dans les principaux herbiers démontre qu'on la rencontre fréquemment dans la vallée de la Gatineau, dans la région de Montréal, ainsi que dans la vallée du Richelieu. Vers l'est, devenant de plus en plus rare, on la trouve dans la plaine du Saint-Laurent jusqu'à l'île d'Orléans. L'un de nous l'a déjà récoltée à Giffard, sur la rive nord du fleuve: D. Doyon, 30 mai 1954 et 25 septembre 1963. Sur la rive sud, on connaît le *P. nigra* dans le comté de Lévis par les récoltes suivantes: Saint-Romuald, G. Lemieux, 27 mai 1961; Saint-Nicolas, D. Doyon *et al.* 68-345.

Geum laciniatum Murray — Boivin (1960) confirme la présence au Québec du *G. laciniatum* par la citation d'un certain nombre de récoltes. Parmi celles-ci se trouvait l'unique spécimen de la région de Québec: Sillery, R. Cayouette 50-79, (DAO, QUE); par la suite, Boivin a révisé ce spécimen à *G. canadense*. Toutefois, une récolte postérieure d'un authentique *G. laciniatum* est venu rétablir la preuve de la présence de cette espèce méridionale dans la région de Québec: Sainte-Pétronille, île d'Orléans, J. Cayouette et J. Huot 5839, (QUE).

Plusieurs récoltes du comté de Lévis, recueillies sur les alluvions riches ou sur les colluvions des ravins le long de quelques rivières et ruisseaux, confirment davantage cette présence: Saint-Nicolas, D. Doyon *et al.*, 19 août 1968; Saint-Romuald, D. Doyon *et al.*, 19 juillet 1968; Saint-David, D. Doyon *et al.*, 3 juillet 1968; Rivière-à-la-Scie, C. Lortie *et al.* 68-299.

Notons que l'une des stations citées par Boivin (1960): Saint-Roch des Aulnaies, July 12, 1926, H.N. Racicot, (DAO) est la plus septentrionale au Québec.

Carex bromoides Schkuhr — Ce *Carex*, de la même section systématique que le *C. Deweyana*, se rencontre, comme le *Geum laciniatum*, sur les régosols à mull caractéristiques des alluvions récentes déposées en bordure des rivières et des ruisseaux. On le trouve dans les groupements végétaux appartenant à la série de végétation de la frênaie-ormaie : frênaies, peupleraies boréales, tremblaies à aulne et aulnaies.

Nos récoltes du comté de Lévis se situent principalement sur les bords de la rivière-à-la-Scie: Saint-David, rivière-à-la-Scie, D. Doyon *et al.*, 8 juillet 1968; 4 juillet 1968 et 27 juin 1968; Lévis, rivière-à-la-Scie, C. Lortie *et al.* 68-298; Saint-Nicolas, frênaie sur le rivage du fleuve, C. Lortie *et al.* 68-198.

La première récolte de la région de Québec semble appartenir au professeur Lionel Cinq-Mars: Sainte-Foy, Cité universitaire, bois, 17 juin 1963, L. Cinq-Mars 63-387, (QFA). Dechamplain et Lepage (1941) ont pour leur part cité la station la plus septentrionale au Québec. Un duplicata de leur récolte se trouve à l'herbier P. Louis-Marie: Rivière Rimouski, La Couronne, comté de Rimouski, bois riche, 22 juillet 1950, E. Lepage, 12,481, (QFA).

ESPÈCES MÉRIDIONALES DIVERSES

Il est bien connu que plusieurs autres espèces méridionales atteignent, et même dépassent, la région de Québec. Nous ne voulons, pour l'instant, que citer une récolte caractéristique du comté de Lévis pour quelques-unes de ces plantes:

Juglans cinerea L. — Lauzon, R. Cayouette 53-244.

Amphicarpa bracteata (L.) Fern. — Saint-David, D. Doyon *et al.*, 4 juillet 1968.

Apios americana Medic. — Brunet (1865) le signale sur les grèves de Saint-Nicolas. Nous en avons une récolte de la même localité: embouchure de la rivière Chaudière, R. Cayouette, L. Cinq-Mars et D. Doyon 54-476.

Desmodium canadense (L.) DC. — Saint-Louis-de-Pintendre, bord de la rivière Etchemin, R. Cayouette, 1 août 1947.

Waldsteinia fragarioides (Michx.) Tratt. — L'un de nous (Cayouette, 1957) a déjà signalé la présence de la plante à Saint-Romuald, sous-bois frais de l'embouchure de la rivière Chaudière, R. Cayouette 56-34.

Les espèces des tourbières ou des sols tourbeux

Raymond (1950) a déjà traité des tourbières-refuges abritant à la fois des plantes nordiques et méridionales loin de leurs aires respectives. On rencontre,

en effet, dans les tourbières du comté de Lévis, des espèces qui appartiennent à l'un ou à l'autre groupe.

Parmi les plantes à distribution dite septentrionale, il s'en trouve dont l'aire de dispersion optimale est manifestement plutôt nordique mais qui, à la faveur des microclimats plus froids (?) que leur offrent certaines tourbières, atteignent des latitudes aussi méridionales que le Wisconsin. Il faut ranger ici le *Salix pedicellaris* et le *Betula pumila* dont Grandtner (1960) a déjà noté la présence dans la forêt de Beauséjour.

Salix pedicellaris Pursh var. *hypoglauca* Fern. — Saint-Louis de Pintendre, D. Doyon *et al.*, 15 août 1968.

Betula pumila L. — Breakeyville, C. Lortie *et al.* 68-332; Saint-Louis de Pintendre, D. Doyon *et al.*, 15 août 1968.

Dans ces tourbières-refuges, on trouve également des espèces dont la distribution est véritablement septentrionale. Elles ne réussissent à maintenir dans nos régions que de rares stations extrêmes. C'est le cas du *Rubus Chamaemorus*.

Rubus Chamaemorus L. — Rousseau (1931), Marie-Victorin (1935) et Raymond (1950) citent tous trois l'île aux Coudres comme limite sud-ouest extrême de l'aire de distribution de cette espèce. Notre récolte ramène jusqu'au comté de Lévis la station la plus au sud-ouest connue jusqu'à maintenant : Saint-Joseph de Lévis, D. Doyon *et al.*, 15 août 1968, tourbière à *Sphagnum*, *Chamaedaphne* et *Carex*.

Quelques plantes à distribution méridionale atteignent aussi le comté de Lévis par le moyen des habitats-refuges que sont les tourbières. Généralement on les rencontre à la périphérie des tourbières, là où la couche de tourbe est le plus mince et le drainage un peu moins congestionné, ou, encore, dans les forêts tourbeuses ouvertes. Les trois espèces suivantes appartiennent à ce groupe:

Vaccinium corymbosum L. — Raymond (1950) a déjà indiqué que le *V. corymbosum* atteignait sa limite orientale extrême vers la rivière Chaudière. Plus tard, Grandtner (1960) le mentionne dans la forêt de Beauséjour. Depuis, nous l'avons récolté dans plusieurs localités du comté de Lévis : Saint-Lambert, D. Doyon et Jean-Guy Denis, 19 juin 1967 et 3 octobre 1967 ; D. Doyon *et al.*, 18 juillet 1968 et 23 juillet 1968; Saint-Etienne, C. Lortie *et al.*, 12 juillet 1968; Saint-Nicolas, Lionel Cinq-Mars 63-618, (QFA); Saint-Louis de Pintendre, D. Doyon *et al.*, 16 août 1968; Harlaka, D. Doyon *et al.*, 13 août 1968; Saint-Joseph de Lévis, D. Doyon *et al.*, 26 juillet 1968 et 2 août 1968.

Listera australis Lindl. — Greenwood (1962) a rapporté la découverte dans la région de Québec de quelques stations de cette petite Orchidacée très rare. Une des stations citées par Greenwood se situe dans le comté de Lévis: "South of

Charny, edge of mossy woods". Nous avons aussi trouvé la plante à Saint-Louis de Pintendre, dans un bois tourbeux ouvert à *Larix laricina*: R. et J. Cayouette 8288.

Habenaria blephariglottis (Willd.) Hook. — Raymond (1950) inclut cette espèce parmi celles qui atteindraient leur limite orientale extrême vers la rivière Chaudière. Nous l'avons, en effet, récoltée à la périphérie de plusieurs tourbières du comté de Lévis: Saint-Lambert, pessière noire sur gleysol tourbeux, D. Doyon *et al.*, 18 juillet 1968; *ibid.*, pessière noire à sphaigne sur tourbe, D. Doyon *et al.*, 25 juillet 1968; Saint-Louis de Pintendre, bois tourbeux à *Larix laricina*, J. Cayouette 1070 et R. et J. Cayouette 8290; Saint-Joseph de Lévis, tourbière à *Ledum*, D. Doyon *et al.*, 26 juillet 1968.

Remerciements

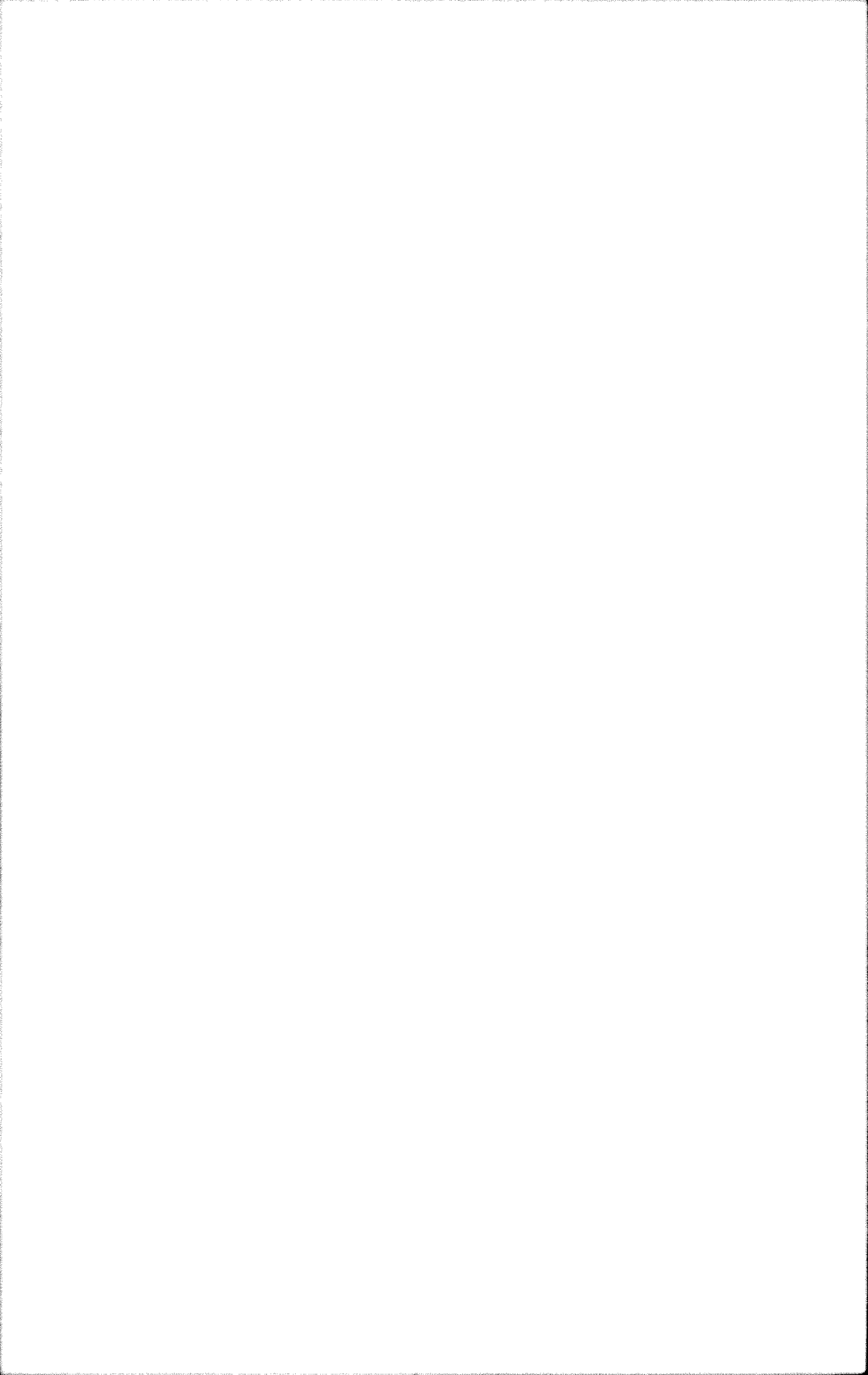
Nous désirons exprimer notre vive gratitude à monsieur l'abbé René Malouin, directeur des études au Petit Séminaire de Québec, grâce à qui nous avons pu consulter l'herbier Provancher (QPH) où sont conservées, entre autres, les collections de Provancher et de Brunet.

Nous remercions également le docteur Bernard Boivin, du Service de Recherche du Ministère d'Agriculture du Canada pour les renseignements qu'il a eu l'obligeance de nous fournir sur certains spécimens de *Geum laciniatum* conservés à l'herbier de cette institution.

Références

- BOIVIN, Bernard, 1960. Centurie de plantes canadiennes. III. *Naturaliste can.*, **87**: 25-49.
- BRUNET, abbé Ovide, 1865. Catalogue des plantes canadiennes contenues dans l'herbier de l'Université Laval et recueillies pendant les années 1858-65. Québec, C. Darveau, 64 pages.
- CAYOUILLE, Richard, 1957. Note sur la distribution de *Waldsteinia fragarioides* (Michx.) Tratt. et d'*Anemone quinquefolia* L. *Annls ACFAS*, **23**: 97.
- DECHAMPLAIN, abbé A.A. et abbé Ernest LEPAGE, 1941. Additions importantes à la flore de Rimouski. *Naturaliste can.*, **68**: 21-25.
- DOYON, Dominique et Victorin LAVOIE, 1966. La distribution de quelques espèces végétales dans la région de Québec et leur cadre phytosociologique. *Naturaliste can.*, **93**: 797-821.
- GAGNON, abbé Alexandre et Pierre MASSON, 1959. Quelques extensions d'aires. *Annls ACFAS*, **25**:74.
- GRANDTNER, Miroslav M., 1960. La forêt de Beauséjour, comté de Lévis, Québec. Fonds de Recherches forestières, Université Laval, Contr. 7, 62 pages.

- GREENWOOD, Edward W., 1962. Occurrences of the Orchid *Listera australis* in the vicinity of Quebec City. *Can. Fld Nat.*, **76**: 199-202.
- LANJOUW, J. and F. A. STAFLEU, 1964. Index Herbariorum. 5th edition, Utrecht, International Bureau for Plant Taxonomy and Nomenclature, International Association for Plant Taxonomy.
- LOUIS-MARIE, P., 1931. Flore-Manuel de la province de Québec. Contr. 23, Institut agricole d'Oka, 320 pages, illus.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1935. Flore laurentienne. Montréal, Imprimerie de La Salle, 917 pages, illus.
- OSBORNE, F. Fitz., 1956. Geology near Quebec City. *Naturaliste can.*, **83**: 157-223.
- PROVANCHER, abbé Léon, 1862. Flore canadienne. Québec, Joseph Darveau, imprimeur-éditeur, XXIX+842 pages, illus.
- RAYMOND, Marcel, 1950. Esquisse phytogéographique du Québec. *Mém. Jard. bot. Montréal*, **5**: 1-147.
- ROUSSEAU, Jacques, 1931. Notes sur la flore de Saint-Urbain, comté de Charlevoix (Québec). *in Bull.* **66**, série biologique, Musée national du Canada, pp. 26-30, illus.



SARRACENIA PURPUREA L. AS HOST AND CARNIVORE
AT LAC CARRÉ, TERREBONNE CO., QUÉBEC

DOROTHY E. SWALES

Macdonald College Herbarium, Macdonald College, Québec.

Résumé

Des feuilles adultes de *Sarracenia purpurea* L. furent cueillies durant le mois de septembre dans une tourbière (dont la flore est décrite) du Lac Carré, comté de Terrebonne, Québec. Dans le liquide des coupes (pH 4.1 - 5.0) les araignées et les insectes adultes de vingt-et-une familles différentes étaient partiellement digérés, tandis que les mites et les larves de trois genres de diptères vivaient dans ce milieu sans être attaquées par les enzymes secrétés par la plante. Une hypothèse pouvant expliquer cette différence est formulée.

Abstract

Mature leaves of *Sarracenia purpurea* L. were collected in a bog (the flora of which is listed) in September at Lac Carré, Terrebonne Co., Québec. In the fluid of the pitchers spiders, and insects of twenty-one families were found partially digested, while mites, and dipterous larvae of three genera were living unharmed by the enzymes secreted by the plant. A tentative explanation for the difference in reaction of the two groups is put forward.

A late-season collection of the leaves of *Sarracenia purpurea* L., a carnivorous plant, was made at Lac Carré, Terrebonne Co., in an acre-sized bog on Sept. 9, 1968. The contents of some twenty-five of the pitcher-shaped leaves were transferred immediately to vials, while eight leaves were left unopened for study later.

The fauna of the pitchers fell into two categories, those which were being digested by the protease and other enzymes secreted by the glands of the slippery zone below the flap and collar, and mites and insect larvae which were living unharmed in the fluid at the base of the pitcher. The first group included spiders and adult Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera and Hymenoptera, and the second, adult and nymphal mites and the larval stages of three genera of Diptera.

The difference between the two groups lays primarily in the fact that one was terrestrial and died shortly after immersion in the fluid, while the other was aquatic and in a "natural" medium. Both groups were protected externally by an epicuticle, very resistant to the action of enzymes, but most of group 1, the dead adults, were dismembered or floating in sclerotized fragments, while those of group 2, the mites and larvae, were whole and moving actively. Group 2 could be compared to the helminths which live in the gut of higher animals and are subject to a number of destructive enzymes against which they possess effective defense. Enzyme inhibitors of pepsin and trypsin have been isolated from extracts of the muscular body wall of *Ascaris lumbricoides*, the round-worm of pigs (Green, 1957), and the production of such antienzymes by the larvae living in *Sarracenia* was suggested in 1919 (Lloyd, 1942). However, no work in recent years has confirmed their presence in these larvae.

The rôle of bacteria in the breakdown of the dead insect bodies of group 1 must be considered. Early experiments, adding weighed proteins to pitcher plant fluid, with and without a bactericide, showed little difference in the resulting rate of digestion, indicating bacteria played a minor part in the process (Lloyd, 1942).

Theoretically, the digestive enzymes could have attacked group 1 from the inside rather than the outside, either by entering the mouth and gut during the insect's death struggle in the fluid, or, more likely, diffusing in through the mouth and anus after death from asphyxiation and the autolysis which follows. As they worked outwards, the enzymes probably would be able to attack the endocuticle of chitin and soft protein. In areas such as the intersegmental membranes, where there is no exocuticle (of chitin and tanned protein) only the very thin epicuticle would be left and it could be ruptured easily by the movements of other insects in the pitcher. This would allow the harvest of nitrogenous compounds to escape and be absorbed by the plant in the zone surrounding the fluid, a zone devoid of cuticle except at the base of each hair (Lloyd, 1942).

Group 2, the actively writhing larvae and the sluggishly moving semi-aquatic mites, would have the protection outside of an epicuticle impermeable to enzymes, but still would have to cope inside with those taken in with the food. These enzymes would come in contact with the *living* epithelium of the insect gut, resistant to its own destructive enzymes and probably to introduced foreign ones. It is worth noting in this connection that the enzymes of the pitcher plant are inactive in a neutral medium and vary markedly in their action with changes in the pH (Lloyd, 1942). It would be of interest to determine the pH of the gut contents in the living larvae and compare it with that of the surrounding pitcher fluid.

Results of pH tests in the field at Lac Carré indicated that digestion of insects in *Sarracenia purpurea* went on satisfactorily under acid conditions, as although the younger leaves, with flaps down and little fluid within had a pH of 7.0 – 7.8, older leaves with the flaps up and a fair amount of fluid showed a pH of 4.1 – 4.6. The surrounding bog water had a pH of 4.4 – 4.6. A slightly less acid condition was found at the drier margin of the bog where both mature leaves and bog water read pH 5.0. The proof of active digestion in the pitcher fluid lays in the fact that in many insects all that was left were the wings and the most heavily sclerotized parts. The leaves of *Sarracenia* are remarkably resistant to decay and may persist for several years, so it was not possible to say how long the digestive process had been going on, except to a limited degree in leaves of the current year.

Insects are not attracted to the pitcher until the flap opens and exposes the bright magenta lines and the nectar on its inner surface. At the same time, the few drops of fluid within are increased markedly by rain. The standing water absorbs CO₂ from the atmosphere (no stomata are present inside the pitcher below the collar) changing the reaction of the fluid from alkaline to acid and the process is carried on still further by the by-products of insect disintegration.

The flora of the bog would determine to some degree the fauna found there and it included *Drosera rotundifolia* L. and *Vaccinium oxycoccus* L. in the very wet areas, with scattered clumps of *Ledum groenlandicum* Oeder, *Andromeda glaucophylla* Link, and single plants of *Eriophorum virginicum* L., and *Carex limosa* L. towards the drier margin. *Vaccinium angustifolium* Ait. and *Calla palustris* L. were half hidden under *Picea mariana* (Mill.) BSP. and *Nemopanthus mucronata* (L.) Trel. at the forest edge. There were small patches of *Cladonia rangiferina* L.¹ and large areas covered with reddish *Sphagnum rubellum* Wils. and the bright green *Sphagnum recurvum* P. Beauv. with more limited patches of reddish-tipped *Sphagnum magellanicum* Brid². Small *Larix laricina* (DuRoi) K. Koch, from 30-50 cm tall, 6-9 mm in diameter and 10-15 years old, broke the monotony of the moss surface, as did the scattered rosettes of green and red *Sarracenia*.

A list of the animal contents of some twenty-five leaves opened in the field, and eight opened in the laboratory, follows (The total numbers of individuals are not indicated in all cases, as the digestion of the soft parts of the bodies and the scattering of heads, legs wings and other parts in small pieces made counting very difficult) :

1. Det. by J. W. Thomson.

2. Det. by Kjeld Holmen

Order Araneida, spiders, two, unidentified; Order Acarina, mites, fam. Tegeribatidae, *Lepidozetes* sp. one, fam. Anoetidae, *Histiostoma* sp. female, one, tritonymphs, three, hypopi, (nymphal non-feeding stage) four; order Orthoptera, fam. Gryllidae, *Nemobius palustris* Blatchley, two, and *Nemobius fasciatus* (De Geer) one; order Hemiptera, fam. Miridae, Nabidae, Tingidae, all badly decomposed, det. from wings; order Coleoptera, fam. Carabidae, *Agonum* (*Platynus*) *mannerheimi* Dej. one, *Agonum* (*Europhilus*) *gratiosum* Mann. one, fam. Staphylinidae, subfam. Tachysporinae, two species, two, fam. Lampyridae, *Lucidota corrusca* (L.) one, fam. Elateridae, *Agriotes* (?), one, fam. Helodidae, *Cyphon variabilis* Thunb., eighty-one, *Cyphon ruficollis* Say, three, fam. Monotomidae, one, fam. Coccinellidae, *Hippodamia tredecimpunctata* (L.), one, fam. Chrysomelidae, *Pachybrachis* sp. two, fam. Curculionidae, *Brachyrhinus ovatus* (L.), two, unidentified, one; order Lepidoptera, fam. Noctuidae, *Graphiphora haruspica* Grt. two; order Diptera, fam. Culicidae, *Wyeomia smithii* Coq., larvae, numerous, fam. Chironomidae, *Metriocnemus knabi* Coq. larvae, numerous, fam. Sarcophagidae, *Blaesoxipha fletcheri* (Aldrich) four; order Hymenoptera, fam. Ichneumonidae, wings only present, Vespidae, yellow jacket wasp, one, fam. Formicidae, six, fam. Apidae, *Bombus terricola* Kby., one³.

Individual records of eight leaves were made in the laboratory, giving some further indication as to what insect families were most common in *Sarracenia purpurea* in the Lac Carré bog. The number following the family name indicates the number of leaves in which it was found. Chironomidae, midge larvae, seven; Culicidae, mosquito larvae, six; Formicidae, ants, four; Cuculionidae, weevils, and Sarcophagidae, flesh-fly larvae, three; Carabidae, ground beetles, two; Gryllidae, crickets, Nabidae, lace bugs, Coccinellidae, lady bird beetles, Noctuidae, moth, and Apidae, bee, one⁴. Other leaves, opened by the author in the field, showed living larvae usually present. They may be confined to this host and overwinter in the ice in the pitchers, as mentioned by Lloyd (1942). A very early spring collection planned for 1969 should give us the answer. The larvae of the mosquitoes were 5.5-5.75 mm and the midges about 7.5 mm, so both could be seen readily in the field with a hand lens, while the larvae of the flesh flies, 13-14 mm long, could be seen without one. Occasionally as many as 25 midge larvae were in one leaf, but usually only two or three of both midge and mosquito were found. The sarcophagids were common enough

3. The Acarina were determined by John Hill, the Hemiptera and Chironomidae by Felicity Cutten, the Culicidae by Amalia Pucat, the Coleoptera by Henri Goulet, research students in these groups at Macdonald College. The Orthoptera were determined by V. R. Vickery of the Lyman Ent. Museum, Macdonald College; the Lepidoptera by D. F. Hardwick, the Sarcophagidae by H. J. Teskey, the Apidae by H. E. Milliron of the Ent. Res. Inst., C.D.A., Ottawa.

4. Examination of leaves by Felicity Cutten.

to warrant following up the 1908 observations of F.M. Jones in South Carolina that the habit of these large bristly flies to seek shelter under the umbrella-like style may indicate they play an important role in the pollination of *Sarracenia* (Jones, 1908).

The insects of group I, which were serving as food for this carnivorous plant, reflected in part the fauna restricted to a bog, such as the brown bog cricket, *Nemobius palustris*, recorded for the first time that far north, and the two beetles, *Cyphon variabilis* and *Cyphon ruficollis*, whose natural habitat is among sphagnum moss. An adult of the moth *Graphiphora haruspica* flew out of a clump of moss brought into the lab, as though it were using the sphagnum as a hiding place. It would require study over a whole season and several years to find out what insects go through their life history in the Lac Carré bog, what percentage are attracted by the nectar or the colours of *Sarracenia* and which fall in purely by the accident of physical proximity.

Acknowledgments

The author is indebted to Dr. J. R. Bider, who discovered the bog, and who gave the author the use of the facilities of the Wildlife Biology Field Laboratory at Lac Carré in September, 1968, and to those who made the determinations of the mites and insects.

References

- GREEN, N.M., 1957. Protease inhibitors from *Ascaris lumbricoides*. *Biochem.*, **66**: 416-419.
- JONES, F.M., 1908. Pitcher plant insects III. *Ent. News*, **19** (4): 150-156.
- LLOYD, F.E., 1942. The carnivorous plants. Publ. Chronica Botanica Co., Waltham, Mass., U.S.A.



NOTES PHYTOGÉOGRAPHIQUES ET
DESCRIPTION D'UN SAULE HYBRIDE

ERNEST LEPAGE
Saint-Simon (Rimouski)

Résumé

L'auteur donne quelques précisions sur l'aire de distribution de vingt-trois plantes, dont l'une, *Hieracium* × *brachiatum*, est la première mention pour l'Amérique du Nord. *Salix* × *pellicolor*, un hybride nouveau, est décrit, tandis que *Carex atherodes* f. *glabra* et *Listera auriculata* f. *trifolia* représentent un nouvel alignement.

Abstract

Hereafter are presented some data on the range of 23 plants, one of which, *Hieracium* × *brachiatum*, is a first mention for North America. A new hybrid, *Salix* × *pellicolor*, is described, while *Carex atherodes* f. *glabra* and *Listera auriculata* f. *trifolia* are two new transfers.

Dans la présente étude, les numéros de collection sont ceux de l'auteur, sauf si le nom des récolteurs y est indiqué. Les herbiers sont désignés par les sigles proposés par Lanjouw et Stafleu (1954).

Typha angustifolia L. — Plante très rare dans le Bas Saint-Laurent, dont nous connaissons les localités suivantes : Saint-Simon, comté de Rimouski (14452) et riv. Trois-Pistoles, près du pont de la voie ferrée (16220). Lemieux (1964) le signale aussi pour ce dernier endroit et il y a une autre récolte (QFS) de Maria, comté de Bonaventure.

Potamogeton Friesii Rupr. — Saint-Fabien, comté de Rimouski, lac au sud de la gare du chemin de fer (15812, dét. Ogden). Cette récolte comble une lacune dans la distribution de cette espèce. En consultant les cartes de Hultén (1958, map 251) et Porsild (1966, map 7), on voit une aire continue s'étendant de la région de Montréal jusqu'en Alaska et, dans l'Est, couvrant les Provinces Maritimes et d'Anticosti-Minganie à Blanc Sablon. Legault et Brisson (1967) l'ont récoltée récemment dans les Cantons de l'Est.

Potamogeton spirillus Tuckerm. — Bien que Victorin (1964) le mentionne comme général dans le Québec, il ne semble pas que sa présence ait

été signalée pour le Bas Saint-Laurent. Fernald (1932), Scoggan (1950) et Lemieux (1964) n'en font pas mention. Nous le connaissons maintenant des localités suivantes : dans le comté de Rimouski : Saint-Anaclet (3843, dét. Ogden); Saint-Fabien (15807, dét. Ogden; une récolte de J. Rousseau à QFA venant du même endroit); Saint-Mathieu (3238a, dét. Ogden).

Potamogeton strictifolius A. Benn. var. *rutiloides* Fern. — Saint-Fabien, comté de Rimouski (15805, dét. Ogden). Il s'agit encore d'une plante apparemment très rare dans l'est du Québec, tout comme le var. *strictifolius*. Dans Québec, ce dernier atteint sa limite nord au Vieux-Comptoir, sur la côte est de la baie James.

Glyceria melicaria (Michx.) F.T. Hubbard. — Scoggan (1950) le mentionne seulement pour le Bic. Nous l'avons aussi de Rimouski (3064, 13513), Saint-Simon (15632) et Sainte-Françoise, le long de la riv. Trois-Pistoles (15381). Son absence apparente dans la péninsule gaspésienne s'explique mal, alors qu'il n'est pas rare jusqu'à Rimouski.

Panicum spp. — Les *Panics* indigènes, et même adventices, sont très peu connus de la région du Bas Saint-Laurent. Scoggan (1950) ne signale que le *P. capillare* L. à Matapédia et nous avons déjà rapporté le *P. boreale* Nash pour la riv. Trois-Pistoles (Lepage, 1963), où il est abondant sur les berges rocheuses. Signalons encore les trois suivants :

Panicum capillare L. var. *occidentale* Rydb. — Saint-Fabien (15619); Saint-Simon (15365, 15447, 15504, 15546). Adventice sur la voie ferrée.

Panicum lanuginosum Ell. var. *implicatum* (Scribn.) Fern. — Saint-Simon, abondant dans une vieille prairie (15172, 15793). Lemieux (1964) mentionne cette espèce pour Rivière-du-Loup, avec incertitude cependant pour le var. *implicatum*.

Panicum lanuginosum var. *septentrionale* Fern. — Riv. Trois-Pistoles, à un mille de l'embouchure (15474).

Poa nemoralis L. — On affirme parfois (Scoggan, 1950; Victorin, 1964) que cette plante est naturalisée de l'Eurasie, ce qui peut être vrai pour une partie de son aire américaine, comme l'a écrit Hultén (1962), mais nous croyons qu'il existe de vastes régions, comme l'Ungava, le nord de l'Ontario et ailleurs, où elle est certainement indigène, sinon sa dispersion à travers le nord du pays, depuis deux siècles, serait vraiment phénoménale. Ainsi la plante des rochers maritimes de l'est du Québec, assez semblable à celle de l'Ungava, pourrait fort bien appartenir aussi à notre stock indigène. Ce cas ne semble pas différer de celui du *Poa pratensis* L. et du *Festuca rubra* L. qui possèdent également des biotypes indigènes et d'autres d'origine eurasiennne.

Dulichium arundinaceum (L.) Britt. var. *boreale* Lepage, *Naturaliste can.* **85** : 100-101, 1958 (fig. 1). — Découverte d'abord par Dutilly et Lepage le long de la riv. Nottaway, en 1957 (35350, 35455), ensuite dans le bassin de la riv. Saint-Jean, comté de Saguenay, en 1963 (41478), nous pouvons maintenant signaler d'autres stations qui en élargissent notablement l'aire de distribution :

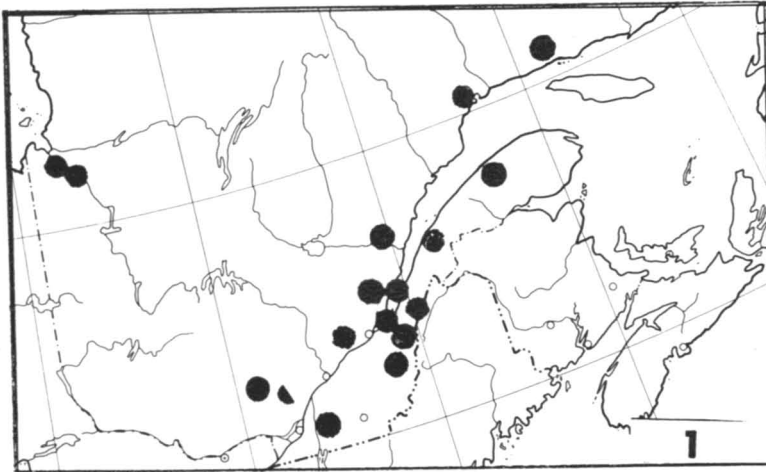


FIGURE 1. — Distribution du *Dulichium arundinaceum* (L.) Britt. var. *boreale* Lepage. Goode's Base Map N° 111. Copyright 1939 par *The University of Chicago*. Utilisé avec la permission de l'*University of Chicago Press*. Les cartes des figures 2 et 3 sont de même provenance.)

Comté de Saguenay : embouchure de la riv. Sainte-Marguerite, rive de la rivière, 48° 44' N., 69° 57' W., 15 août 1962, *Jacques Cayouette* 883 (QUE), *Samuel Brisson* 62-1187 (Sherbrooke), *Samuel Brisson et Jean Boulva* 62144 (Sherbrooke). — Comté de Gaspé : rive d'un petit lac au bas du mont Frère de Nicolalbert, 19 juillet 1950, *Lepage* 12415. — Comté de Riv.-du-Loup : rive de la riv. Trois-Pistoles, 20 juillet 1966, *Lepage* 15350. — Comté de Bellechasse : Saint-Camille, au bord de la riv. Saint-Jean, 10 sept. 1952, *P. Masson* 5025 (QMP). — Comté de Charlevoix : Ile aux Coudres, dans un marécage entouré de *Drosera rotundifolia*, 17 juillet 1940, *J. Rousseau* 51089 (QFA). — Comté de Montmorency : Saint-Laurent, Ile d'Orléans, 27 août 1957, *Cusson, Chabot et Doyon*, s.n. (QUE); Sainte-Famille, Ile d'Orléans, 10 août 1950, *Y. Desmarais* 1126 (QFS). — Comté de Lévis : Saint-Lambert de Lauzon, champ tourbeux, 16 septembre 1964, *A. Gagnon* 9697 (QFS). — Comté de Québec : Valcartier, bord de la rivière, 14 août 1950, *P. Masson* 2282 (QMP); Château Bigot, bois, 18 août 1934, *Rolland Dumais* 265 (QFS). — Comté de Portneuf : Saint-Raymond, 18 juillet 1940, *R. Barabé*, s.n. (QUE); Saint-Augustin, grève du Saint-Laurent, 24 juillet 1963, *L. Cinq-Mars et al.* 63-796 (QFA). — Comté de Chicoutimi : canton Labrosse, vallée de la riv.

Sainte-Marguerite, marécage au bord de la rivière, 6 août 1964, *R. Cayouette* 7051 (QUE), *Samuel Brisson* 64623 (QFA, Sherbrooke). — Comté de Beauce : Saint-Joseph, tourbière, 20 juillet 1960, *A. Gagnon* 6216 (QFS). — Rougemont, pente humide chez H. Standish, 11 juillet 1962, *L. Cinq-Mars*, s.n. (herbier Cinq-Mars). — Comté de Terrebonne : lac l'Achigan, 8 août 1946, *J. Desjardins*, s.n. (QFA). — Comté de Montcalm : lac Monroe, parc du Mont-Tremblant, *Fr. Rolland-Germain* 3184 (QUE). On le reconnaîtra facilement par sa tige délicate (diam. 1-2 mm.), ses feuilles étroites (1-3 mm.), ses épillets peu nombreux et ses anthères mesurant 1.8-2.6 mm. de long.

Scirpus Clintonii Gray (fig. 2). — On a cru durant assez longtemps que cette plante était très rare dans le Québec. En 1916, ce scirpe n'était connu que du lac Témiscouata et de la riv. Assemetquagan, dans le comté de Bonaventure (Victorin, 1916). Dutilly et Lepage (1951) l'ont rapporté depuis, des rivières Rimouski et Harricana, ensuite (1963) de la riv. Nottaway. Baldwin (1958), de son côté, l'a signalé de la riv. Bell. En 1959, je le retrouvais dans le parc du Mont-Tremblant (chutes Croches de la riv. du Diable). Deux nouvelles stations viennent s'y ajouter : Charny, comté de Lévis, embouchure de la riv. Chaudière, sur les alluvions récentes humides, 9 juin 1963, *M. Grandtner* 4513. — Ibid., sur affleurement de schistes de Charny au pied des chutes, le long de la riv. Chaudière, 10 juin 1963, *V. Gerardin* et *G. Lemieux* 4536. — Berge schisteuse de la riv. Trois-Pistoles, comté de Riv.-du-Loup, 20 juillet 1966, *Lepage* 15343. À moins d'être familier avec cette plante hâtive, il n'est pas facile de la décourvir après maturité. On finira sans doute par la trouver le long des autres rivières, par exemple, dans le bassin du lac Saint-Jean, le long du Saint-Maurice et de la Saint-François.

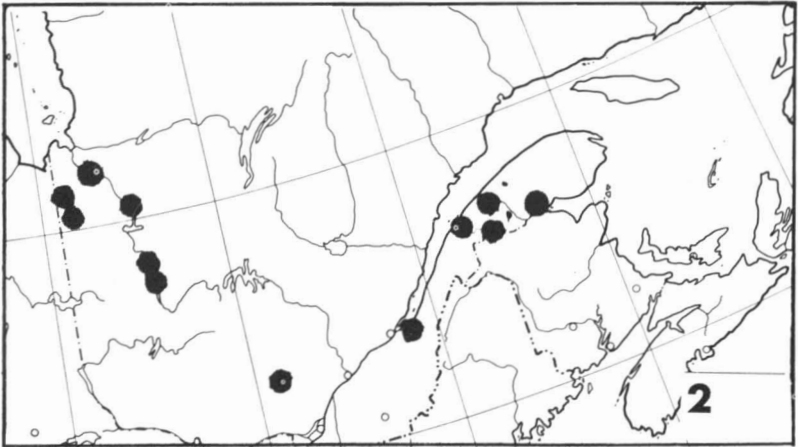


FIGURE 2. — Distribution du *Scirpus Clintonii* Gray dans le Québec.

Carex atherodes Spreng. f. **glabra** (Uechtr.) stat. nov. *C. aristata* R. Br. var. *glabra* Uechtr. in *Verh. bot. Brandenb.* **VIII** : 103, 1866. — Échantillons examinés :

YUKON : mile 1090, Alaska Highway 3 miles SE of Burwash Landing, Kluane Lake, Aug. 13, 1960, *Calder & Kukkonen 28205* (DAO).

District du MACKENZIE : near confluence of Horn and Mackenzie rivers, Mills Lake, Sept. 11, 1957, *H. R. Webster 9* (DAO).

SASKATCHEWAN : Park Bay, June 23, 1896, *Macoun 13461* (CAN).

ONTARIO : Attawapiskat, baie James, 26 août 1953, *M. Duman 31721* (LCU, RIM).

La forme *atherodes* possède ordinairement des feuilles et des gaines pilieuses. Ces caractères sont cependant assez variables. Les échantillons à feuilles glabres ne sont pas rares. La pilosité des gaines est plus constante, mais elle varie aussi en quantité et parfois elle est limitée à l'ouverture des gaines ou même d'une seule gaine. Chez le f. *glabra*, toute la plante est glabre; cet extrême mérite une désignation taxonomique et le rang de forme lui suffit.

Listera auriculata Wieg (fig. 3). — On sait déjà que cette plante est assez commune dans l'est du Québec, mais sa distribution dans la péninsule

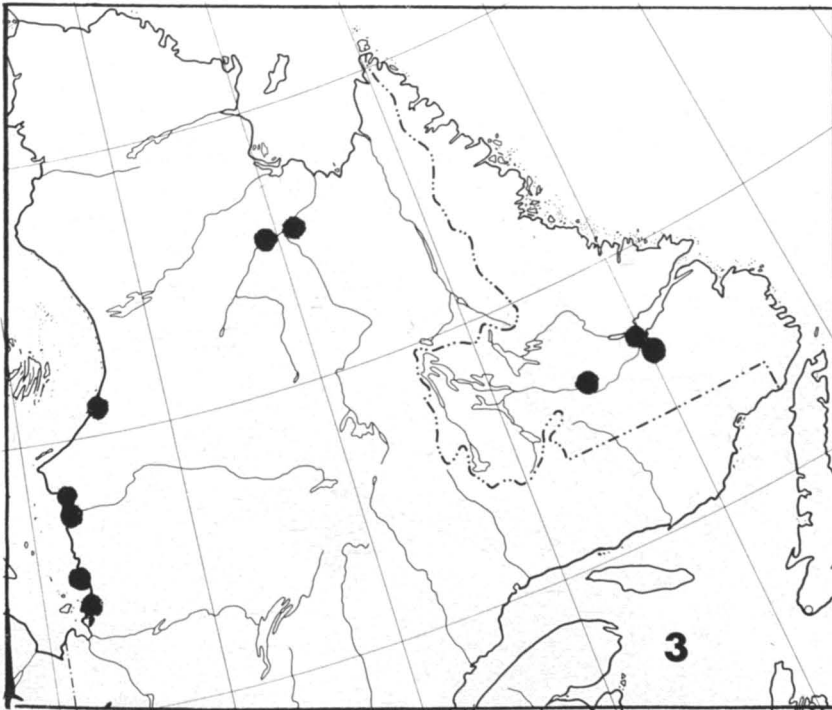


FIGURE 3. — Distribution du *Listera auriculata* Wieg. dans la péninsule Québec-Labrador, au nord du 51° parallèle.

Québec-Labrador est moins bien connue. La plupart des récoltes rapportées antérieurement par Dutilly et Lepage, sous le nom de *L. borealis* Morong, ont été révisées au *L. auriculata* par Bernard Boivin. Sur la carte ci-jointe ne sont indiquées que les localités connues au nord du 51° parallèle. Sa limite nord atteint le fleuve Koksoak, 57° 41' N., 69° 27' W.

La forme trifoliée, que nous avons décrite sur des matériaux de la baie James, doit être replacée au bon endroit, comme suit :

Listera auriculata Weig. f. **trifolia** (Lepage) comb. nov. — *L. borealis* Morong f. *trifolia* Lepage, Naturaliste can. 82 : 191, 1955.

Populus x Dutillyi Lepage, Naturaliste can. 88 : 50, 1961. *P. balsamifera* L. X *P. tremuloides* Michx. — Saint-Fabien, comté de Rimouski (15600, 15838). Cet hybride fut décrit d'après une récolte faite le long de la riv. Kenogami, Ontario. Boivin (1966) le signale du Québec à l'Alberta. Nous avons aussi la récolte suivante de l'Alaska : Anchorage, Dutilly, Lepage et O'Neill 21193. Sans doute assez fréquent, là où les parents se rencontrent.

Populus grandidentata Michx. — Quand parut la *Flore Laurentienne* en 1935, on ne connaissait probablement aucune récolte de cet arbre, à l'est de

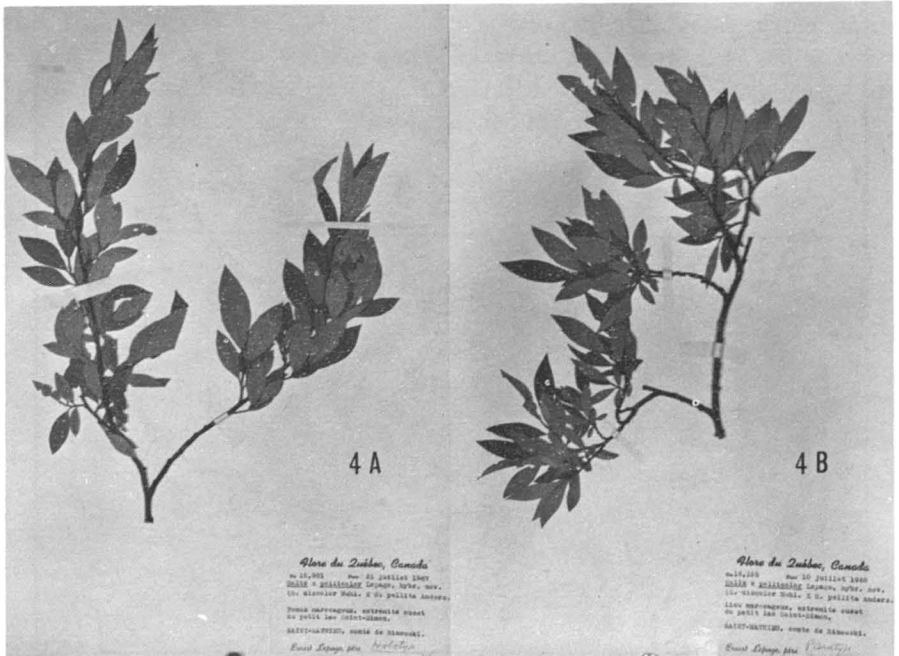


FIGURE 4. — *Salix x pellicolor* Lepage. — A. Holotype : Lepage 15801. — B. Paratype : Lepage 16155 (Photo Boucher).

Rivière-du-Loup, bien que son aire y soit indiquée comme « général dans les terrains acides ». Voici la liste des localités que nous lui connaissons maintenant :

Comté de Témiscouata : Saint-Eusèbe, dans une érablière à hêtre (Lemieux, 1964); Sainte-Rose-du-Dégelis (3611). — Comté de Riv.-du-Loup : riv. Trois-Pistoles (15469). — Comté de Rimouski : Saint-Valérien (3347, 3552). — Comté de Bonaventure : mont Tracadigash, Carleton (13377). Dans le Témiscouata, ce peuplier fait partie d'un peuplement forestier et là pourrait être la limite orientale de son aire continue. Plus à l'est, on ne le retrouve qu'à l'état reliquat dans des habitats calcaires.

La région du Témiscouata marque la limite est de plusieurs autres plantes, telles que *Tilia americana* L., *Viburnum alnifolium* Marsh., *Sambucus canadensis* L., *Tiarella cordifolia* L. et *Gaultheria procumbens* L. (une station isolée: Nouvelle, comté de Bonaventure, Scoggan, 1950); pourtant ces plantes seraient de distribution générale, selon la Flore Laurentienne (Victorin, 1964).

Salix x **pellicolor** hybr. nov. (fig. 4, A, B).

S. discolor Muhl. × *S. pellita* Anderss. — Frutex 1-2 m. altus, erectus. Ramuli fusci glabrati, novellis plus minusve pubescentibus. Folia glabrata, terminalibus glabrescentibus vel pubescentibus, ovalia, obovata, lanceolata vel oblanceolata; margine paulo revoluta, integra vel paulo undulata et subserrato-glandulosa, apice acuta vel breve acuminata, obtusa vel raro rotundata, basi attenuata vel cuneata, supra saturate viridia haud nitida, subtus grisea vel pallido-viridia. Petioli 1-8 mm longi. Stipulae minutae, grossodentatae, mature deciduae. Amenta ignota.

QUÉBEC : Saint-Mathieu, comté de Rimouski, fonds marécageux près du lac Saint-Simon, 31 juillet 1967, *Lepage* 15801 (holotype, CAN), 10 juillet 1968, *Lepage* 16149, 16152, 16153, 16154, 16155.

Arbuste dressé de 1-2 m. de hauteur. Rameaux brun foncé et glabres, parfois avec un peu de pubescence aux extrémités. Feuilles (long. 2-8 cm; larg. 0.6-2.0 cm) ovales, obovées, lancéolées ou oblancéolées, aiguës ou brièvement acuminées, obtuses à rarement arrondies à l'apex, atténuées à cunéaires à la base, glabres, vert foncé et ternes supérieurement, grisâtres à vert pâle inférieurement, à marge un peu révoluée, entière ou légèrement ondulée et subserrée-glanduleuse. Pétiole 1-8 mm de long. Stipules petites et dentées, tôides. Chatons inconnus.

L'un des parents, le *S. pellita*, n'est représenté à cet endroit que par le f. *psila* Schneid., ce qui nous explique le peu de pubescence chez l'hybride et même que les caractères du f. *psila* sont de nature génétique.

Pyrus floribunda Lindl. — Saint-Simon, dans les tourbières (15400, 16159, 16169). — Saint-Fabien, tourbière près du grand lac Malobèze (16193). Ces récoltes comblent une lacune dans sa distribution dans l'est du Québec. Il était déjà bien connu des Provinces Maritimes; St. John (1922) le rapporte pour la Côte-Nord, Baldwin (1958) pour l'Abitibi et Dutilly et Lepage l'ont récolté le long de la riv. Rupert (Dutilly & Lepage, 1948, sous le nom d'*Aronia melanocarpa* (Michx.) Britt.), où il atteint sa limite nord.

Euphorbia supina Raf. — Saint-Fabien, sur la voie ferrée, 25 août 1966, no 15617. Sans doute adventice à cet endroit et première mention pour l'est du Québec.

Myriophyllum tenellum Bigel. — Saint-Fabien, lac Coulombe, sur fond caillouteux, 1 août 1967, no 15819. Je ne connais aucune autre mention pour l'est du Québec; la florule des lacs de cette région est encore peu connue.

Cornus stolonifera Michx. var. *interior* (Rydb.) Boivin. — Saint-Simon, 3 milles à l'est du village, 24 juin 1966, no 15160. Considérée jusqu'ici comme une plante de l'Ouest (Man. à C.B.), mais avec la présente station et une autre en Ontario (Riv. Swan, Dutilly et Lepage 31693), nous pouvons la classer comme transcanadienne, un peu plus rare dans l'Est.

Fraxinus pennsylvanica Marsh. var. *Austinii* Fern. — Saint-Fabien, abondant autour du lac au sud de la gare, 25 août 1967, nos 15615, 15616. Bien que mentionné comme « général dans le Québec » (Victorin, 1964), cet arbre semble très rare dans le Bas Saint-Laurent. Scoggan (1950) et Lemieux (1964) n'en font pas mention.

Epifagus virginiana (L.) Bart. — Saint-Simon, érablière à hêtre (15630, 15684). L'aire continue du *Fagus grandifolia* Ehrh. s'étend vers l'est jusqu'à Saint-Valérien, comté de Rimouski, avec une station isolée en Gaspésie : Miguasha, comté de Bonaventure (13408). On voit que l'*Epifagus*, son parasite, lui reste fidèle dans toute son aire.

Aster simplex Willd. — Il semble atteindre, dans Québec, sa limite orientale au début du comté de Rimouski. Nous en connaissons les localités suivantes :

Comté de Riv.-du-Loup : embouchure de la riv. du Loup (Lemieux, 1964); Isle-Verte (no 14153); embouchure de la riv. Trois-Pistoles (Lemieux, 1964). Comté de Rimouski : Saint-Simon (Lepage, s.n.). Il en existe une station isolée à Matapédia (Herbier Marie-Victorin, *vide* Camille Rousseau).

Gnaphalium viscosum HBK. (*G. Macounii* Greene). — Saint-Simon (15861, 15865). Première mention pour l'est du Québec.

Hieracium x *brachiatum* Bertol. ex Lam. et DC., Fl. Fr. V : 442, 1815; *H. pilosella* L. × *H. piloselloides* Vill. — Saint-Simon, comté de Rimouski, dans une vieille prairie en association avec les parents, 27 juin 1967, *Lepage 15706*. C'est apparemment la première mention pour l'Amérique. En voici la description :

Stolons courts, épigés, parfois flagelliformes, souvent absents. Feuilles oblancéolées, aiguës à l'apex (les primaires à la base sont plus courtes, plus larges et arrondies à l'apex), glabres supérieurement, couvertes de poils étoilés peu denses, avec poils clairsemés gros et longs sur la face inférieure. Capitules 2-3, mesurant 8-9 mm de hauteur, glanduleux, un peu floconneux, avec poils non glanduleux peu fournis. Bractées très aiguës mesurant 1.0-1.3 mm de largeur. Ligules rarement maculées à l'apex. Styles jaunes.

Nous remercions le conservateur de l'Herbier National et celui de l'herbier du Ministère de l'Agriculture d'Ottawa, qui nous ont prêté des échantillons botaniques, ainsi que M. Camille Rousseau, de la Faculté d'Agriculture de Québec, et M. Richard Cayouette, du Ministère de l'Agriculture du Québec, qui ont eu l'obligeance de nous fournir de nombreux renseignements.

Références

- BALDWIN, W. K. W., 1958. Plants of the Clay Belt of Northern Ontario and Québec. *Bull. nat. Mus. Can.*, **156** : 1-324.
- BOIVIN, B., 1966. Énumération des plantes du Canada. *Naturaliste can.*, **93**: 371-437.
- DUTILLY, A. et E. LEPAGE, 1945-1947. Coup d'oeil sur la flore subarctique du Québec, de la Baie James au lac Mistassini. *Naturaliste can.*, **72** : 185-225, 266-288; **73** : 419-436; **74**: 43-60, 66-79, 177-189, 207-224, 250-273. *Contr. Arct. Inst. cath. Univ. Am.*, Washington, **1 F**: 1-170, 1948.
- DUTILLY, A. et E. LEPAGE, 1951. Exploration sommaire de la rivière Harricana. *Naturaliste can.* **78**: 253-283. *Contr. Arct. Inst. cath. Univ. Am.*, Washington. **3 F** 1-39, 1952.
- DUTILLY, A., E. LEPAGE et M. DUMAN, 1958. Contribution à la flore des îles (T.N.O.) et du versant oriental (Qué.) de la baie James. *Contr. Arct. Inst. cath. Univ. Am.*, Washington. **9 F**: 1-199.
- FERNALD, M. L., 1932. The linear-leaved North American species of *Potamogeton* section *Axillares*. *Mem. Gray Herb.*, **3**: 1-183.
- HULTÉN, E., 1958. The Anphi-Atlantic plants and their phytogeographical connections. *K. svenska Vetensk-Akad. Handl., Ser. 4 Bd. 7*, (1) : 1-340, 279 maps.
- HULTÉN, E., 1962. The Circumpolar plants. 1. Vascular cryptogams, Conifers. Monocotyledons. *K. svenska Vetensk-Akad. Handl., Ser. 4, Bd. 8* (5) : 1-275, 228 maps.
- LANJOUW, J. and F. A. STAFLEU, 1954. Index Herbariorum. Part 1. The herbaria of the world, ed. 5, Utrecht.

- LEGAULT, A. et S. BRISSON, 1967. Liste des plantes supérieures des Cantons de l'Est. 28 pages miméogr.
- LEMIEUX, G., 1964. Rapport sur les herborisations effectuées pour le compte du Bureau d'Aménagement de l'Est du Québec dans le Bas Saint-Laurent, la Gaspésie et les Iles-de-la-Madeleine. Québec.
- LEPAGE, E., 1963. Glanage botanique dans le Bas Saint-Laurent. *Naturaliste can.* **90**: 129-137.
- PORSILD, A. E., 1966. Contribution to the Flora of Southwestern Yukon territory. *Bull. natn. Mus. Can.* **216**: 1-86.
- SCOGGAN, H. J., 1950. The Flora of Bic and the Gaspé Peninsula, Quebec. *Bull. natn. Mus. Can.*, **115**: 1-399.
- ST. JOHN, H., 1922. A botanical exploration of the North Shore of the Gulf of St. Lawrence including an annotated list of the species of vascular plants. *Victoria Mem. Museum, Dept. Mines, Mem.* **126** : 1-130.
- VICTORIN, Fr. Marie-, 1916. La Flore du Témiscouata. *Contr. Lab. Bot. Coll. Longueuil*.
- VICTORIN, Fr.-Marie-, 1964. Flore Laurentienne. 2^e ed. revue et mise à jour par Ernest Rouleau. Les Presses de l'Université de Montréal.

THE PROVANCHER SPECIES OF PROCTOTRUPOIDEA (HYMENOPTERA) ^{1, 2}

LUBOMIR MASNER

*Institute of Entomology, Czechoslovak Academy of Sciences, Praha*³

Résumé

Les 24 espèces décrites par l'abbé Léon Provancher ont été examinées. Un court commentaire sur le statut actuel de chacune des espèces est présenté de même que l'état des spécimens types.

L'auteur propose aussi une nouvelle nomenclature dans neuf cas, huit combinaisons nouvelles et un synonyme nouveau pour les espèces suivantes : *Isostasius arietinus*, *Basalys ruficornis*, *Aneurhynchus inermis*, *Paphagus rugosus*, *Platymischus torquatus*, *Spilomicrus longicornis*, *Telenomus rufoniger*, *Trichacis auripes* and *Megaspilus lucens*.

Abstract

The type specimens of the 24 species described by l'abbé Léon Provancher were re-examined. A brief account of the conditions of each is given and they are classified in accordance with current concepts.

Eight new combinations and one new synonym are proposed for the following species : *Isostasius arietinus*, *Basalys ruficornis*, *Aneurhynchus inermis*, *Paphagus rugosus*, *Platymischus torquatus*, *Spilomicrus longicornis*, *Telenomus rufoniger*, *Trichacis auripes* and *Megaspilus lucens*.

Introduction

A general review of the work of Provancher and a history of his collection was published by Béique (1963, 1968). Gahan & Rohwer (1917, 1918) studied the types and selected lectotypes for all species of Hymenoptera, except

1. Writing of this paper have been made possible with the collaboration of René Béique, curator of the Provancher Collection and of Rev. Loic Bernard, curator of the Lévis Collection.

2. This project was supported by National Research Council grant.

3. Present address : Department of Biological Sciences, Simon Fraser University, Burnaby 2, B.C., Canada.

Apoidea. The chalcidoid species were studied by Burks (1963), the ants by Francoeur & Béique (1966), and the braconids by Shenefelt (1968).

Between 1881-1888 Provancher described a total of 24 species which we assign to proctotrupoid wasps today. These were last examined in 1915 by Gahan & Rohwer (1917, 1918). Burks (1963), while examining the chalcidoid types, discovered that three species originally proposed by Provancher in that group in fact belonged to the family Scelionidae (Proctotrupeoidea). Two of them were studied later by Peck (cf. Muesebeck in Krombein, 1958) and one by Muesebeck (1956). Noel Comeau, the former curator of the Provancher collection, has put lectotype labels with his name on most of the proctotrupoid types as Gahan & Rohwer did not label the lectotypes as such (cf. Gahan & Rohwer, 1917 : 303).

The majority of the proctotrupoid types (22 species) is preserved in the Pure Science Building of Laval University, in Ste Foy. For a long time the collection at Lévis (Collège de Lévis) was believed to contain no types (cf. Gahan & Rohwer, 1917 : 300; Burks, 1963 : 1254). However, Francoeur & Béique (1966 : 140, 141) by examining the old Provancher correspondence discovered that the collection at Lévis contains potential types. This was also confirmed by me (cf. *Spilomicrus foveatus* Prov.). Burks (1963 : 1254) stated that all chalcids from Harrington's collection were returned by Provancher to Ottawa at about the time the descriptions were published. However, all Harrington's proctotrupoids but one were retained in Québec. One type is in Ottawa (cf. *Spalangia aenea* Prov.).

The list of types as given below does not follow that of Gahan & Rohwer in that they followed the final index published by Provancher. I prefer, instead, to arrange the types alphabetically, by generic names as originally proposed by Provancher. The labels accompanying the types are referred from the top to the bottom of the pin.

Acerota opaca

Acerota opaca Provancher, 1887 : 184 (? sex)

Acerota opaca Gahan & Rohwer : 1917 : 304

Scelio opacus Muesebeck & Walkley : 1951 : 703

Yellow label 1381; *Acerota opaca* Prov.; Lectotype *Acerota opaca* Provancher, Comeau, 1941.

Male lectotype on card point, well preserved; two male paralectotypes by Comeau. Cap Rouge. Belongs to *Scelio* Latr. Type in Québec.

Aneurynchus (!) *aneurus*

- Aneurynchus* (!) *aneurus* Provancher, 1887 : 176 ♀
Platygaster aneurus Provancher : 1888 : 404
Platygaster aneurus Gahan & Rohwer : 1918 : 167
Aneurynchus (!) *aneurus* Muesebeck & Walkley : 1951 : 690 (unrecognized sp.)

Yellow label 1329; *Platygaster aneurus* Prov.; Lectotype No. 56 *Aneurynchus* (!) *aneurus* Provancher, Comeau, 1941 ♀.

Male (!) on card point, right antenna after segment 8 off, left antenna after segment 4 off. Unique. Ste. Gertrude. Belongs to *Platygaster* Latr. Type in Québec.

Aneurynchus (!) *inermis*

- Aneurynchus* (!) *inermis* Provancher, 1887 : 176 ♀
Pantoclis inermis Provancher : 1888 : 405
Pantoclis inermis Gahan & Rohwer : 1918 : 106
Aclista inermis Muesebeck & Walkley : 1951 : 687

Yellow label 1119; *Pantoclis inermis* Prov.; Lectotype No. 57 *Aneurynchus* (!) *inermis* Provancher, Comeau, 1941.

Male (!) on card point, right antenna after segment 9 and left after 8 missing. Cap Rouge and Ottawa (Harrington). It is *Zygoia*-species, comb.n. Type in Québec.

Aneurynchus (!) *mellipes*

- Aneurynchus* (!) *mellipes* Provancher, 1888 : 404 ♂ Nomen nudum (stat. nov.)
Aneurynchus (!) *mellipes* Gahan & Rohwer : 1917 : 307

Yellow label 1331; *Aneurynchus* (!) *mellipes* Prov.; Lectotype No. 58 *Aneurynchus* (!) *mellipes* Provancher, Comeau, 1941.

Male pinned, well preserved. Provancher (1888 : 404) brought this name in synonymy with *Cinetus mellipes* Say (by error the author of *Cinetus mellipes* given is Provancher but Provancher himself corrected it to Say by stroke of a pen). It is an *Aneurhynchus* species. Type in Québec.

Aneurynchus (!) *spinosus*

- Aneurynchus* (!) *spinosus* Provancher, 1881 : 262 ♀
Aneurynchus (!) *spinosus* Provancher, 1887 : 560 (again described as new)
Oxylabis spinosus Provancher : 1888 : 405
Oxylabis spinosus Gahan & Rohwer : 1918 : 105
Oxylabis spinosa Muesebeck & Walkley : 1951 : 681

Blue label 759; yellow label 943; *Oxylabis spinosus* Prov.; Lectotype No. 59 *Aneurynchus* (!) *spinosus* Provancher, Comeau, 1941 ♀.

Female glued on transparent card, antennae missing except for left scape. It is an *Oxylabis*-species. Type in Québec.

Basalys ruficornis

Basalys ruficornis Provancher, 1881 : 261 ♂

Basalys ruficornis Provancher, 1887 : 560 (again described as new)

Basalys ruficornis Gahan & Rohwer : 1917 : 331

Basalys ruficornis Muesebeck in Krombein : 1958 : 90

Yellow label 913; *Basalys ruficornis* Prov.; Lectotype No. 41 *Basalys ruficornis* Provancher, Comeau, 1941.

Male on a card point, well preserved. Unique. It is a *Spilomicrus*-species, comb.n. Type in Québec.

Cinetus nasutus

Cinetus nasutus Provancher, 1887 : 178 ♀

Cinctus (!) *nasutus* Gahan & Rohwer : 1917 : 336

Miota nasuta Muesebeck & Walkley : 1951 : 685

Belyta nasuta Krombein & Burks : 1967; teste L. Masner

Blue label 769; yellow label 1328; *Cinetus nasutus* Prov.; Lectotype 270 *Cinetus nasutus* Provancher, Comeau, 1944.

Female on card point, right antenna missing. Ottawa (Harrington). It is a *Belyta*-species. Type in Québec.

Copelus paradoxus

Copelus paradoxus Provancher, 1881 : 207 ♀ (Braconidae)

Copelus paradoxus Provancher, 1887 : 540 (again described as new in Braconidae)

Helorus paradoxus Provancher : 1888 : 405 (Proctotrupidae)

Helorus paradoxus Gahan & Rohwer : 1917 : 427

Helorus paradoxus Muesebeck & Walkley : 1951 : 663

♀ (Provancher handwriting); yellow label 971; *Helorus paradoxus* Prov.; Lectotype 287 *Copelus paradoxus* Provancher, Comeau, 1944.

Female pinned, head missing. 1 ♀ paralectotype by Comeau. Cap Rouge. It is a *Helorus*-species. Type in Québec.

Galesus Quebecensis

- Galesus Quebecensis* Provancher, 1881 : 260 ♂
Galesus Quebecensis Provancher, 1887 : 559 (again described as new)
Galesus quebecensis Gahan & Rohwer : 1917 : 427
Psilus quebecensis Muesebeck & Walkley : 1951 : 675

Yellow label 912; *Galesus Quebecensis* Prov.; Lectotype 513 *Galesus Quebecensis* Provancher, Comeau, 1944.

Male, left antenna after segment 8 missing, pinned. 1 ♂ paralectotype by Comeau is a different species (on card point). It is a *Psilus*-species. Type in Québec.

Isostasis (!) arietinus

- Isostasis (!) arietinus* Provancher, 1887 : 183 ♀
Baeoneura arietina Provancher : 1888 : 403
Baeoneura arietina Gahan & Rohwer : 1917 : 331
Isostasius arietinus Muesebeck & Walkley : 1951 : 708

Yellow label 1380; *Baeoneura arietina* Prov.; Lectotype 712 *Isostasis (!) arietinus* Provancher, Comeau, 1945.

Male (!) badly glued on card point, right antenna after segment 9 and left antenna after 8 missing. Cap Rouge. It is a *Conostigmus*-species, comb.n. Type in Québec.

Megaspilus lucens

- Megaspilus lucens* Provancher, 1883 : 33 ♀
Megaspilus lucens Provancher : 1887 : 808
Proctotrupes flavipes Provancher : 1888 : 402
Megaspilus lucens Gahan & Rohwer : 1918 : 30
Megaspilus lucens Muesebeck & Walkley : 1951 : 665

618^a (not yellow label); *Megaspilus lucens* Prov.; Lectotype 805 *Megaspilus lucens* Provancher, Comeau, 1946.

Male (!), badly glued, most legs missing, right antenna after segment 2 and left after 3 broken off. Cap Rouge. It is a male of *Cryptoserphus abruptus* (Say), syn.n., not a synonym of *Proctotrupes flavipes* Prov. as suggested by Provancher (1888 : 402). Type in Québec.

Paphagus rugosus

- Paphagus rugosus* Provancher, 1881 : 293 ♂ (Chalcididae)
Paphagus rugosus Provancher, 1887 : 572 (again described as new in Chalcididae)
Paphagus rugosus Gahan & Rohwer : 1918 : 106
Stictoteleia rugosa Muesebeck in Krombein : 1958 : 93 (teste Peck)
Paphagus rugosus Burks : 1963 : 1259 (Scelionidae)

Yellow label 1383; *Paphagus rugosus* Prov.; Lectotype *Paphagus rugosus* Provancher, Comeau, 1950.

Male on card point, right antenna after segment 7 and left after 5 missing. It is a *Macroteleia*-species, comb.n. Type in Québec.

Platygaster Canadensis

Platygaster Canadensis Provancher, 1887 : 181 ♂

Isostasius Canadensis Provancher : 1888 : 403

Isostasius canadensis Gahan & Rohwer : 1917 : 432

Isocybus canadensis Muesebeck & Walkley : 1951 : 709

Blue label 117; yellow label 1333; *Isostasius Canadensis* Prov.

Male pinned, metasoma missing, right antenna missing, left antenna after segment 6 broken off. Unique. Not located by Gahan & Rohwer (1915). It is an *Isocybus*-species. Type in Québec.

Platymischus torquatus

Platymischus torquatus Provancher, 1887 : 182 ♀

Platymischus torquatus Gahan & Rohwer : 1918 : 168

Trichopria torquata Muesebeck & Walkley : 1951 : 680

Platymischus torquatus; pink label 53; yellow label 1337; *Platymischus torquatus* Prov.

Female on card point, right antenna missing, left antenna after segment 6 off. Hull and Cap Rouge. It is a *Diapria*-species, comb.n. Type in Québec.

Proctotrupes flavipes

Proctotrupes flavipes Provancher, 1881 : 264 ♀

Proctotrupes flavipes Provancher, 1887 : 562 (again described as new)

Proctotrupes flavipes Provancher : 1888 : 402

Proctotrupes flavipes Gahan & Rohwer : 1918 : 170

Cryptoserphus flavipes Muesebeck & Walkley : 1951 : 665

Proctotrupes flavipes; yellow label 618; *Proctotrupes flavipes* Prov.; Lectotype *Proctotrupes flavipes* Provancher, Comeau, 1947.

Female pinned, left antenna after segment 2 and right after 10 missing. Unique. It is a *Cryptoserphus*-species Type in Québec.

*Proctotrupes rufigaster**Proctotrupes rufigaster* Provancher, 1881 : 263 ♀*Proctotrupes rufigaster* Provancher, 1887 : 561 (again described as new)*Proctotrupes rufigaster* Gahan & Rohwer, 1918 : 170*Proctotrupes rufigaster* Muesebeck & Walkley : 1951 : 663*Proctotrupes rufigaster*; yellow label 641; Lectotype *Proctotrupes rufigaster* Provancher, Comeau 1947.Female pinned, right antenna after segment 8 and left after 6 missing, right fore wing broken off. One more female marked as « Homotype ». Ottawa. A *Proctotrupes*-species. Type in Québec.*Ropronia pediculata**Ropronia pediculata* Provancher, 1886 : 154 ♀ (Braconidae)*Ropronia pediculata* Provancher : 1888 : 406 (Proctotrupidae)*Ropronia pediculata* Gahan & Rohwer : 1918 : 171*Ropronia pediculata* Muesebeck & Walkley : 1951 : 662*Ropronia pediculata*; blue label 314; yellow label 1278; *Ropronia pediculata* Prov.Female pinned, metasoma and most legs missing, right antenna after segment 9 and left after 11 broken off. Ottawa (Harrington). It is a *Ropronia*-species. Type in Québec.*Spalangia aenea**Spalangia aenea* Provancher, 1887 : 200 ♂ (Chalcididae)*Spalangia aenea* Gahan & Rohwer : 1918 : 196 (Chalcididae)*Trimorus aeneus* Muesebeck in Krombein : 1958 : 92 (Scelionidae, teste Peck)*Spalangia aenea* Burks : 1963 : 1262 (Scelionidae)*Spalangia aenea* Prov.; yellow label 1367 (labels left in Quebec); *Spalangia aenea* Prov. Type 757 (in Harrington's hand). Type *Spalangia aenea* Prov. No. 102 (C.N.C. label); Lectotype *Spalangia aenea* Provancher, Comeau, Apr. 1940.Male pinned, head and front legs missing. Ottawa (Harrington). It is a *Trimorus*-species. Type in Ottawa (Harrington collection).*Spilomicrus foveatus**Spilomicrus foveatus* Provancher, 1887 : 176 ♀*Aneurychus* (!) *foveatus* Provancher : 1888 : 404*Aneurychus* (!) *foveatus* Gahan & Rohwer : 1917 : 307*Spilomicrus foveatus* Muesebeck & Walkley : 1951 : 678

Spilomicrus foveatus; blue label 619 (i.e. yellow 1330); *Aneurynchus* (!) *foveatus* Prov.

Male (!) pinned, antennae broken off at scapes, left fore wing and some legs missing. Cap Rouge. It is an *Aneurhynchus*-species. Type at Lévis.

Spilomicrus longicornis

Spilomicrus longicornis Provancher, 1881 : 262 ♀

Spilomicrus longicornis Provancher, 1887 : 561 (again described as new)

Paramesius longicornis Provancher : 1888 : 405

Paramesius longicornis Gahan & Rohwer : 1918 : 106

Spilomicrus longicornis Muesebeck & Walkley : 1951 : 676

Spilomicrus longicornis; yellow label 950; *Paramesius longicornis* Prov.

Female pinned, right antennae after segment 3 missing. It is an *Aclista*-species, comb.n. Type in Québec.

Telenomus rufoniger

Telenomus rufoniger Provancher, 1888 : 403 ♂

Telenomus rufoniger Gahan & Rohwer : 1918 : 198

Telenomus rufoniger Muesebeck & Walkley : 1951 : 706 (unrecognized species)

Telenomus rufoniger; yellow label 1364; *Telenomus rufoniger* Prov.

Male on card point, right antennae after segment 5 off. Unique. Cap Rouge. It is a *Conostigmus*-species, comb.n. Type in Québec.

Telenomus stygicus

Telenomus stygicus Provancher, 1887 : 180 ♀

Telenomus stygicus Gahan & Rohwer : 1918 : 198

Telenomus stygicus Muesebeck & Walkley : 1951 : 672 (as a synonym of *Megaspilus armatus* (Say))

Telenomus stygicus; blue 20 on white label; yellow label 1120; *Telenomus stygicus* Prov.

Female pinned, metasoma missing, left fore tarsus missing, left hind tarsus partially missing. Ottawa (Harrington). It is a *Megaspilus*. Type in Québec.

Trichacis auripes

Trichacis auripes Provancher, 1888 : 403 ♀

Trichacis auripes Gahan & Rohwer : 1918 : 199

Trichacis auripes Muesebeck & Walkley : 1951 : 709

Trichacis auripes; yellow label 1597; *Trichacis auripes* Prov.

Two males (!) on card point, that at very point selected as lectotype, well preserved. One male paralectotype. Not located by Gahan & Rohwer in 1915. Cap Rouge. It is an *Isoxybus*-species, comb.n. Type in Québec.

Trichasius clavatus

Trichasius clavatus Provancher, 1887 : 209 ♀ (Chalcididae)

Trichacius (!) *clavatus* Gahan & Rohwer : 1918 : 199

Baeus clavatus Muesebeck & Walkley : 1951 : 695

Trichasius clavatus Muesebeck : 1956 : 24

Trichasius clavatus Muesebeck in Krombein : 1958 : 92

Trichasius clavatus Burks : 1963 : 1263 (Scelionidae)

Trimorus clavatus Krombein & Burks : 1967; teste L. Masner

Blue label 764; yellow label 1376; *Trichasius clavatus* Prov.; Lectotype *Trichasius clavatus* Provancher (Burks' handwriting).

Female on card point, well preserved. Unique. Ottawa (Harrington). It is a *Trimorus*-species. Type in Québec.

References

- BÉIQUE, R., 1963. L'abbé Provancher et ses collections. *Carnet zool.*, **23** : 20-23.
- BÉIQUE, R., 1968. L'oeuvre et l'héritage de l'abbé Léon Provancher. *Naturaliste can.*, **95** : 609-626.
- BURKS, B.D., 1963. The Provancher species of Chalcidoidea (Hymenoptera) *Can. Ent.*, **95** : 1254-1263.
- FRANCOEUR, A. and R. BÉIQUE, 1966. Les Formicides (Hyménoptères) de Provancher. *Can. Ent.*, **98** : 140-145.
- GAHAN, A.B. and S.A. ROHWER, 1917-1918. Lectotypes of the species of Hymenoptera (except Apoidea) described by Abbé Provancher. *Can. Ent.*, **49** : 298-308, 331-336, 391-400, 427-433; **50** : 28-33, 101-106, 133-137, 166-171, 196-201.
- KROMBEIN, K.V., 1958. Hymenoptera of America North of Mexico. Synoptic Catalog. *U.S. Dept. Agric., Monogr.* **2**, first supplement, Washington, D.C.
- KROMBEIN, K.V. and B.D. BURKS, 1967. Hymenoptera of America North of Mexico. Synoptic Catalog, *U.S. Dept. Agric., Monogr.* **2**, second supplement, Washington, D.C.
- MUESEBECK, C.F.W., K.V. KROMBEIN and H.K. TOWNES, 1951. Hymenoptera of America North of Mexico. Synoptic Catalog, *U.S. Dept. Agric., Monogr.* **2**, Washington D.C.
- MUESEBECK, C.F.W., 1956. New Generic Synonymy in the Scelionidae (Hymenoptera). *Proc. Ent. Soc. Wash.* **58** : 24.
- PROVANCHER, L., 1881. Faune Canadienne, les Insectes Hyménoptères, Fam. VIII, Chalcidides. *Naturaliste can.*, **12** : 265-269, 289-297.

- PROVANCHER, L., 1883. Faune Canadienne, Hyménoptères, additions et corrections, Fam. des Proctotrupides. *Naturaliste can.*, **14** : 33.
- PROVANCHER, L., 1885-1889. Additions et corrections au volume II de la faune entomologique du Canada. Québec, C. Darveau, 477 p.
- SHENEFELT, R.D., 1968. Braconidae described by l'abbé Provancher. *Naturaliste can.*, **95** : 627-656.

ASPECTS DE LA RÉGÉNÉRATION CHEZ *VERETILLUM CYNOMORIUM* (CNIDARIA, PENNATULACEA)

BERNARD BUISSON¹

Histologie et Biologie tissulaire, Faculté des Sciences-16, quai Cl. Bernard, Lyon, France

Résumé

Après avoir sectionné des Vérétilles à différents niveaux, on enregistre une série de résultats caractéristiques. Alors que le pédoncule, livré à lui-même, disparaît et que les morceaux comportant le pédoncule et une partie du rachis ne donnent pratiquement rien, les sections de rachis produisent généralement un nouveau pédoncule. L'existence de facteurs inhibiteurs du pédoncule, issus de celui-ci et diffusant dans le rachis, et de facteurs inducteurs du pédoncule dans le rachis est envisagée. Trois hypothèses sont alors formulées au sujet de la répartition possible de ces facteurs dans le rachis. Un schéma susceptible de refléter l'interaction entre les différentes parties est enfin présenté.

Abstract

Specimens of *Veretillum* were transversely sectioned at different levels. The stalk alone will die, whereas its fate is scarcely improved when part of the rachis remains attached. But rachis pieces generally produce a new stalk. Consideration is given to the existence of stalk-inhibiting factors diffusing from the stalk to the rachis, and of stalk-inducing factors in the rachis. Three hypotheses are advanced concerning the possible distribution of these factors in the rachis. A model of interactions among the different regions is outlined.

Introduction

La régénération chez les Cnidaires a donné lieu à un certain nombre de travaux parmi lesquels on se bornera à citer ceux de Tardent (1965), de Rose (1966) sur des Hydrozoaires coloniaux, ceux de Lentz et Barrnett (1963), de Burnett, Dhiel et Dhiel (1964) et de Lentz (1965) sur les Hydrozoaires à forme polype et ceux d'Abeloos (1962) chez les Actiniaires.

Par contre, à la suite de Kükenthal (1924) et de Hyman (1940), on constate l'absence de renseignements importants sur la régénération chez les Octo-

1. Ce travail a été effectué au sein de l'Équipe de Recherches Associée au CNRS, n° 183 (Directeur M. Pavans de Ceccatty) et a bénéficié de l'accueil du Laboratoire Arago, à 66 Banyuls sur Mer, Pyrénées-Orientales.

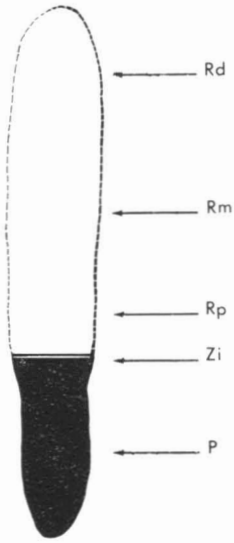


Fig. 1

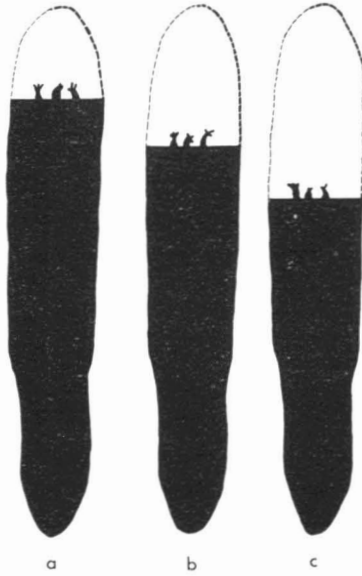


Fig. 2



Fig. 3

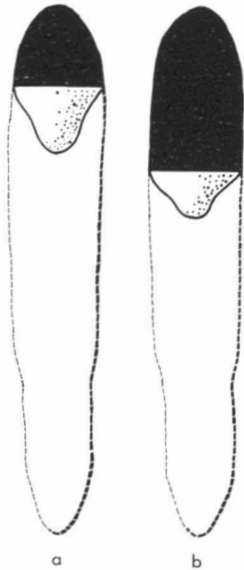


Fig. 4

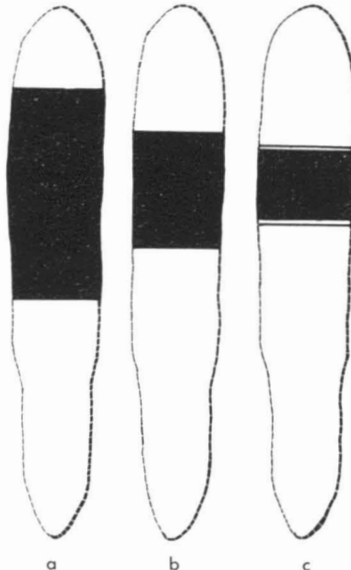


Fig. 5

1cm

PLANCHE 1. Les fragments obtenus après section sont schématisés et la partie noire correspond au segment mis en élevage. *rm* : rachis médian. *rd* : rachis distal. *rp* : rachis proximal. *zi* : zône intermédiaire. *p* : pédoncule.

N.B. Les résultats obtenus sont également figurés sauf pour la figure 5 a b en raison de la diversité des réponses.

coralliaires. On relève les études de Torrey (1901) et de Wilson (1903) sur de jeunes Rénilles amputées. On note également une publication de Tuzet et Paris (1963) sur la cicatrisation de *Veretillum*. Enfin quelques données de Buisson (1964) évoquent des points obtenus à partir de ce dernier Pennatulide dans une publication relative à des phénomènes d'intégration et de polarité.

Ce sont certains résultats issus de la Vérétille — *Veretillum cynomorium* (Pallas) — qui vont être présentés, alors que d'autres donnent lieu à la note de Franc (1969). Rappelons que l'animal se compose d'un rachis, portant les différents polypes, et d'un pédoncule (pl. 1, fig. 1). La zone de séparation entre l'un et l'autre, ou zone intermédiaire, correspond à la zone de prolifération normale de la colonie. La partie sus-jacente à la zone intermédiaire équivaut à la base du rachis ou rachis proximal. Le sommet du rachis ou rachis distal est séparé de la base par la partie médiane ou rachis médian.

Les ablations sont toujours effectuées dans les mêmes conditions. Les Vérétilles sont opérées alors qu'elles sont contractées (Pavans de Ceccatty, Buisson et Gargouil, 1963). Les animaux sont à ce moment là plus compacts et il est plus aisé de les sectionner. Les fragments sont ensuite placés dans des bacs constamment alimentés en eau de mer. Température des récipients : 14 – 18°C.

Résultats

ABLATION DU RACHIS

Dans cette expérience le rachis est éliminé après avoir été tranché au niveau de la zone intermédiaire (pl. 1, fig. 1). Seul le pied ou pédoncule est étudié. Il se produit tout d'abord un resserrement transversal au voisinage de la plaie, puis une surface de cicatrisation se dessine nettement. Cette dernière peut être comparée à une sorte d'opercule amorphe et mou. Mais ce sont là des transformations ultimes. Le pied isolé peut cependant subsister un certain temps dans la mesure où la température de l'eau de mer ne dépasse pas 20°. Quoiqu'il en soit les pédoncules ayant conservé quelques zoïdes (*siphonozoïdes*) sont à même de survivre.

ABLATION DU RACHIS DISTAL

Après ablation du rachis distal à différents niveaux (pl. 1, fig. 2 *abc*) on observe le resserrement du plan de section mais il est moins net que dans le cas précédent. Après cicatrisation la partie apicale manquante n'est jamais régénérée. Il y a seulement apparition, au bout d'un laps de temps de l'ordre de

plusieurs mois, de quelques zoïdes sur la surface de cicatrisation. L'aspect de ces polypes permet de reconnaître la silhouette caractéristique des polypes reproducteurs ou autozoïdes. Chez les Planaires les fragments comprenant la queue et la partie médiane donnent une tête (Wolff, Lender et Ziller-Sengel, 1964). Mais il est vrai que chez *Veretillum* il est difficile d'identifier la partie apicale distale manquante à une tête.

ABLATION DU PÉDONCULE

Les fragments mis en élevage correspondent au rachis des animaux opérés (pl. 1, fig. 3). Au bout de quelques heures, après le resserrement circulaire des tissus, on observe une surface de cicatrisation (Franc, 1969). Par la suite une boursoufflure émane du centre de la plaie et préfigure la formation d'un nouveau pied. Pour la majorité des spécimens on assiste à une telle élaboration bien que sa vitesse ne semble pas constante. On doit noter que la différenciation du néo-pédoncule, bien que lente, est plus rapide que l'apparition des zoïdes à partir de la cicatrice établie sur le rachis après élimination du rachis distal.

ABLATION DU PÉDONCULE ET DU RACHIS PROXIMAL À DIFFÉRENTS NIVEAUX (pl. 1, fig. 4 *ab*).

Les fragments étudiés comportent toujours le rachis distal mais présentent soit le tiers, soit les deux tiers de la longueur du rachis original.

Les processus de régénération aboutissent également à la formation d'un néo-pédoncule (fig. 1). Cependant l'apparition et la croissance du nouveau pied dépend des caractéristiques du morceau de rachis. Les processus les plus rapides ont été relevés à partir de fragments courts. Cette remarque est renforcée par le fait que le rachis entier réalise assez lentement son néo-pédoncule.

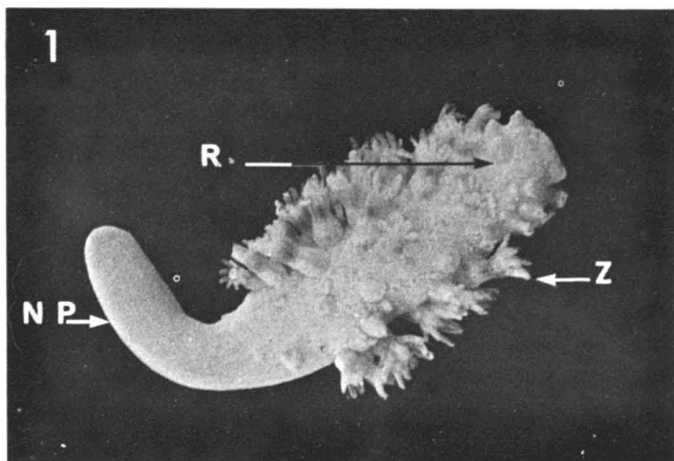


FIG. 1. Fragment de rachis distal ayant produit un nouveau pied. *np* : néopédoncule. *r* : rachis. *z* : zoïdes.

Les mesures effectuées indiquent que pour des Vérétilles opérées le même jour, la longueur du pied nouveau est inversement proportionnelle à la longueur du fragment de rachis qui lui donne naissance (fig. 3). En fait, en ordonnées, c'est le rapport longueur du pied / longueur du rachis que l'on fait figurer. On doit souligner que l'on enregistre l'amaigrissement de ces morceaux de rachis qui donnent une nouvelle formation pédonculaire.

ABLATION DES DEUX EXTRÉMITÉS DE LA COLONIE (pl. 1, fig. 5 abc)

Ces sections sont obtenues en fractionnant transversalement la Vérétille en trois parties. On rejette les deux extrémités en faisant en sorte d'obtenir les prélèvements dans le rachis même². L'évolution ultérieure semble également dépendre de la longueur du cylindre médian mis en élevage. À partir de fragments issus des deux tiers, voire même des quatre cinquièmes de l'ancien rachis, seule la surface inférieure de section se transforme et donne la proéminence habituelle préfigurant le néo-pédoncule. La croissance de ce pied est comparable à celle des pédoncules obtenus après ablation du pédoncule naturel. C'est à dire que le processus est malgré tout lent. Quant à la cicatrice supérieure de faible diamètre, elle montre un simple plateau de cicatrisation. Cette cicatrice peut être parsemée de quelques zoides longtemps après.

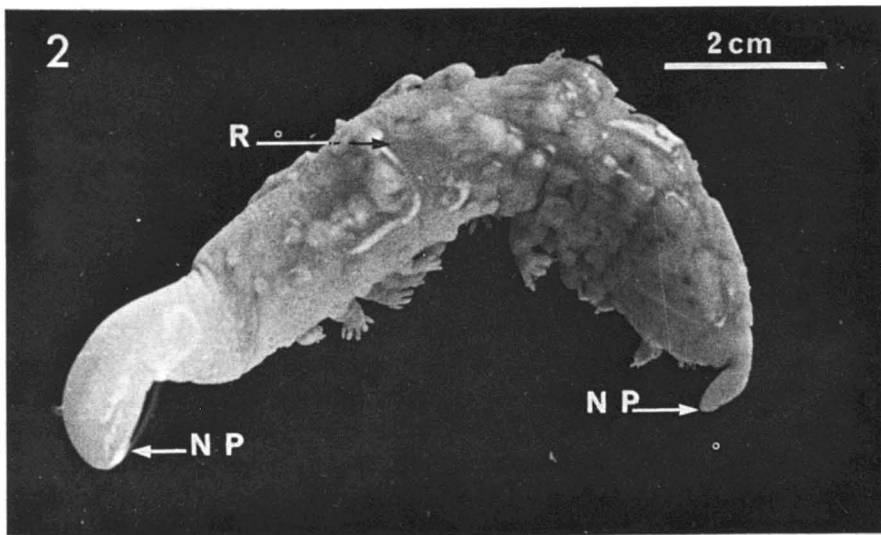


FIG. 2. Fragment de rachis médian ayant donné deux pédoncules opposés. *np* : néopédoncule. *r* : rachis.

2. Afin de reconnaître les deux plaies transversales causées au rachis il suffit de noter le sens pris par les polypes lors de la décontraction. L'extrémité distale des autozoides est rappelons le, tournée du côté du sommet de la colonie à ce moment là (Pavans de Ceccatty et Buisson - 1965).

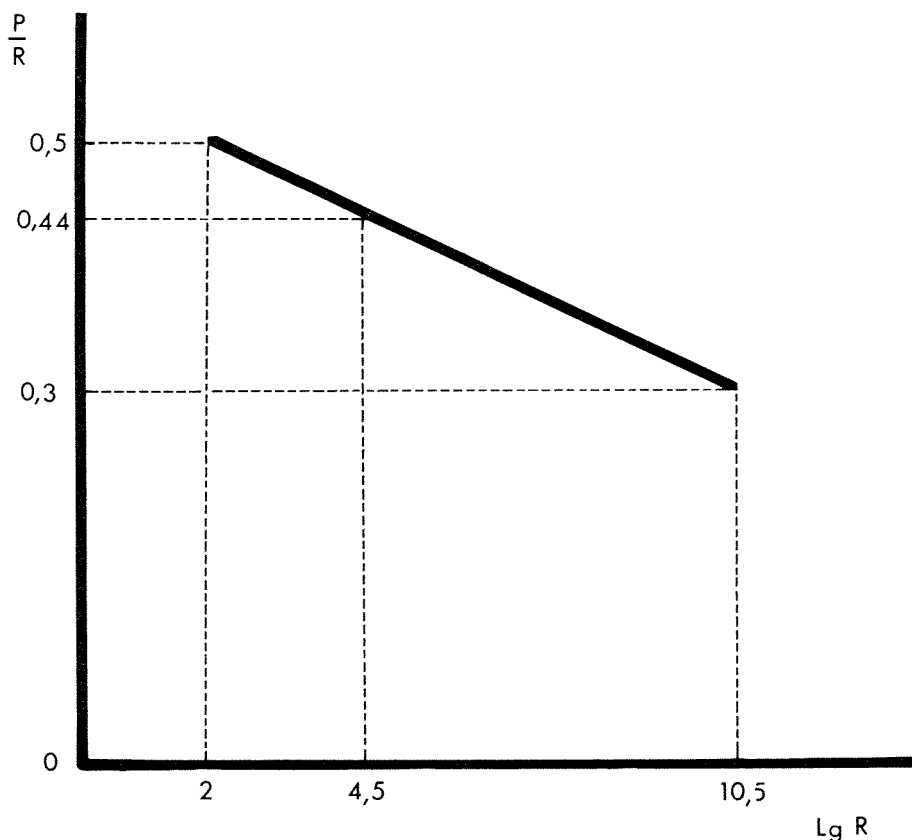


FIG. 3. Points moyens obtenus à partir de 5 fragments de chaque catégorie de rachis (comprenant le sommet) qui ont donné lieu au tracé définitif. *Abscisses* : longueur du rachis en centimètre. *Ordonnées* : rapport de la longueur du nouveau pédoncule sur la longueur du rachis.

Par contre, les fragments plus courts mais jamais inférieurs à 3 cm (fig. 2) donnent généralement un pédoncule à partir de chaque blessure transversale. Le morceau de Vérétille comporte donc rapidement deux néo-pédoncules. Cette production a pour effet de provoquer un amaigrissement notoire. Les néo-formations observées sont de longueur différente et, le plus souvent, lorsque le prélèvement original atteint largement les 3 cm, le pédoncule le plus long provient de la blessure transversale effectuée dans la partie proximale de l'ancien rachis. Cependant des ébauches pédonculaires opposées peuvent se développer simultanément. Le néo-pédoncule peut apparaître à partir de la seule surface cicatricielle proximale tandis que l'uniformité de la surface distale n'est pas rompue et réciproquement. Enfin certains fragments médians de l'ordre de 2 cm végètent après l'obturation des plaies et rejoignent les observations de Tuzet et Paris (1963).

En définitive, l'ablation de parties précises, après sections transversales, conduit aux résultats suivants :

Ablation du rachis : le pédoncule mis en élevage disparaît généralement.

Ablation du rachis distal : il y a apparition de zoïdes sur la surface de cicatrisation. La partie manquante n'est jamais régénérée.

Ablation simultanée du pédoncule et du rachis proximal à divers niveaux : il y a formation, à partir du fragment de rachis étudié, d'un nouveau pédoncule dont l'évolution dépend de la longueur du morceau qui le produit.

Ablation des extrémités : les sections médianes de rachis obtenues réagissent différemment.

Expériences complémentaires et discussion

Toute cette série d'expériences conduit à admettre l'existence de facteurs de régénération dans le pied et dans le rachis. Alors que les facteurs du pied isolé ne conduisent à aucune formation nouvelle, les facteurs du rachis seul aboutissent à la production d'un pédoncule, voire même de deux pédoncules opposés à partir de fragments médians de rachis. Sous l'influence des facteurs du pied, par contre, le rachis amputé d'une partie n'élabore pas de pied mais donne des zoïdes sur la surface de cicatrisation. Ce sont donc des facteurs inhibiteurs de pied qu'il convient de reconnaître dans le pédoncule, diffusant ensuite dans la hampe rachidale, et des facteurs inducteurs divers dans le rachis dont l'orientation dépend de l'action ou non des facteurs du pied. Bien que des données antérieures aient été interprétées en terme de *gradient de régénération* (Buisson 1964), ce sont les résultats d'expériences complémentaires que l'on a voulu présenter avant d'aborder la distribution possible des facteurs des deux types le long de la masse commune du rachis du *Pennatulide*.

EXPÉRIENCES COMPLÉMENTAIRES

Dans ces expériences on pratique des incisions et des ablations partielles dans le rachis.

Premier cas : la planche 2, fig. 1 *ab* présente la manière dont les sections ont été effectuées et l'aspect pris par l'animal après l'opération.

Comme l'ont remarqué Tuzet et Paris (1963), après avoir fait des sections axiales complètes, les bords des blessures longitudinales se referment et se cicatrisent rapidement.

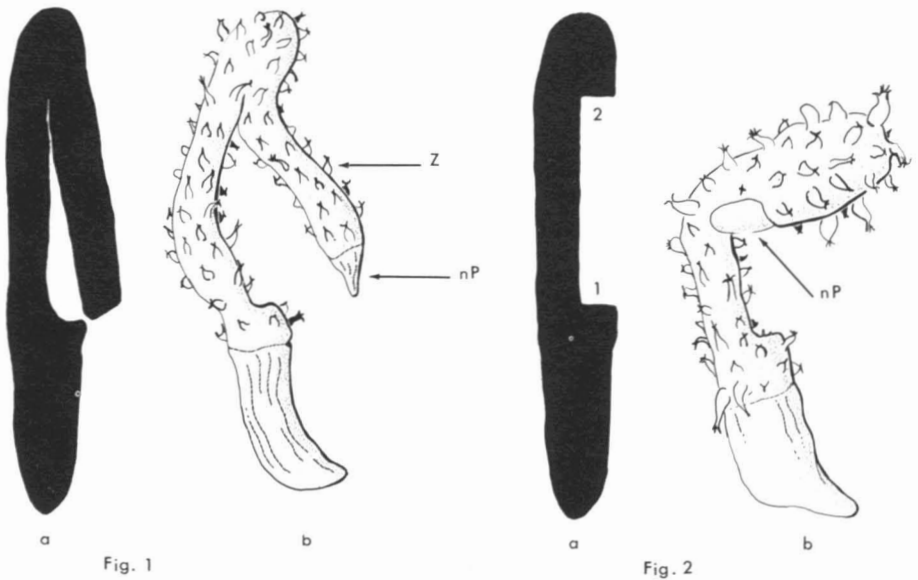


Fig. 1

Fig. 2

PLANCHE N° 2

PLANCHE 2. Expériences complémentaires. Fig. 1 b -z : zoïde ; np néopédoncule. Fig. 2 a -1 : cicatrice proximale ; 2 : cicatrice distale. Fig. 2 b -np : néopédoncule.

Dans 80% des cas un néopédoncule se dessine à partir du bourrelet cicatriciel transversal et tend à atteindre une certaine longueur quelque douze mois plus tard (pl. 2, fig. 2 b). Le diamètre de ce "second pied" est néanmoins plus faible que celui du pédoncule normal.

Second cas : On effectue un prélèvement correspondant au moins à la moitié de l'épaisseur de la région médiane du rachis (pl. 2, fig. 2 a). Chez ces Vérétilles, un simple pont médian relie latéralement les parties proximale et distale du rachis, pont dont les deux bords se soudent longitudinalement, comme précédemment.

Parallèlement la fermeture des plaies transversales s'effectue également et on les distingue en cicatrices 1 et 2 (pl. 2, fig. 2 a). Quelques mois après la cicatrice 1 est parsemée de zoïdes (pl. 2, fig. 2 b) en voie de différenciation. Au moment de l'observation ceux-ci mesuraient 0,5 cm. Au niveau de la cicatrice 2, on relève dans les mêmes délais, la présence d'un petit pédoncule. Celui-ci épouse parfaitement les contours de la cicatrice (pl. 2, fig. 2 b).

Pour ce qui a trait à la distribution des facteurs inhibiteurs de pied issus du pied et des facteurs inducteurs de pied (ou de zoïdes) le long du rachis, on peut formuler trois hypothèses :

1 – Les facteurs inhibiteurs de pied et les facteurs inducteurs de pied (ou de zoïdes) se répartissent uniformément dans le rachis (pl. 3, fig. 1. Les facteurs inhibiteurs sont arbitrairement représentés par des – et les facteurs inducteurs par des +).

2 – Les facteurs inhibiteurs de pied se distribuent selon un gradient à partir de la séparation du pédoncule et du rachis. Les facteurs inducteurs sont uniformément répartis dans le rachis (pl. 3, fig. 2).

3 – Les facteurs inhibiteurs et les facteurs inducteurs sont l'expression de gradients. Les premiers comme précédemment et les seconds à partir du sommet du rachis (pl. 3, fig. 3). Pour la commodité des termes on emploiera seulement facteurs inhibiteurs et facteurs inducteurs avec la signification définie plus haut.

On peut d'ores et déjà rejeter la première hypothèse. En effet, une telle éventualité exclut, en présence du pédoncule, la formation d'un néopied à partir d'une blessure transversale du rachis, puisque les facteurs opposés (+ et –) répartis en quantités égales s'annulent en tout point. Or dans les expériences complémentaires on assiste à l'élaboration d'un petit pied en présence du pédoncule initial.

Par contre, les expériences complémentaires et aussi les résultats des sections médianes apportent des arguments en faveur de la seconde hypothèse. L'animal figuré après opération (pl. 2, fig. 2a) présente deux cicatrices (1 et 2). On obtient des zoïdes sur la première cicatrice et un pied sous la seconde. Ici les facteurs inhibiteurs issus du pied traversent la zone intermédiaire, une partie d'entre eux se dirige vers la cicatrice proximale et l'autre partie diffuse en direction du rachis distal en empruntant le pont médian. Ces facteurs inhibiteurs se manifestent dans la région proximale du rachis et ne le font pas dans la région distale où une seule de leurs fractions diffuse. Ces résultats peuvent fort bien évoquer la présence d'un gradient de facteurs inhibiteurs de pied à partir de la zone intermédiaire.

Dans cette seconde hypothèse les facteurs inducteurs sont uniformément distribués dans le rachis et peuvent se manifester à partir de cicatrices transversales du rachis. Or, certains fragments médians de la hampe rachidale donnent deux pieds opposés.

La troisième hypothèse, rappelons-le, fait non seulement état de l'existence d'un gradient de facteurs inhibiteurs mais aussi d'un gradient de facteurs inducteurs. Pour ce qui a trait aux premiers, on se bornera à l'exemple cité précédemment. On s'attachera simplement à retrouver des éléments en faveur d'un gradient de facteurs inducteurs à partir du sommet de la Vérétille.

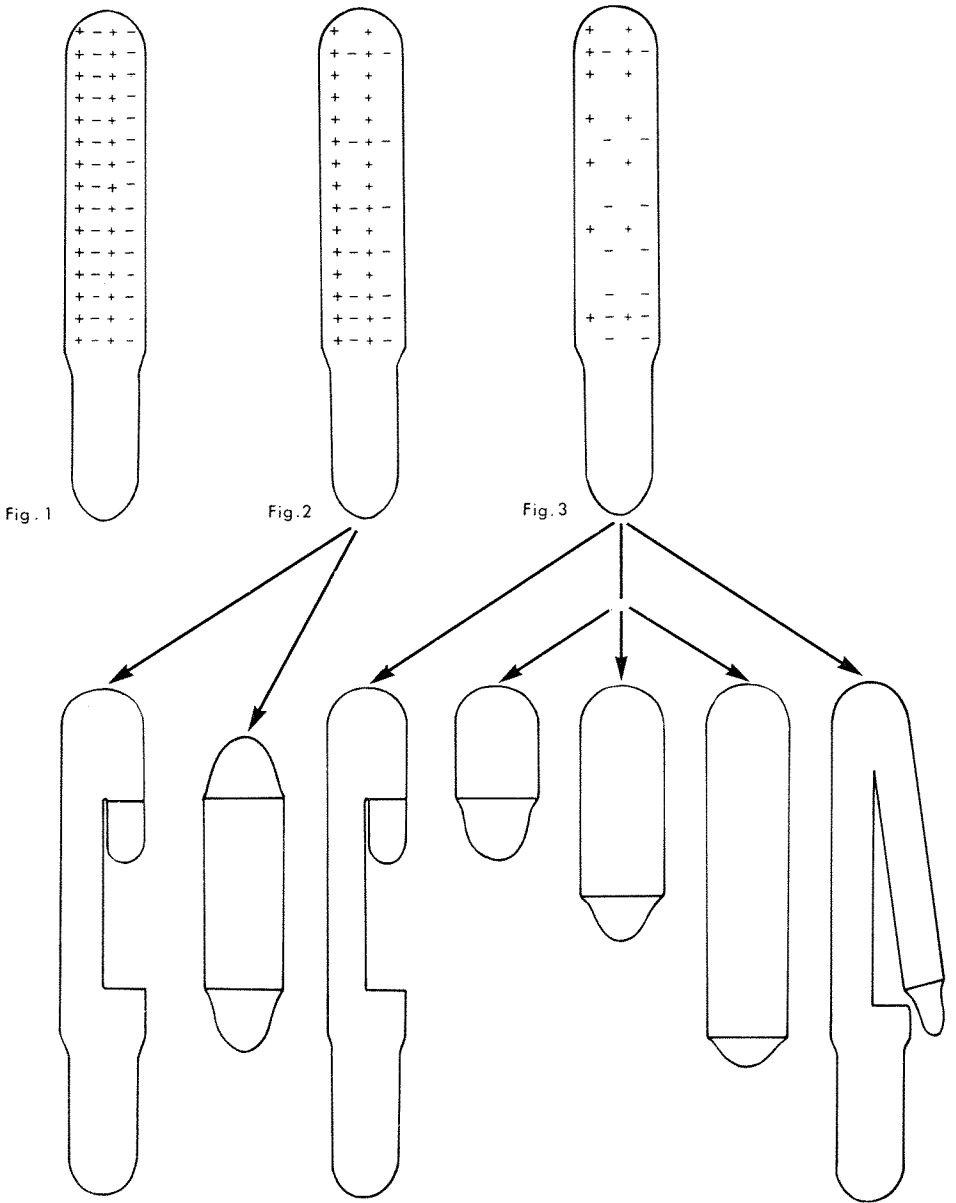


PLANCHE 3. Les facteurs inducteurs de pied sont représentés par le signe + et les facteurs inhibiteurs issus du pied sont représentés par le signe -. Les figures 1, 2 et 3 correspondent à la distribution possible des différents facteurs dans le rachis.

Après ablation du pédoncule et de parties composées par le pédoncule et le rachis proximal coupé à divers niveaux, il reste le rachis ou des fragments de rachis comportant le sommet. Les résultats montrent que ce sont les segments les plus courts qui forment le pied le plus long (fig. 3).

Cela est d'autant plus remarquable qu'une partie de rachis distal de 1,5 cm de long, prélevé et examiné en même temps que les autres fragments donne un néopédoncule de 2 cm de long (3). Ici ce n'est pas la seule masse du rachis qui semble compter mais la présence d'un certain nombre de facteurs inducteurs. Ces facteurs nombreux au niveau du sommet de la colonie semblent se disperser progressivement en direction de la zone intermédiaire. C'est également ce que paraissent confirmer les expériences complémentaires. Le nouveau pied des spécimens figurés sur la planche n° 2 fig. 2 b est, en effet, plus rapidement formé que celui des animaux de la fig. 1 b. Si, dans cette hypothèse, les facteurs inhibiteurs issus du pied ne peuvent agir dans le premier cas, ils le peuvent encore moins dans le second puisque la blessure transversale est encore plus éloignée du pédoncule normal. Les facteurs inducteurs de pied sont donc à même d'agir librement et pourtant l'initiation du néopédoncule s'effectue on ne peut plus lentement. Dans cette hypothèse, les divers résultats obtenus à partir des sections médianes du rachis ne seraient alors dus qu'à la perturbation des facteurs présents et, à la limite, lorsque les fragments sont inférieurs à 3 cm, il ne se produit plus rien. On rejoint l'interprétation de Wolff, Lender et Ziller-Sengel (1964) au sujet des petites sections médianes de Planaires.

Dans cette troisième hypothèse, on étend la notion de facteurs diffusant "à partir d'un centre où "ils" ont leur concentration maximum, vers les régions où leur concentration est minimum" (Wolff, Lender et Ziller-Sengel, 1964) 4, non seulement aux facteurs inhibiteurs issus du pied mais aussi aux facteurs inducteurs du rachis élaborés au sommet de la hampe rachidale. De plus, on doit signaler que les observations morphologiques nécessaires à l'étude des structures et de l'intégration ont abouti à la mise en évidence d'un gradient de polypes le long du rachis. Le nombre des polypes décroît, en effet, du sommet à la base du rachis. Le gradient de facteurs inducteurs de pied pourrait avoir un support morphologique.

Ce n'est cependant qu'à l'issue de la recherche d'éventuels facteurs au niveau des réseaux mésenchymateux et nerveux, décrit par Pavans de Ceccatty

3. Un phénomène analogue entre vraisemblablement en jeu chez *Renilla*. Chez les jeunes Rénilles amputées du pied et en dépit de la seule présence de l'autozoïde initial flanqué de quelques bourgeons latéraux, il y a formation d'un nouveau pédoncule après ablation (Torrey - 1901 - et Wilson - 1903).

4. On a substitué le terme « substances », employé par ces auteurs par « facteurs » pour être plus en accord avec la connaissance actuelle de *Veretillum*.

et Buisson (1964) et Titschack (1968) en microscopie photonique et par Buisson et Franc (1969) en microscopie électronique, qu'il sera possible de confirmer ou d'infirmer la présence d'un gradient de facteurs inhibiteurs de pied issus du pied et d'un gradient de facteurs inducteurs de pied issus du sommet du rachis. Toujours est-il que Franc (1969) a mis en évidence des granules de sécrétion dans une des catégories de cellules nerveuses au cours des premières phases de la régénération du pied de la Vérétille.

Rappelons à cet égard que Burnett, Dhiel et Dhiel (1964) ont montré le rôle de granules indentiques pendant la régénération chez *Hydra*.

L'utilisation de broyats de parties du Pennatulide ainsi que l'emploi de substances sont également envisagés.

Afin de clore ce présent travail on propose un schéma susceptible de traduire une interaction entre les différentes parties de l'animal et découlant des différentes observations. La vocation essentielle et primordiale du rachis est de produire un pied et ce n'est que lorsque celui-ci est avancé dans sa constitution qu'il agit sur le rachis en orientant sa production vers l'élaboration de polypes. Le schéma de la Figure 4 évoque l'interaction et sa chronologie.

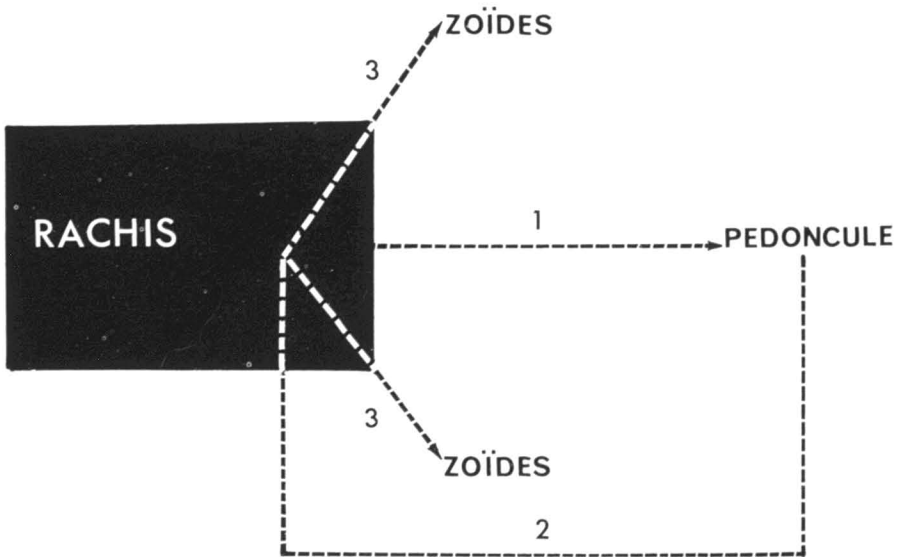


FIG. 4. Schéma montrant l'interaction possible entre les différentes parties des Vérétilles.

Références

- ABELOOS, M., 1962. Les facteurs morphogénétiques dans la régénération des Actiniens. *Annls Fac. Sci. Marseille*, **31**, 12-25.
- BURNETT, A. L., A. DHIEL and F. DHIEL, 1964. Control of growth and regeneration by neurosecretory cells. *J. exp. Zool.*, **157** (2), 227-236.
- BUISSON, B., 1964. Données physiologiques sur l'intégration et la polarité dans les colonies de *Veretillum cynomorium* Pall. (Cnidaire-Pennatulidae). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci.*, Paris, **259**, 3361-3362.
- BUISSON, B. et S. FRANC, 1969. Structure et ultrastructure des cellules mésenchymateuses et nerveuses intramésogléennes de *Veretillum cynomorium* Pall. *Vie et Milieu* (sous-presse).
- FRANC, S., 1969. Les évolutions cellulaires et les rapports entre les tissus mésenchymateux et nerveux au cours de la régénération du pédoncule de *Veretillum cynomorium* Pall. *Vie et milieu* (sous-presse).
- HYMAN, L. H., 1940. The Invertebrates. "Protozoa through Ctenophara". McGraw-Hill Book company. N. Y., 539-567.
- KUKENTHAL, W., 1923-1925. Octocorallia. In : Kukenthal-Krumbach. *Handbuch der Zoologie*, Bdl, 690-769.
- LENTZ, T. L., 1965. *Hydra* induction of supranumerary heads by isolated neurosecretory granules. *Science. USA*, **150**, (3696), 633-635.
- LENTZ, T. L. and R. J. BARNETT, 1963. The role of the nervous system in regenerating *Hydra* : the effects of neuropharmacological agents. *J. exp. Zool.*, **154**, 305.
- PAVANS DE CECCATTY, M. et B. BUISSON, 1964. Le système nerveux intramésogléen dans les colonies de *Veretillum cynomorium* Pall. (Cnidaire-Pennatulidae) *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, **239**, 3611-3613.
- PAVANS DE CECCATTY, M. and B. BUISSON, 1965. Reciprocal behavior of the rachis and peduncle in colonies of *Veretillum cynomorium* Pall. *Amer. Zool.*, **5**, 531-535.
- PAVANS DE CECCATTY, M., B. BUISSON et Y. M. GARGOUIL, 1963. Rythmes naturels et réactions motrices chez *Acyonium digitatum* Linn. et *Veretillum cynomorium* Pall., *C. r. Séanc. Soc. Biol.*, **157**, 616-618.
- ROSE, S. M., 1966. Polarized inhibitory control of regional differentiation during regeneration in Tubularia. II Separation of active materials by electrophoresis. *Growth USA*, **30** (4), 429-447.
- TARDENT, P. E., 1965. Developmental aspects of regeneration in Coelenterates. In "Regeneration in animals and related problems". *Symp Athen*, 71-88.
- TITSCHACK, H., 1968. Über das Nervensystem der Seefeder *Veretillum cynomorium* (Pallas) *Z. Zell.*, **90**, 347-371.
- TORREY, H. B., 1901. Some facts concerning regeneration and regulation in *Renilla*. *Biol. Bull.*, **2**, 6.
- TUZET, O. et J. PARIS, 1963. La cicatrisation chez *Veretillum cynomorium* Pall. (Cnidaire-Octocoralliaire). *Vie et Milieu*, **14**, 293-298.
- WILSON, E. B., 1903. On merogony and regeneration in *Renilla*. *Biol. Bull.*, **4**, 215-226.
- WOLFF, E., T. LENDER et C. ZILLER-SENGEL, 1964. Le rôle des facteurs auto-inhibiteurs dans la régénération des Planaires. *Revue Suisse Zool.*, **71**, (3), 75-98.

A COMPARISON OF THE RATES OF APPARENT PHOTOSYNTHESIS OF THE CRANBERRY AND THE COMMON LOWBUSH BLUEBERRY ¹

BEVERLEY BONN ², F. R. FORSYTH and I. V. HALL

Canada Department of Agriculture, Research Station, Kentville, Nova Scotia

Abstract

The rates of apparent photosynthesis of the cranberry and the lowbush blueberry were determined using an infrared gas analyzer.

Cranberry leaves had a rate of assimilation 40.0 mg CO₂/dm²/hr compared with 14.4 in the blueberry leaf at a flow rate of 800 cc per minute and a light intensity of 1000 ft-c. At 2000 ft-c of incandescent light rates of apparent photosynthesis were below the saturation level for the shoots of the cranberry plant and above that for the shoots of the blueberry plant.

Résumé

Une comparaison entre l'intensité de la photosynthèse apparente du feuillage de la Canneberge et celui du Bleuët (fruit du *Vaccinium angustifolium*) a été faite en utilisant l'analyseur de CO₂ à infrarouge.

Lorsque le feuillage d'un rameau de Canneberge est soumis à un courant d'air de 800 ml par minute et à un éclairage de 1000 pieds chandelles, l'assimilation du CO₂ se fait au taux de 40.0 mg de CO₂/dm²/h. Dans les mêmes conditions le Bleuët n'assimule que 14 mg CO₂/dm²/heure. Ce point de saturation est atteint lorsque l'intensité lumineuse de lumière incandescente atteint environ 2000 pieds chandelles.

Introduction

Data on rates of photosynthesis of horticultural crops are important for the establishment of optimum conditions for growth both in greenhouse culture and outdoors. Such data may also aid in the final selection of parent material in a plant breeding program (1).

1. Contribution No. 1339. In part, a thesis submitted by the senior author as partial fulfilment of the requirement for a B.Sc. with honors degree, Acadia University, on May 1968.

2. Presently graduate student in the Department of Botany, McGill University, Montreal, Canada.

It is preferable to use intact plants (7) when determining rates of photosynthesis, although plant parts such as leaf disks (4 and 8) can be used and interpretations made regarding the performance of the entire plant under the same conditions. In this study the rates of apparent photosynthesis were determined on attached shoots of the cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait, cult. McFarlin) and the common lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.), under laboratory conditions. This work is part of an investigation into the physiology of the lowbush blueberry and cranberry (1, 2, 3, 4, 6).

Materials and Methods

The plants used in these experiments were from a clone of *Vaccinium macrocarpon* Ait. cult. McFarlin and one-year-old seedlings from select clones of *Vaccinium angustifolium* Ait.

Cranberry cuttings about 10 to 12 cm in length were rooted in a mixture of peat and "Perlite" (3). They were transplanted into soil in 10 cm clay pots and grown in a greenhouse under 16 hour days, at a day temperature setting of 21°C and a night temperature setting of 16°C.

The lowbush blueberry seedlings were grown in a 1 : 1 : 1 mixture of peat, sand and garden soil for three months. They were then pricked off and grown in 10 cm clay pots for approximately a year under the above conditions in the greenhouse.

A plexiglas leaf chamber, with inside dimensions of 24.5 x 7.5 x 2.5 cm was built for these experiments (Fig. 1). One end of the chamber was removable and was provided with a notch to accommodate the stem. Shoots, attached to the plant, were inserted into the chamber and positioned so that maximum leaf area was exposed to the light. The space about the stem in the removable end of the chamber was sealed with "Strip-Seal" (Tremco Manufacturing Co., Toronto, Ontario). The plant pot, enclosed in a plastic bag, and the Plexiglas chamber were suspended in a water bath at 25°C with the top of the leaf chamber held 4.2 cm below the water level (Fig. 2).

Photosynthetic measurements were made with a Beckman IR215 Infrared Gas Analyzer (IRGA). The open system (Fig. 2) was used whereby outside air was drawn through a coil within the water bath, maintained at 25°C, thence to the leaf chamber. After passing over the experimental plant material, the air passed through two drying tubes of anhydrous calcium sulfate before entering the Analyzer.

The Analyzer was calibrated before each experiment with the zero CO₂ calibration gas prepared by passing air through 10-20 mesh Indicarb (Fisher

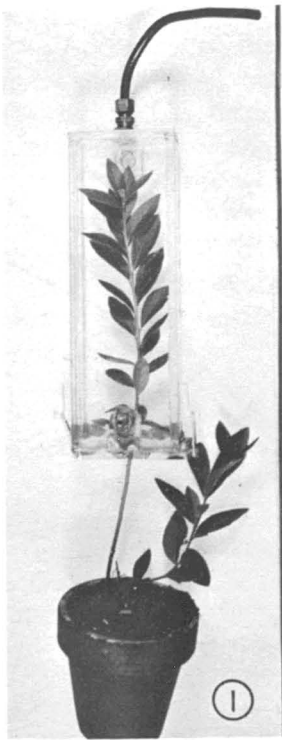


FIG. 1. Plexiglas leaf chamber with shoot of the lowbush blueberry sealed in position.

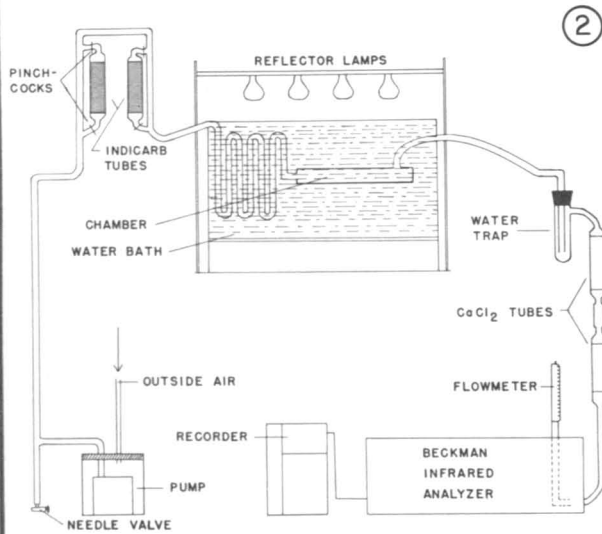


FIG. 2. Diagram of the equipment used in measuring rates of apparent photosynthesis by the IRGA method using an open system.

Scientific Company). Outside air, taken from 7 m above ground, was used as the 330 ppm calibration gas. The Kentville Research Station is located approximately 1 mile from any populated area and there is no danger of CO_2 from industrial contamination. Readings obtained were interpreted from the calibration curve supplied with the instrument.

Illumination was provided by four General Electric 30 or 50 watt reflector lamps. Various light intensities were obtained by changing the distance between the light rack and the plant material. Light intensities were measured with a Weston Sunlight Illumination Meter (Model 756).

At the completion of the experiments on rate of photosynthesis, the leaves were cut from the shoots and the total leaf area of the experimental shoot was determined. Leaf areas were calculated from leaf patterns cut directly from aluminum foil with a dissecting scalpel. Weights of leaf patterns cut from the foil were compared with weights of known areas of foil to obtain the areas of the experimental leaves.

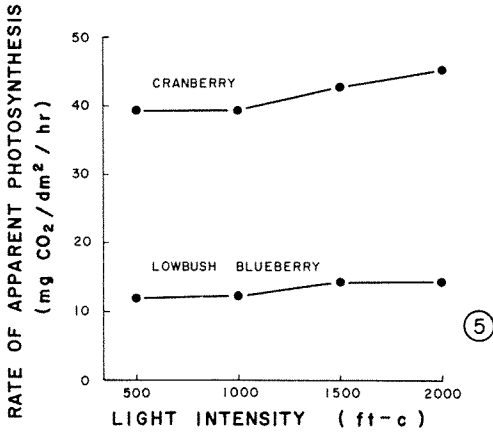
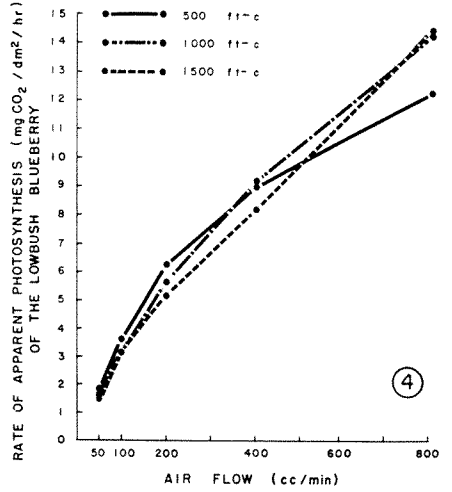
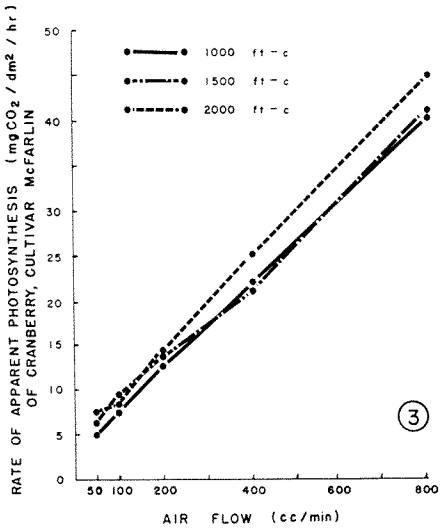


FIG. 3. The effect of flow rate and light intensity on the rate of apparent photosynthesis of cranberry, cultivar McFarlin. System: 2 cranberry shoots; temperature, 25°C.

FIG. 4. The effect of flow rate and light intensity on the rate of apparent photosynthesis of lowbush blueberry. System: 1 shoot of blueberry; temperature, 25°C.

FIG. 5. Comparative effect of light intensity on rates of apparent photosynthesis of cranberry and lowbush blueberry at a flow rate of 800 cc per minute and temperature of 25°C.

Calculations of the rate of apparent photosynthesis were based on the difference (ΔCO_2) between the CO_2 of the air and the recorded value using the formula of Hesketh and Moss (5).

Results

Comparisons of the effect of flow rate versus light intensity in cranberry showed a rather steady increase in rate of apparent photosynthesis as the air flow increased from 50 to 800 cc/min. (Fig. 3). Similar results were found for the lowbush blueberry (Fig. 4).

As the light intensity was increased from 500 – 2000 ft-c with a steady rate of air flow of 800 cc/min., there was an increase in the rate of apparent photosynthesis of both cranberry leaves and blueberry leaves (Fig. 5). The rate of apparent photosynthesis of the cranberry leaf is several times higher than that of the lowbush blueberry when comparison is based on leaf area.

Discussion

A literature survey indicated that this study was the first to compare rates of apparent photosynthesis of both cranberry and lowbush blueberry under comparable conditions. In the present study, rates of apparent photosynthesis were measured for cranberry and lowbush blueberry leaves under all combinations of five air flow rates (50, 100, 200, 400, and 800 cc/min) and three light intensities (500, 1000, 1500 ft-c for blueberry and 1000, 1500, and 2000 ft-c for the cranberry). Cranberry and blueberry leaves exhibited increased rates of apparent photosynthesis with the increasing air flow rates. However, by comparing the rates of the two species at the same series of flow rates and basing the rate on dm^2 of leaf area, good comparative results were obtained (Fig. 3 and 4) based on leaf area. The rate for cranberry exceeds that of the blueberry at all flow rates and light intensities. Thus, up to light intensities of 2000 ft-c at least, the cranberry leaf appears to be much more efficient per unit leaf area than the lowbush blueberry in removing carbon dioxide from the ambient air. This may or may not have ecological significance, but it demonstrates the variation in efficiency of the carbon fixing apparatus of two ericaceous plants normally found in quite different natural environments.

Acknowledgements

The authors wish to acknowledge the support of an APICS scholarship for the senior author during the summer of 1967.

Reference

- 1- FORSYTH, F. R. and I. V. HALL, 1965. Effect of leaf maturity, temperature, carbon dioxide concentration, and light intensity on rate of photosynthesis in clonal lines of the lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium* Ait., under laboratory conditions. *Can. J. Bot.*, **43**: 893-900.
- 2- FORSYTH, F. R., and I. V. HALL, 1967. Oxygen absorption and ethylene production by developing cranberry fruit. *Can. J. Plant Sci.*, **47**: 153-156.
- 3- HALL, I.V. and R. A. LUDWIG, 1961. The effects of photoperiod, temperature, and light intensity on the growth of the lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) *Can. J. Bot.*, **39**: 1733-1739.
- 4- HALL, I. V., F. R. FORSYTH, C. L. LOCKHART and L. E. AALDERS, 1966. Effects of time of day, a parasitic fungus, and a genetic mutation on rate of photosynthesis in the lowbush blueberry. *Can. J. Bot.*, **4**: 529-533.
- 5- HESKETH, J. C. and D. N. MOSS, 1963. Variation in the response of photosynthesis to light. *Crop. Sci.*, **3**: 107-110.
- 6- HICKS, JUDITH, I. V. HALL and F. R. FORSYTH, 1968. Growth of cranberry plants in pure stands and in weedy areas under Nova Scotian conditions. *Hort. Res.*, **8**: 104-112.
- 7- JEWISS, O. R. and J. WOLEDGE, 1967. The effect of age on the rate of apparent photosynthesis in leaves of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). *Ann. Bot.*, **81**: 661-671.
- 8- WASSINK, E. C., 1946. Experiments on photosynthesis of horticultural plants with the aid of the Warburg method. *Enzymologia*, **12**: 33-55.

NOUVELLE FAUNE ICHTHYOLOGIQUE DU DÉVONIEN MOYEN DANS LES GRÈS DE GASPÉ (QUÉBEC).

II — MORPHOLOGIE ET SYSTÉMATIQUE ¹

Deuxième section :

Arthrodires : Dolichothoraci

YVON PAGEAU

Collège d'enseignement général et professionnel, Gaspé, Québec ²

Résumé

L'auteur décrit ici des Arthrodires qui ont été trouvés dans la formation Battery Point des Grès de Gaspé. Dans un premier article (Pageau, 1968), il a étudié la géologie et l'écologie des Grès de Gaspé pour conclure que la formation Battery Point, d'où a été extraite la nouvelle faune ichthyologique, était d'âge dévonien moyen ancien. Dans un second article, l'auteur a décrit quelques Euryptérides, puis des Ostracodermes (Céphalaspidomorphes de type « *Cephalaspis* »), des Acanthodiens et des Sélaciens (Pageau, 1969). Cette fois, il décrit six nouveaux genres d'Arthrodires qu'il classe dans l'ordre des Dolichothoraci, ainsi que le genre connu depuis longtemps et provenant de Campbellton (Nouveau-Brunswick, Canada), *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). Enfin, il crée une nouvelle espèce *P. atholi* n. sp. à même le stock de *P. acadica* (Whiteaves).

Abstract

We describe here some Arthrodira which have been found in the Battery Point formation of the Gaspé Sandstones. In a first paper (Pageau, 1968), the author has studied the geology and ecology of the Gaspé Sandstones which the new fish fauna comes from, and concluded that this formation, the Battery Point formation, was of early middle Devonian age. In a second paper (Pageau, 1969), the author has described some Eurypterids, then Osteostraci (Cephalaspidomorpha of

1. Extraits d'une thèse de doctorat soutenue à l'Université de Paris. et préparée sous la direction du professeur J.-P. Léhman à l'Institut de Paléontologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris. La publication de ces articles a été rendue possible grâce à l'aide financière du Musée National du Canada.

2. Nouvelle adresse : Département de Géologie, Université du Québec, Montréal.

« *Cephalaspis* » type), Acanthodians and Selacians. In this paper, are described six new genera of Arthrodira that the author regards as belonging to the order of Dolichothoraci, as well as a long known genus from Campbellton (New-Brunswick, Canada), *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). Finally, a new species is created: *P. atholi* n. sp. from the stock of *P. acadica* (Whiteaves).

Introduction

On connaît depuis fort longtemps l'existence d'Arthrodires dans les Grès de Gaspé. Lankester signale des plaques de *Coccosteus* dans le matériel que lui a fourni Dawson (1871) quand il décrit *Cephalaspis dawsoni* (Lankester, 1870) provenant d'un affleurement des Grès de Gaspé sur la rive nord de la Baie de Gaspé (Québec, Canada). Puis Whiteaves (1881, 1889), Traquair (1890) et Woodward (1891) décrivent tour à tour un Arthrodire provenant du petit affleurement des Grès de Gaspé à Campbellton (Nouveau-Brunswick, Canada) qui porte d'abord le nom de *Coccosteus acadicus* (Whiteaves, 1881, 1889), puis de *Phlyctaenaspis acadica* Whiteaves (Woodward, 1891). Enfin, Russell (1947 et 1954) trouve à D'Aiguillon, associées avec *Cephalaspis westolli* Russell, des plaques qu'il croit être du genre *Phlyctaenaspis*.

Lorsque nous avons commencé à explorer les Grès de Gaspé de la région de la Baie de Gaspé, en vue d'y trouver une faune ichthyologique, nous ne nous sommes pas limité à un groupe de poissons plutôt qu'à un autre. Notre but était de recueillir une collection aussi complète que possible de la faune ichthyologique de la formation Battery Point des Grès de Gaspé pour le compte du Musée National du Canada en vue de l'étudier et d'en faire une thèse de doctorat. Après avoir décrit la géologie et l'écologie des Grès de Gaspé (Pageau, 1968), nous avons étudié la morphologie d'un certain nombre de "*Cephalaspis*" (Ostracodermes-Céphalaspidomorphes) et celle de quelques genres d'Acanthodiens (Pageau, 1969). Dans ce troisième et dernier article nous décrivons des Arthrodires.

Le premier genre d'Arthrodire que nous allons décrire est *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves), un genre assez bien connu et provenant de l'affleurement des Grès de Gaspé à Campbellton. Pourtant, bien que ce genre ait été décrit plusieurs fois depuis Whiteaves (1881) et qu'il existe un nombre important de spécimens, surtout des toits crâniens, principalement dans les collections du *British Museum* (Nat. Hist.) et du *Royal Scottish Museum*, nous avons cru nécessaire d'en reprendre la description d'autant plus que nous sommes arrivé à la création d'une nouvelle espèce: *Phlyctaenaspis atholi* n.sp. à même le stock de spécimens déjà connus de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves).

Ensuite, nous décrivons six nouveaux genres d'Arthrodires provenant de nouveaux gisements fossilifères (Pageau, 1968) dans la formation Battery Point des Grès de Gaspé, de la région de la Baie de Gaspé (Québec, Canada) : *Quebecaspis russelli* n.gen., n.sp., *Gaspeaspis cassivii* n.gen., n.sp., *Cartieraspis nigra* n.gen., n.sp., *Kolpaspis beaudryi* n.gen., n.sp., *Laurentaspis splendida* n.gen., n.sp., et *Batteraspis fulgens* n.gen., n.sp.

La faune d'Arthrodires de la présente collection est représentée par des centaines de spécimens qui sont pour la plupart des plaques isolées de boucliers thoraciques. Les toits crâniens sont au nombre de quatre seulement, encore que deux de ceux-ci soient très incomplets. Enfin, il y a une douzaine de plaques isolées de toits crâniens, par exemple des plaques centrales (CE), paranuchales (PAN), marginales (MG) et sous orbitales (SO)³.

Même si la collection comporte sept types différents, il est évident qu'ils appartiennent tous à l'ordre des Dolichothoraci. C'est tout ce qu'on en pourra dire de précis quant à leur position systématique. Stensiö (1968) pense que la grande majorité des Arthrodires est encore trop peu connue quant à ce qui concerne leur anatomie endocrânienne pour établir une systématique phylogénétique. En conséquence, toute classification est forcément provisoire et cela est particulièrement le cas des Dolichothoraci. C'est si vrai que Denison (1958) qui a divisé cet ordre en deux familles, la famille des Phlyctaenaspidae, elle-même sous-divisée en deux sous-familles : les Phlyctaenaspinæ et les Actinolepinæ, et la famille des Williamsaspidae, reconnaît que *Phlyctaenaspis heintzi* Gross est de la sous-famille des Phlyctaenaspinæ par le plus grand nombre de ses caractères, mais est Actinolepinæ par sa plaque médio-dorsale (MD) courte et large. En conséquence, Gross (1962) a changé le nom de *Phlyctaenaspis heintzi*, par celui de *Aggeraspis heintzi* pour bien opposer le caractère Actinolepinæ de la plaque médio-dorsale des autres caractères Phlyctaenaspinæ. Cela montre bien que cette classification pour utile qu'elle soit, est loin de donner entière satisfaction.

Si une classification systématique à l'intérieur des Dolichothoraci est encore provisoire et probablement plutôt horizontale que vraiment phylogénétique, il en est de même jusqu'à un certain point pour les subdivisions majeures des Euarthrodires. En tout cas, Miles (1962) note que plusieurs auteurs pensent que la subdivision des Euarthrodires en Arctolepida (Dolichothoraci) et Brachythoraci est une classification "horizontale" plutôt que divergente par nature.

Toutefois, malgré les limites que présente la classification de Denison (1958) pour les Dolichothoraci, nous avons jugé utile d'en tenir compte chaque

³. Les abréviations correspondent à celles des légendes accompagnant les planches et les figures.

fois que c'était possible, car elle fournit un cadre de références pour souligner un certain nombre de caractères opposant en particulier les Phlyctaenaspinae et les Actinolepinae.

Pour la classification générale des Arthrodires, nous suivons celle de Stensiö (1959, 1967, 1968 et 1969) dont nous donnons ci-dessous les principales divisions :

PLACODERMES

CLASSE : PLACODERMATA

ARTHRODIRA

Stock 1 EUARTHRODIRA Gross (=ARTHRODIRA, Woodward, 1891)

SUPER-ORDRE : ASPINOTHORACIDI⁴

ORDRE : PACHYOSTEOMORPHI

SUPER-ORDRE : SPINOTHORACIDI (=BRACHYTHORACI,
Gross, 1932, 1937)

ORDRE : COCCOSTEOMORPHI

ORDRE : DOLICHOTHORACI (=ACANTHASPI-
DA, =ARCTOLEPIDA, Heintz, 1937)⁵

ORDRES : ACANTHOTHORACI, RADOTINIDA,
RHENANIDA, PETALICHTHYIDA,
PHYLLOLEPIDA, PTYCTODONTIDA.

ANTIARCHI

Les Arthrodires sont apparus d'abord au Silurien supérieur et au Downtonien. Des restes d'Arthrodires d'âge siluro-downtonien ont été signalés en Angleterre, en Bohême, en Podolie (Russie) et en Asie centrale. Dès cette

4. Ce schéma de classification est de Stensiö (1959, 1967 et 1968). Les ASPINOTHORACIDI se distinguent des SPINOTHORACIDI en ce que ces derniers possèdent un élément radial secondaire spécialisé, soit le processus latéral pré-pectoral, que l'on désigne sous le nom de scapulo-coracoïde thoraco-abdominal *spinifère* et qui est relié au type de nageoire pectorale eumérosomactidiale contrairement au type de nageoire euholosomactidiale des Pachyostéomorphes (Stensiö, 1959).

5. L'ordre des DOLICHOTHORACI fut établi par Heintz (1937) sous le nom de ARCTOLEPIDA. Afin de souligner la différence entre les BRACHYTHORACI (Gross) (comprenant les COCCOSTEOMORPHI et les PACHYOSTEOMORPHI) et les ARCTOLEPIDA, dont l'extension vers l'arrière de la ceinture pectorale exosquelettique est caractéristique, le présent auteur (Stensiö, 1944) a échangé le nom d'ARCTOLEPIDA pour celui de DOLICHOTHORACI », (Stensiö, 1968, manuscrit p. 578 et 1969).

PI.XXV

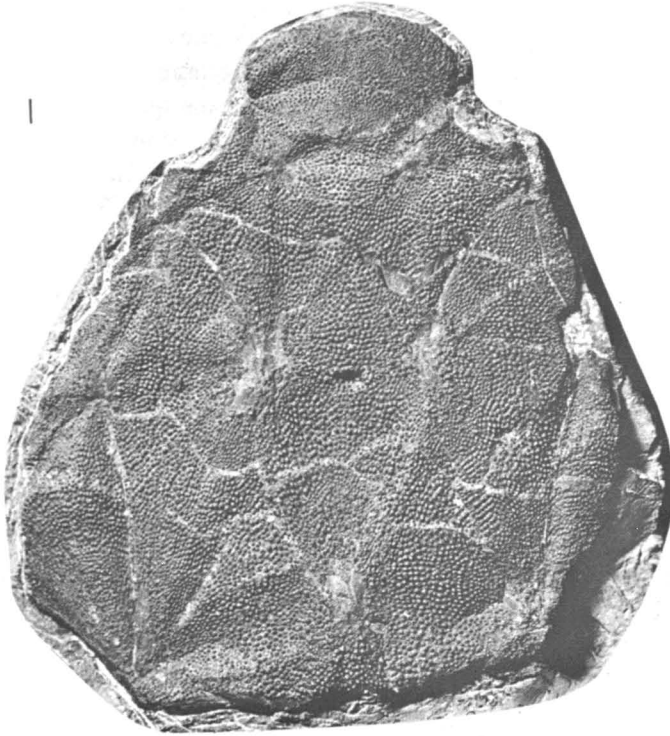


PLANCHE XXV, fig. 1 — *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). Spécimen RSM-1897-51-129. Toit crânien en vue dorsale avec l'ornementation superficielle de l'exosquelette (dessin, Fig. 19,5). Noter les plaques pinéale (P) et rostrale (R) in situ X 1.
 fig. 2 — *Phlyctaenaspis atholi* n. sp. Spécimen RSM-1897-51-113. Toit crânien en vue dorsale avec l'ornementation superficielle de l'exosquelette, (dessin, Fig. 19,4) Les plaques pinéale (P) et rostrale (R) sont absentes. X 1.

époque donc, leur distribution géographique est considérable, mais au Dévonien on les trouve partout dans le monde. Les quatre Arthrodires du Down-tonien sont des formes marines (d'eau salée), tandis qu'au Dévonien inférieur et moyen, ce sont les formes continentales (d'eau douce ou saumâtre) qui prédominent. Pourtant, au Dévonien supérieur, les formes marines (d'eau salée) (Gross, 1950) sont les plus fréquentes. (Stensiö, 1963) (Pageau, 1968). 1968).

Méthodes et techniques employées

Les méthodes et techniques employées sont exactement les mêmes que celles qui ont déjà été décrites dans l'article précédent (Pageau, 1969) sur la morphologie des Ostracodermes (Céphalaspidomorphes) et des Acanthodians.

MORPHOLOGIE ET SYSTÉMATIQUE DES ARTHRODIRES- DOLICHOTHORACI

Phlyctaenaspis acadica (Whiteaves)

Pl. XXV, fig. 1 ; Fig. 18,1 et Fig. 19,5. ⁶

Genus *Phlyctaenaspis* Traquair (1890)

Cocosteus acadicus Whiteaves (1881-1889)

Phlyctaenius acadicus (Whiteaves) (Traquair 1890)

Phlyctaenaspis acadicus (Whiteaves) (Traquair 1890)

Phlyctaenaspis acadica (Whiteaves) (Woodward 1891)

Gisement : Grès de Gaspé, Campbellton, Nouveau-Brunswick, Canada. Dévonien inférieur, possiblement, dévonien moyen ancien, formation Battery Point.

Avant de décrire les spécimens d'Arthrodires de la présente collection, il faut se rappeler que le genre *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) ⁷ provient

6. La numérotation des figures et des planches fait suite à celle de l'article précédent (Pageau, 1969).

7. Voir Gardiner, 1966 pour l'histoire complète de *Phlyctaenaspis acadica*.

FIG. 18. (1) *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). Reconstitution d'après Westoll et Miles (1963 fig. 6, p. 151 ; x 1). Noter la présence des plaques pinéale (P) et rostrale (R). (2) *Kujdanowiaspis podolica* (Brotzen). Reconstitution d'après Stensiö (1945, fig. 8A, x 1). (3) *Kujdanowiaspis zychi* Stensiö 1945, fig. 10A, x $\frac{2}{3}$) 4 et 5 *Kujdanowiaspis anglica* (Traquair), D'après White (1961 ; 4 — fig. 11 ; 5 — fig. 10 ; x 1.3).

Abréviations : CE, plaque pariétale (centrale) ; cm, plaque antéro-nuchale ? (soudée ?) ; M, plaque marginale ; NU, plaque nuchale ; P, plaque pinéale ; PAN, plaque para-nuchale ; PM, para-marginale ; PRO, préorbitale ; PTO, post-orbitale ; R, plaque rostrale.

fig.18

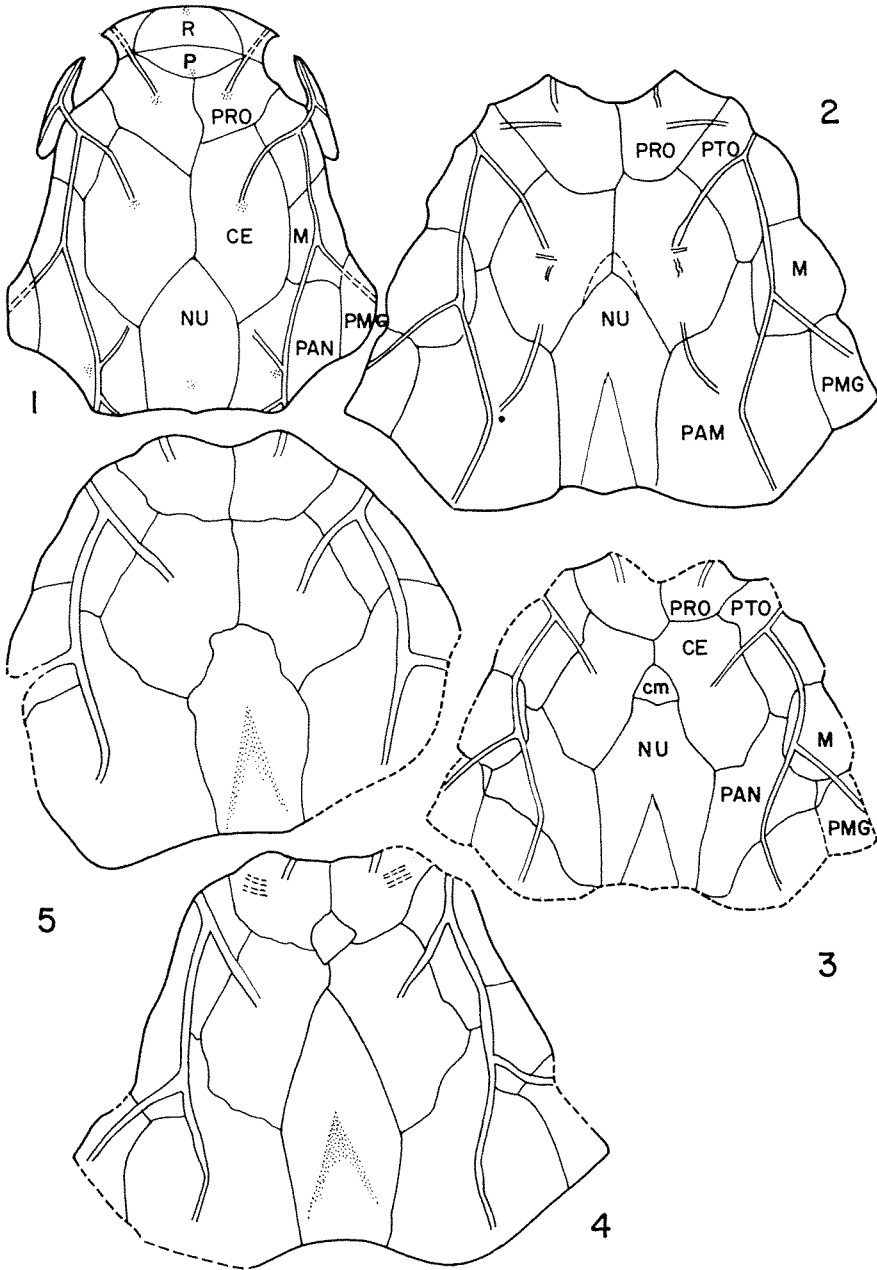


FIG. 19. (1) *Phlyctaenaspis atholi* n. sp. Spécimen RSM 1897-51-123. Face dorsale ; dessin de la photographie, pl. XXVIII, fig. 5. (2) *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Reconstitution ; face dorsale ; basée sur le spécimen NMC-10746 et les photographies du spécimen, pl. XXVI, fig. 1 ; pl. XXVIII, fig. 1 et 2 ; pl. XXVII, fig. 2. (3) *Cartieraspis nigra* n. gen., n. sp. Reconstitution ; face dorsale ; basée sur le spécimen NMC-10889 et la photographie, pl. XXXV. (4) *Phlyctaenaspis atholi* n. sp. Spécimen RSM-1897-51-113. Face dorsale ; dessin de la photographie, pl. XXV, fig. 2. (5) *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) RSM-1897-51-129. Face dorsale ; dessin de la photographie, pl. XXV, fig. 1. (6) *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Reconstitution ; face dorsale ; basée sur le spécimen NMC-11135 et les photographies du spécimen, pl. XXVI, fig. 2 ; pl. XXVII, fig. 1 ; pl. XXVIII, fig. 3 et 4.

Note. — Nous avons adopté la terminologie de Stensiö pour les plaques du toit crânien (1963, fig. 43A et 73) et pour les plaques du bouclier thoracique (1959, p. 9, fig. 1). La terminologie courante a été mise entre parenthèses.

Plaques du toit crânien.

CE — plaque pariétale (centrale)
 CE — PRO — plaque médiane impaire pariéto-préorbitale
 NU — plaque nuchale
 MG — plaque marginale
 PAN — plaque paranuchale
 PI (ou P) — plaque pinéale
 PMG — plaque préoperculaire dorsale (paramarginale)
 PRO — plaque pré-orbitale
 PTO — plaque post-orbitale
 R — plaque rostrale
 SO — plaque sous-orbitale

Lignes sensorielles

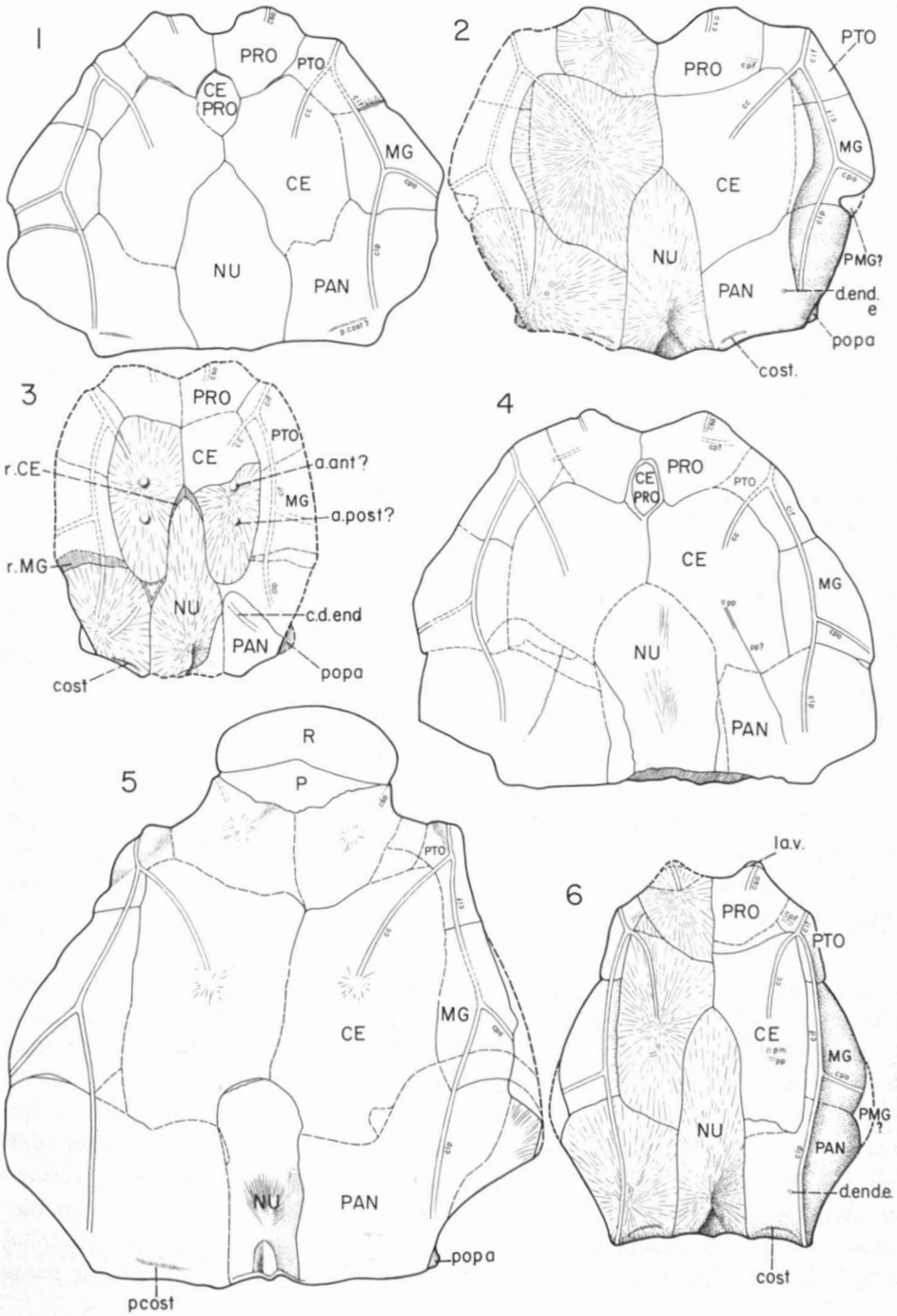
cc. — sillon sensoriel central
 cif — ligne sensorielle infra-orbitaire
 clp — ligne sensorielle latérale principale
 cpf — sillon profond
 cpo — ligne sensorielle pré-operculaire
 cso — ligne sensorielle supra-orbitaire
 pm — "pit line" médiane (ou moyenne)
 pp — "pit line" postérieure
 cost — commissure occipitale supra-temporale

Plaques du bouclier thoracique

ADL — plaque post-temporale (antéro-dorso-latérale)
 AL — plaque cleithrale dorsale (antéro-latérale)
 AMV — interclavicule (plaque antéro-médio-ventrale)
 AVL — plaque cleithrale antéro-ventrale (antéro-ventro-latérale)
 IL — clavicule (plaque intéro-latérale)
 MD — plaque médio-dorsale
 PDL — plaque supra-cleithrale (postéro-dorso-latérale)
 PL — anocleithrum (plaque postéro-latérale)
 PMV — plaque postéro-médio-ventrale
 PVL — plaque postéro-ventro-latérale
 SP — plaque spinale

Note : Pour les autres abréviations, consulter la Légende accompagnant les commentaires de la Figure 20.

Fig.19



de l'affleurement des Grès de Gaspé, à Campbellton, N.-B., Canada, d'âge dévonien inférieur d'après les étiquettes accompagnant les spécimens des collections du *British Museum* et du *Royal Scottish Museum*. Comme notre collection provient des Grès de Gaspé (dévonien moyen ancien, Formation Battery Point) et qu'elle comporte des spécimens qui, à première vue, ressemblent à *Phlyctaenaspis acadica*, nous avons jugé utile d'étudier les spécimens de ce genre dans les collections de ces deux Musées, d'autant plus que Heintz (1933) a ajouté beaucoup à notre connaissance de ce genre en étudiant justement ces collections.

Même après une observation rapide, il est apparu qu'il y avait des différences notables d'un spécimen à l'autre, en particulier sur les toits crâniens. Deux types ont été retenus.

Il y a d'abord le spécimen BM (NH) P 6555 étudié par Heintz (1933). Les plaques rostrale et pinéale sont en place. L'ornementation superficielle de l'exosquelette est caractérisée par des rangées concentriques de tubercules très régulières, autour des centres d'ossification de chaque plaque. Il n'a pas semblé nécessaire de figurer ce type vu qu'il l'est déjà par Heintz (1933) et par Woodward (1892).

Un autre spécimen qui se rapproche beaucoup de ce premier type est celui figuré par Whiteaves (1888). Comme le spécimen précédent (BM(NH) P 6555), celui-ci comporte les plaques rostrale et pinéale en place. La forme générale est la même, mais l'ornementation superficielle présente quelques différences. D'abord, les tubercules sont légèrement plus petits, mais surtout ils sont beaucoup plus nombreux et serrés de sorte que leur arrangement en rangées concentriques régulières est beaucoup moins apparent que sur le spécimen BM(NH) P 6555. De plus, on peut noter sur ce spécimen décrit par Whiteaves, que le bord antérieur de la plaque rostrale est beaucoup plus arrondi que sur le spécimen BM(NH) P 6555. Il est vrai que cette différence peut être due à une déformation.

Enfin, à ce premier type, il faut ajouter un spécimen du *Royal Scottish Museum* : RSM 1897-51-129 (pl. XXV, fig. 1 et Fig. 19,5) très semblable à celui décrit par Whiteaves (1888). Même contour arrondi du bord antérieur de la plaque rostrale ; même ornementation superficielle de tubercules serrés, mais légèrement plus petits que ceux du spécimen BM(NH) P 6555, ce qui masque la régularité des rangées concentriques si frappante du spécimen P 6555. Mais, surtout, présence des plaques rostrale et pinéale en place comme sur les deux spécimens décrits ci-haut. De plus, on peut souligner qu'on distingue très bien la lamelle exosquelettique que forme le processus post-occipital para-articulaire (*popa*), Fig. 19,5 à la partie postéro-latérale de la plaque para-

nuchale (PAN). Si on compare les plaques du toit crânien de ces trois spécimens avec celles qu'ont représentées Heintz (1933), Denison (1958), Westoll et Miles (1963), on constate que la forme de ces plaques et leurs relations avec les plaques limitrophes sont sensiblement les mêmes. Par exemple, les plaques pariétales (CE) sont bien développées et plus longues que larges, sans être parfaitement symétriques. La plaque nuchale (NU) est relativement courte et son centre d'ossification est situé loin en arrière. Les plaques préorbitales (PRO) se rejoignent à la suture médiane, mais elles ne sont pas plus symétriques que les plaques pariétales, car ces deux séries de plaques paires voisines sont évidemment interdépendantes dans leur croissance (voir Devillers 1947-48).

Nous considérons donc comme typiques de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) les trois spécimens décrits comportant les plaques rostrale et pinéale en place, et nous considérons également comme représentation typique, le dessin qu'en donnent Westoll et Miles (1963), et basé sur les spécimens BM (NH) P 5972, RSM 1897-51-129 et 123, que nous reproduisons ici (Fig. 18,1).

Il n'en est pas du tout de même pour un certain nombre d'autres spécimens tous désignés sous le nom de *Phlyctaenaspis acadica* et provenant également de Campbellton, que nous allons considérer plus bas sous le nom de *Phlyctaenaspis atholi* n.sp.

Nous décrivons dans le tableau I les spécimens de la présente collection provenant également de Campbellton et que nous attribuons à *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves).

TABLEAU I

Liste des spécimens de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves)

Nos. des spécimens	Description
NMC-10716	plaques spinale (SP) et cleithrale antéroventrale (AVL) (pl. XXX, fig. 1)
LTC-29F	plaques nuchale et paranuchale (NU et PAN) (pl. XXX, fig. 2 et Fig. 21, J, K, L).
NMC-10967	plaque postéro-ventro-latérale (PVL) (pl. XXX, fig. 4)
LTC-29B	plaque PVL (pl. XXX, fig. 5)
LTC-29E	plaque AVL (pl. XXX, fig. 6)
NMC-10696	plaque cleithrale dorsale (AL) (pl. XXX, fig. 7)
LTC-29D	plaque supra-cleithrale (PDL) (pl. XXX, fig. 10 ; Fig. 21 M, à comparer avec la plaque PDL typique Fig. 21, N)

Note : NMC : National Museum of Canada (ou Musée National du Canada).

Note : LTC : Laboratoire Teilhard de Chardin, Université du Québec, à Montréal.

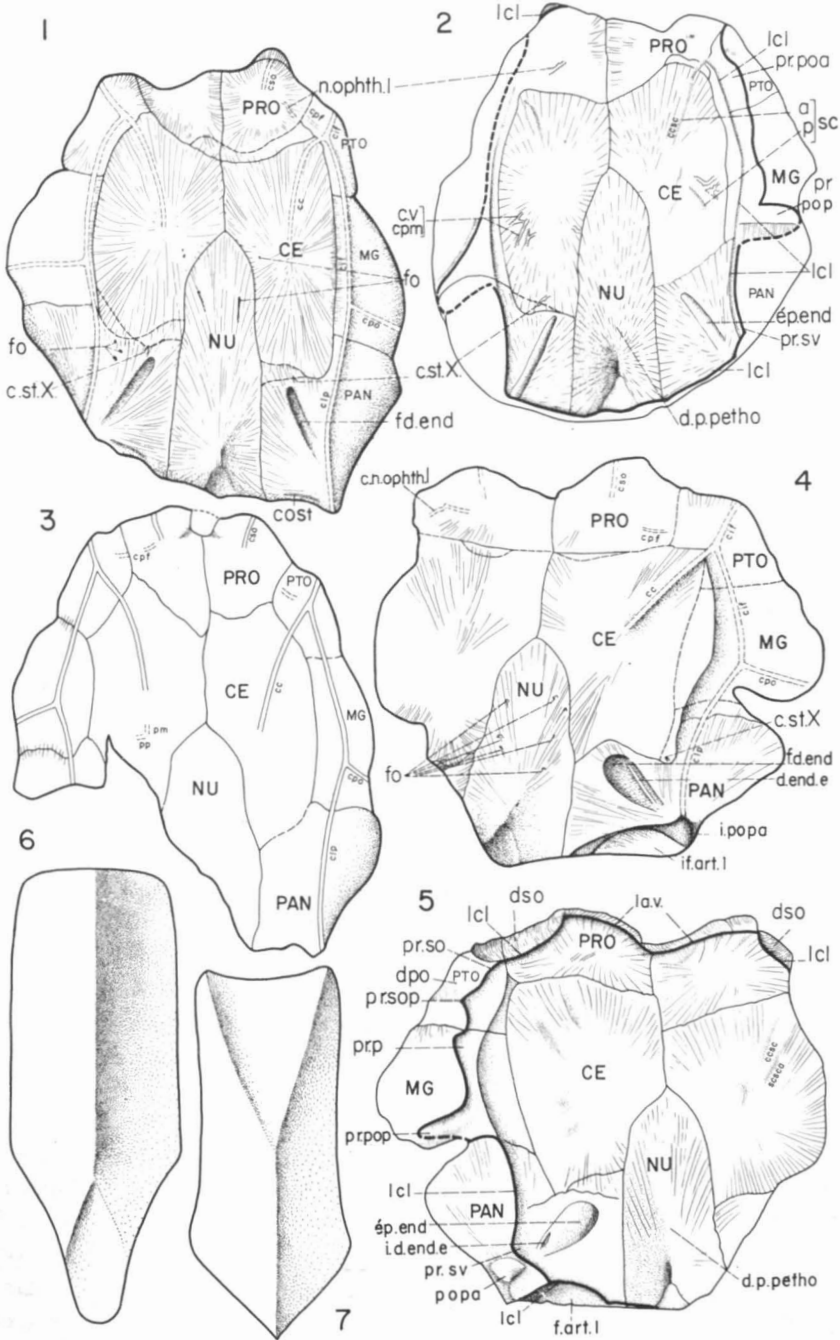
FIG. 20. — *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. (1) dessin basé sur la photographie de pl. XXVI, fig. 2, toit crânien en vue dorsale ; face interne de l'exosquelette. (2) dessin basé sur la photographie de pl. XXVIII, fig. 4 (moulage), toit crânien exosquelettique en vue ventrale. (3) dessin basé sur la photographie de pl. XXVII, fig. 1 (moulage) ; toit crânien montrant la face dorsale de l'exosquelette avec les limites des plaques ainsi que les lignes sensorielles au niveau de la surface de l'ornementation superficielle.

Gaspeaspis cassivii n. gen., n. sp. (4) dessin basé sur la photographie de pl. XXVI, fig. 1, toit crânien en vue dorsale et face interne de l'exosquelette. (5) dessin basé sur la photo de pl. XXVIII, fig. 2 (moulage) ; toit crânien montrant la face dorsale de l'exosquelette avec les limites des plaques et leurs sutures ainsi que les lignes sensorielles. (6) *Phlyctanaspis atholi* n. sp. Plaque médio-dorsale (MD) ; d'après Whiteaves (1889, pl. IV, fig. 2). (7) *Phlyctanaspis acadia* (Whiteaves) Plaque Médio-dorsale (MD) ; d'après Meintz (1933, fig. 3, p. 134). (Note : fig. 5, lire *pr. poa* au lieu de *pr. p.*)

Abréviations : *a. ant* ?, et *a. post* ?, crêtes circulaires formées par les ampoules ? ou la forme même des canaux semi-circulaires antérieur et postérieur ; *ccsc*, crête formée par le sillon sensoriel central ; *cpm* et *c.v.*, canaux de nerfs (ou de vaisseaux sanguins) pour les "pit line" moyenne et postérieure ; *c. st. X*, canal du nerf supra-temporal du Vague ; *cost*, commissure occipitale supra-temporale ; *p. cost*, pli, en creux, dans l'os dermique suggérant la commissure ; *d. end. e.*, (*i.d.end.e*), division exosquelettique du canal du ductus endolymphatique (et, selon le cas, impression du canal) ; *d.p.petho*, dépression formée par la partie médiane principale de l'os postethmo-occipital, comprenant les processus supra-orbital et post-vagal ; *dpo.* et *dso*, divisions post — et supra-oculaires de la région supra-orbitale en face inférieure du toit crânien exosquelettique ; *ép.end*, épaissement de l'exosquelette où se loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus ; cet épaissement remplit la fosse ou dépression sub-paranuchale (*f.d.end.*) en vue ventrale ; *f.d.end*, dépression ou fosse sub-paranuchale (en vue dorsale) ; *fo*, *foramina* ou orifices de canaux de nerfs ou de diverticules nerveux qui prennent leur racine sur la face dorsale du cerveau et percent le toit crânien (l'os postethmo-occipital) médialement, particulièrement vers les bords latéraux de la plaque nuchale et la partie antérieure des plaques paranuchales ou la partie postérieure des plaques pariétales (CE) ; *f.art.1.* (*i.f.art.1.*), fosse articulaire latérale ou, selon le cas, impression de la dite fosse, où s'emboîte le processus glénoïde (ou condyle) de la plaque post-temporale (ADL) ; *la.v*, lamelle ventrale de la plaque préorbitale (PRO) attachée au bord antérieur du mur dorsal de l'os postethmo-occipital ; *lc.l*, lamelle descendante latéro-caudale du toit crânien exosquelettique ; *n.oophth. l*, nerf ophthalmique latéral ; *po.pa* (*i.po.pa*), processus occipital para-articulaire exosquelettique ou, selon le cas, impression du même processus ; *pr.so*, processus supra-orbitaire ; *pr.sop*, petit processus supra-orbitaire postérieur (inexistant, du moins pas décrit chez *Kujdanowiaspis*) ; *pr.poa.* et *pr.pop*, processus postorbitaires antérieur et postérieur (le processus postorbitaire postérieur ne semble pas comporter une bifurcation comme chez *Kujdanowiaspis*) ; *pr.sv*, processus supra-vagal (Stensiö 1963, fig. 43A) ; *scsca* et *scscp*, sillons formés par la crête au-dessus des canaux semi-circulaires antérieur et postérieur.

Note : Pour les autres sigles, consulter la légende accompagnant les commentaires de la figure 19.

Fig.20



GISEMENT

Tous ces spécimens (tableau I) proviennent de l'affleurement des Grès de Gaspé à Campbellton, N.-B., Canada, Dévonien inférieur (possiblement Dévonien moyen ancien). Mais comme les spécimens de *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves décrits plus bas, ils proviennent d'un schiste noir, très dur, uniforme, à cassure conchoïdale, ne contenant aucun reste d'Invertébrés. Ce schiste se trouve à l'extrémité occidentale de l'affleurement, tout près de l'usine à papier d'Atholville.

DESCRIPTION

La première remarque qui s'impose à la vue de ces spécimens est qu'ils appartiennent à des animaux de petite taille, beaucoup plus petite que la moyenne des spécimens dans les collections du British Museum (Natural History) et du Royal Scottish Museum d'Edimbourg. Cette remarque est particulièrement vraie pour le spécimen LTC-29F qui représente la partie postérieure d'un toit crânien comportant la plaque nuchale (NU) et les deux plaques paranuchales in situ (PAN) (pl. XXX, fig. 2 et Fig. 21,J). La plaque nuchale (NU) de ce spécimen a son centre d'ossification situé loin en arrière, comme c'est le cas chez *Phlyctaenaspis acadica*. Il est vrai que sa partie antérieure médiane présente deux éperons latéraux qui se projettent vers l'avant et, en conséquence, une échancrure médiane qui s'enfonce vers l'arrière, mais cela est certainement dû à la cassure. Les plaques paranuchales (PAN) (surtout celle de gauche qui semble bien être complète, tout au moins antérieurement) ne présentent aucun caractère qui puisse distinguer ce spécimen de *Phlyctaenaspis acadica*. On peut même distinguer sur la paranuchale droite un processus occipital para-articulaire (*popa*) exosquelettique, similaire par sa structure, sa forme et sa position latérale extrême à celui qu'a dégagé Miles sur le spécimen de toit crânien RSM-1898-180-24. Toutefois, en dégagant la partie postéro-latérale de la plaque paranuchale droite, nous avons constaté que la fosse articulaire latérale est longue transversalement, mais étroite en hauteur, formant une sorte de gouttière, une situation assez différente de celle qu'on trouve sur *Gaspeaspis cassivii* n.gen., n.sp., et qui est décrit plus bas (Fig. 20, 4 et 5). D'un autre côté, l'ornementation superficielle à tubercules assez gros et disposés en rangées concentriques est caractéristique de *Phlyctaenaspis acadica*.

Les spécimens représentant les plaques cleithrale antéro-ventrale (AVL) (spécimen LTC-29E, pl. XXX, fig. 6), cleithrale dorsale (AL) (spécimen NMC-10696, pl. XXX, fig. 7) et supra-cleithrale (PDL) (spécimen LTC-29D, pl. XXX, fig. 10 et Fig. 21,M), comportent également la même ornementation superficielle. Par contre, les deux plaques postéro-ventro-latérales (PVL) (spécimens NMC-10967 et LTC-29B, pl. XXX, figs. 4 et 5 respecti-

vement) présentent une ornementation un peu moins caractéristique en ce que les tubercules sont moins gros. Mais c'est un phénomène observé sur toutes plaques ventrales de boucliers thoraciques chez *Phlyctaenaspis acadica* et chez d'autres genres, par exemple chez *Gaspeaspis cassivii*, comme on peut le voir sur le spécimen NMC-10883 (pl. XXXII, fig. 1A et 1B, 2,3A et 3B). De plus, la forme de toutes ces plaques, en particulier de la cleithrale dorsale (AL) (spécimen NMC-10696, pl. XXX, fig. 7) et de la cleithrale antéro-ventrale (AVL) spécimen LTC-29E, pl. XXX, fig. 6) est conforme aux plaques correspondantes typiques de *Phlyctaenaspis acadica*. Sur ce point, une seule plaque fait exception et c'est la plaque supra-cleithrale (PDL) (spécimen LTC-29D, pl. XXX, fig. 10). En effet, l'ornementation superficielle est typique de *Phlyctaenaspis acadica*, mais la forme ne l'est pas. Si on compare la plaque supra-cleithrale (PDL) de ce spécimen avec la plaque correspondante typique de *Phlyctaenaspis acadica* (Fig. 21, M et N) telle que décrite par Heintz (1933, fig. 3) et Denison (1958, fig. 109A), on constate que la plaque du présent spécimen est plus longue que haute alors que celle de *Phlyctaenaspis acadica* est quadrangulaire. On peut également observer que la plage de recouvrement par la plaque cleithrale dorsale (AL) est beaucoup mieux définie et nettement distincte de la plage de recouvrement limitrophe de la plaque anocleithrum (PL = postéro-latérale). Pourtant, comme ce spécimen a été trouvé dans le même gisement limité et dans un horizon d'une épaisseur de un mètre au plus et qu'aucun des autres spécimens ne présentent de caractères qui permettent de les distinguer de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves), cette plaque, d'une forme un peu particulière, a également été attribuée à ce genre, du moins provisoirement.

Phlyctaenaspis atholi n. sp.

Genus *Phlyctaenaspis* Traquair (1890)

Spécimens :

RSM-1897-51-113 (pl. XXVIII, fig. 5 et Fig. 19,4). Face dorsale d'un toit crânien avec ornementation superficielle de l'exosquelette, associé avec deux boucliers céphaliques de *Cephalaspis*, l'un de *C. jexi* Traquair, l'autre de *C. campbelltonensis*, et des Invertébrés (Ostracodes et Brachiopodes).

RSM-1897-51-123 (pl. XXV, Fig. 19,5). Face dorsale d'un toit crânien, avec ornementation superficielle exosquelettique, associé avec des Invertébrés comme le spécimen précédent.

Gisement : D'après les étiquettes : « Lower Devonian, Campbellton, N.B., Canada ». C'est le gisement classique à environ 3 ou 4 kilomètres à l'ouest de la station ferroviaire de Campbellton, sur la rive sud de la Rivière Restigouche. Grès de Gaspé. Probablement de la formation Battery Point, Dévonien moyen ancien.

Nom de l'espèce : Le nouveau nom spécifique *atholi* est inspiré du nom de la petite ville, à 6 ou 7 kilomètres à l'ouest de Campbellton, Atholville, du nom d'un ancien Lieutenant-gouverneur du Nouveau-Brunswick, Lord Athol.

DESCRIPTION

D'une part, les deux spécimens que nous allons décrire se ressemblent beaucoup. D'autre part, ils diffèrent beaucoup des spécimens décrits plus haut comme typiques de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). En effet, ces deux spécimens possèdent en commun trois caractères principaux qui les opposent aux spécimens typiques de *Phlyctaenaspis acadica*.

En premier lieu, sur l'un et l'autre spécimen, les plaques rostrale et pinéale sont absentes. Deuxièmement, les deux spécimens ont chacun une plaque médiane impaire entre les plaques pariétales (CE) et préorbitales (PRO) qu'on appelle pour cette raison plaque médiane pariéto-préorbitale (CE-PRO).

Fig. 21 — *Kolpaspis beaudryi* n. gen., n. sp.; x 1. (A) NMC 11209. Plaque PVL. (B) NMC-11214. Plaque AVL (cf. pl. XXXVI, fig. 9). (C) Reconstitution d'une partie du bouclier céphalique, comprenant les plaques MD (NMC-11300), ADL (11210-NMC, cf. pl. XXXVI, fig. 10B), AL (NMC-11205, cf. pl. XXXVI, fig. 8), PDL (NMC-11206). (D') mêmes plaques sauf pour AL (NMC-11187, cf. pl. XXX, fig. 9). (D'') coupe transversale dans la plaque MD (NMC-11300). (E) Plaque PAN (NMC-11208, cf. pl. XXXVI, fig. 10A). (E) Plaque PVL (NMC-10778, cf. pl. XXXVII, fig. 13).

Laurentaspis splendida n. gen., n. sp.; x 1.3. (F, G) Plaque MD (NMC-10954, pl. XXIX, fig. 3A, 3B); (F) vue latérale; (G) vue dorsale. (H') Plaque CE (NMG-10944, pl. XXIX, fig. 2A, 2B). (H'') Plaque PVL (NMC-10967, pl. XXIX, fig. 4).

Cartieraspis nigra n. gen., n. sp.; x 1.3. (I) Reconstitution d'une partie du bouclier céphalique, comprenant les plaques MD (NMC-11221 et 11223), ADL (NMC-10773 et 11216, pl. XXXVI, fig. 1 et 2, 6 et 7) et AL (NMC-11147, pl. XXXVII, fig. 6). (K, L) Plaque MD; K en vue latérale; L en vue dorsale.

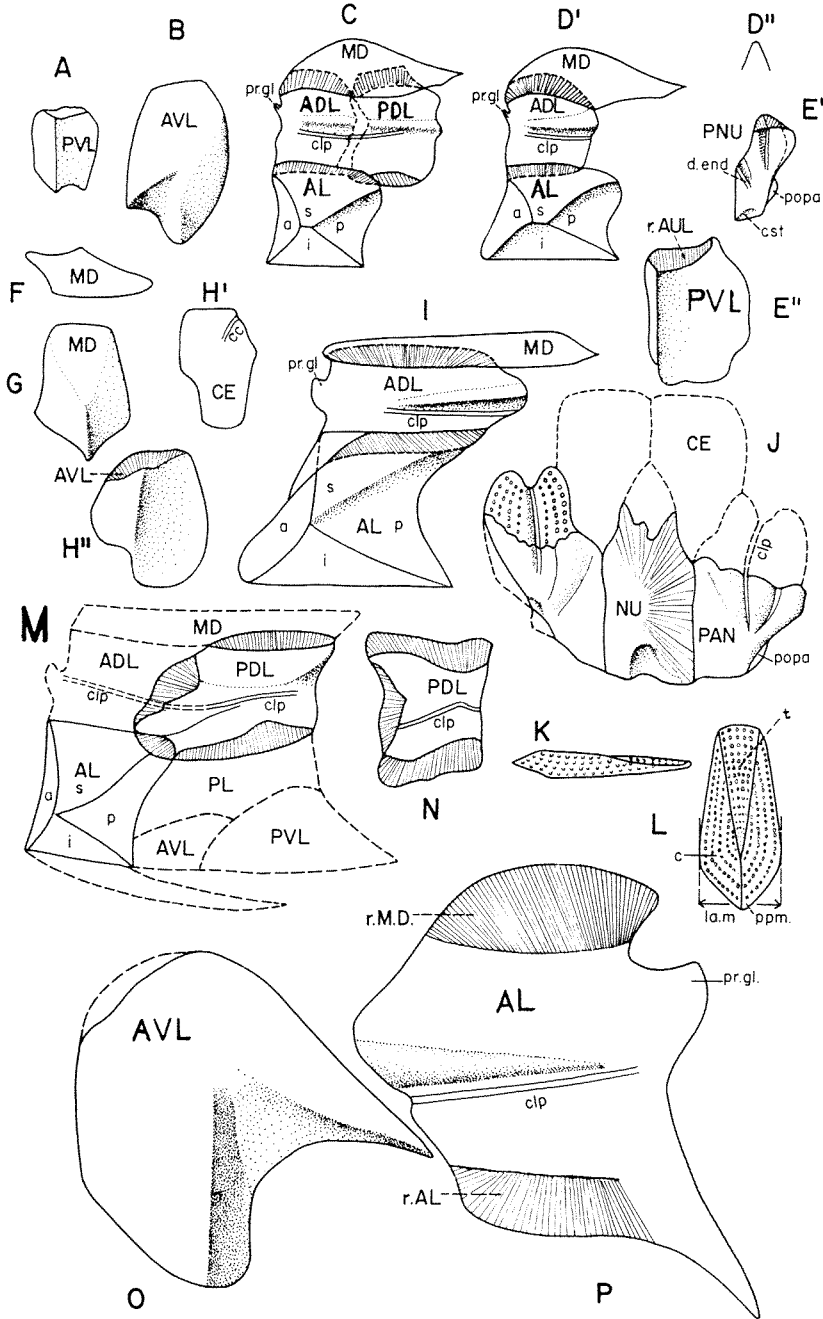
Phlyctaenaspis acadica (Whiteaves). x 1.3. (M) Reconstitution d'une partie du bouclier céphalique, comprenant les plaques PDL (LTC-29D, pl. XXX fig. 10) et AL (NMC-10696, pl. XXX, fig. 7). (J) Plaques PAN et NU de toit crânien (LTC-29F, pl. XXX fig. 2). (N) Plaque PDL d'après Heintz (1933, fig. 3) et Denison (1958, fig. 109A).

(P) *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Plaque ADL (NMC-10985, pl. XXXIII, fig. 5). x 1.

(O) *Gartieraspis nigra* n. gen., n. sp. Plaque AVL (NMC-11169, pl. XXXVII, fig. 1). x 3. *Abréviations*: ADL, plaque post-temporale; AL, plaque cleithrale dorsale; AVL, plaque cleithrale antéro-ventrale; MD, plaque médio-dorsale; PDL, plaque supra-cleithrale; PVL, plaque postéro-ventro-latérale.

a, i, p, s, triangles antérieur, inférieur, postérieur et supérieur des plaques cleithrales dorsales (AL); *c*, crête dorsale de la plaque médio-dorsale (MD); *cc*, sillon sensoriel central; *c.d.end.e*, division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus; *clp*, ligne sensorielle latérale principale; *la.m*, largeur maximale; *po.pa*, processus occipital para-articulaire; *ppm*, projection postérieur médiane de la plaque médio-dorsale (MD); *pr.gl*, processus glénoïde (ou condyle); *r.AL*, *r.AVL*, *r.MD*, zone de recouvrement par les plaques cleithrale dorsale (AL), cleithrale antéro-ventrale (AVL) et médio-dorsale (MD); *sclp*, sillon ou empreinte de la ligne sensorielle latérale principale.

fig. 21



Troisièmement, l'exosquelette est pourvu d'une ornementation superficielle tuberculée différente jusqu'à un certain point, de celle typique de *Phlyctaenaspis acadica*. On peut enfin noter un autre caractère, car chez l'un et l'autre spécimen, le contour général est à peu près identique en sorte qu'on a ici un toit crânien qui est légèrement plus large que long, alors que dans les spécimens typiques de *Phlyctaenaspis acadica* (v. g. RSM-1897-51-129, pl. XXV, fig. 1, et Fig. 19,5), la forme est plus longue que large, toutes proportions gardées et en ne tenant pas compte des plaques rostrale et pinéale. Nous ne croyons pas que ces différences de proportions soient dues principalement à l'écrasement. Certes, il y a écrasement, les cassures dans l'exosquelette en témoignent, — mais il n'y a pas de raison de supposer que les déformations aient été plus importantes pour ces spécimens que pour ceux qui ont des plaques rostrale et pinéale *in situ*, alors qu'on constate des cassures aussi importantes sur ces spécimens (pl. XXV, fig. 1). Reprenons donc les caractères un à un.

1—*Absence de plaque rostrale et pinéale*. Disons tout d'abord que l'absence pure et simple des plaques rostrale et pinéale ne peut autoriser à créer une autre espèce. Mais l'anatomie et la statistique peuvent donner une valeur significative à un caractère même négatif, surtout s'il se conjugue avec d'autres caractères distinctifs. Or, c'est le cas ici. Considérons d'abord le témoignage de l'anatomie.

La présence des plaques rostrale et pinéale *in situ* suggère que les capsules nasales étaient co-ossifiées avec l'os postethmo-occipital pour former un os unique : l'os rhino-postethmo-occipital. Dans ce cas, en effet, d'après Stensiö (1963), on a le type A de Dolichothoraci, c'est-à-dire que le mur internasal est périchondralement ossifié et forme la partie rostrale médiane de l'os rhino-postethmo-occipital, reliant les capsules nasales entre elles des deux côtés. Postérieurement, les capsules nasales sont directement continues du haut en bas avec les parties postnasales avoisinantes de l'os rhino-postethmo-occipital. Dans le type A donc, il n'y a pas de capsule rostrale exosquelettique distincte, elle est soudée avec le postethmo-occipital. En conséquence, la probabilité est grande de trouver les fossiles de ce type avec les plaques rostrale et pinéale *in situ*.

Par contre, dans le type B comme chez *Kujdanowiaspis* (Stensiö, 1963), les capsules nasales, plus exactement les os rhino-capsulaires des deux côtés, ne sont pas reliés médialement par un mur internasal et sont en conséquence séparés de l'os postethmo-occipital. Cet os ne possède donc pas un mur antérieur propre, de sorte que la cavité crânienne est ici ouverte antérieurement sur les fossiles (Stensiö, 1963). Dans ce type B donc, les os rhino-capsulaires sont indépendants, distincts, séparés de l'os postethmo-occipital. En conséquence, la probabilité est grande de trouver le plus grand nombre de fossiles de ce type sans les plaques rostrale et pinéale *in situ*. C'est le cas du matériel de Podolie

avec *Kujdanowiaspis*. A quelques exceptions près, les spécimens trouvés ne possédaient pas les plaques rostrale et pinéale *in situ*. (Stensiö, 1945).

Le témoignage de la statistique. Si on possède une population représentant un genre à capsule nasale co-ossifiée avec l'os postethmo-occipital, la probabilité donnera une répartition statistique où le grand nombre de spécimens posséderont les plaques rostrale et pinéale *in situ* et le petit nombre seulement sans ces mêmes plaques. Ainsi Goujet (Institut de Paléontologie) travaille sur un genre du Spitzberg (matériel recueilli par J.-P. Lehman en 1965) qui compte une soixantaine de spécimens dont les plaques pinéale et rostrale sont toujours *in situ*. Or, cette situation coïncide avec la coossification de l'os rhino-capsulaire et de l'os postethmo-occipital pour former un seul os : le rhino-postethmo-occipital. Par contre, à l'inverse, si on possède une population représentant un genre à capsule nasale distincte, indépendante de l'os postethmo-occipital, la probabilité fera que le plus grand nombre de spécimens n'auront pas *in situ* les plaques rostrale et pinéale, tandis qu'un petit nombre seulement les posséderont. C'est le cas de *Kujdanowiaspis*.

Qu'en est-il au juste de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves)? Stensiö (1963) pense que *Phlyctaenaspis* et *Actinolepis* sont du type A, c'est-à-dire du type à capsule nasale co-ossifiée avec le postethmo-occipital.

Pour *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) de Campbellton, il semble bien, — tout au moins d'après les collections qui sont les plus importantes, celles du *British Museum (Natural History)* et du *Royal Scottish Museum* d'Edimbourg, qu'on a un nombre à peu près égal de spécimens avec ou sans plaques rostrale et pinéale *in situ*. Voici quelques-uns de ces spécimens :

Avec plaques	Sans plaques
RSM-1897-51-129 (pl. XXV, fig. 1)	RSM-1897-51-113 (pl. XXV, fig. 2)
RSM-1897-51-118a	RSM-1897-51-123 (pl. XXVIII, fig. 5)
RSM-1898-180-24	RSM-1897-51-118b
BM(NH)-P6555 (Heintz, 1933)	P-59572
celui figuré par Woodward (1881)	
celui figuré par Whiteaves (1888)	

Statistiquement, on ne peut donc rien conclure. Mais quand un caractère aussi fondamental, qui à lui seul pourrait autoriser la création d'un nouveau genre, se conjugue avec d'autres caractères distinctifs, il prend une signification particulière.

2—*Plaque médiane impaire pariéto-préorbitale* : le deuxième caractère, et peut-être le plus significatif en tant que caractère positif, est la présence d'une plaque médiane impaire entre les plaques pariétales (CE) et les plaques préor-

bitales (PRO) que l'on appelle la plaque médiane impaire pariéto-préorbitale (CE-PRO) (Devillers 1947-48). Denison (1958) a noté que la forme des plaques préorbitales est sujette à variabilité, indiquant une certaine plasticité dans la partie antérieure du toit crânien. Cette variabilité s'étend jusqu'à un certain point aux plaques pariétales (CE), tout au moins à leur partie antérieure, car ces plaques sont avec les préorbitales, interdépendantes dans leur croissance, de sorte que si une plaque croît plus vite que l'autre, elle tend à couvrir plus d'espace et n'est limitée dans sa croissance que par la croissance des autres plaques limitrophes. Cependant, Denison ne note pas la présence d'une plaque médio-centrale (pariétale) impaire dans cette région. Stensiö (1945), à propos de *Kujdanowiaspis zychi*, et *K. podolica* (Brotzen), (Fig. 18, 2 et 3), parle bien de plaque centrale médiane (*cm*), mais il s'agit alors d'un élément osseux plus ou moins soudé, — tout au plus embryologiquement indépendant, — antérieurement à la plaque nuchale. Pourtant, cette plaque, en supposant qu'elle soit indépendante, ne touche pas les plaques préorbitales en avant.

White (1961), par contre, signale la présence d'une plaque médiane impaire entre les plaques pariétale et préorbitale sur quelques uns des spécimens qu'il a attribués à *Kujdanowiaspis anglica* (Traquair). Sur six spécimens qu'il a figurés, trois possèdent une telle plaque médiane (fig. 9,10, 13 et la figure 10 est reproduite ici à la figure 18,5) et trois qui ne l'ont pas (fig. 11,12, 14 et la figure 11 est reproduite ici à figure 18,4). Sans se référer directement à cette différence de caractères, White semble tout de même conscient que ces spécimens présentent des différences importantes : "*Three specimens only may be certainly attributed to this species*" et encore s'agit-il d'un seul toit crânien, les deux autres spécimens étant la partie antérieure ventrale d'un bouclier thoracique et une plaque antéroventro-latérale. Quant aux autres toits crâniens figurés, il semble que c'est à ces spécimens que White fait allusion quand il dit : "*All these specimens may be considered typical of this as yet indifferently described species, which is widely spread, although generally rare, in corresponding strata in Herefordshire*".

A notre connaissance, une plaque médiane, intercalée entre les plaques pariétales et préorbitales, a été observée aussi par Gross (1962), sur *Aggeraspis heintzi* (Gross). Sur cinq spécimens de toits crâniens qu'il figure, un seul possède une telle plaque. Reste à savoir si tous ces spécimens appartiennent à la même espèce, vu que le spécimen de la figure 8,D possède les plaques rostrale et pinéale *in situ*, alors qu'elles sont absentes sur les quatre autres spécimens. On ne sait pas non plus si l'ornementation superficielle de l'exosquelette est conservée sur ces spécimens ce qui aurait pu ajouter un critère de différenciation ou de ressemblance. Par contre Goujet (à l'Institut de Paléontologie) n'a observé aucune plaque de ce genre sur 60 spécimens de toits crâniens, appartenant à la même espèce. Une telle constante laisse à penser qu'il n'y a pas de variation dans cette région au niveau spécifique et probablement même au niveau générique.

Évidemment, il n'est pas impossible que chez d'autres genres et même espèce, on constate une variation en ce qui concerne ce caractère. Mais cela reste à démontrer avec une population, non avec 4 ou 5 spécimens seulement.

En tout cas, sur les deux spécimens du *Royal Scottish Museum* que nous attribuons à *Phlyctaenaspis atholi*, n.sp., la plaque médiane impaire, que nous appelons plaque pariéto-préorbitaire. (CE-PRO), est nettement définie. Sur le spécimen 1897-51-113 (pl. XXV, fig. 2 et Fig. 19,4), la plaque est même limitée par une double ligne légèrement renflée, sur tout son pourtour. Sur le spécimen 1897-51-123 (pl. XXVIII, fig. 5 et Fig. 19,1), on observe cette double ligne sur une toute petite distance seulement, tandis que le reste du pourtour est marqué par une seule ligne renflée, encore qu'elle soit très nette.

3 — *Exosquelette*. Le troisième caractère concerne l'ornementation superficielle de l'exosquelette qui ne présente pas sur les deux spécimens attribués ici à *Phlyctaenaspis atholi* n.sp., les rangées concentriques régulières si caractéristiques d'un spécimen comme BM(NH) P 6555 (Heintz, 1933) que l'on considère comme typique de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). Un autre caractère distinctif est le fait que sur les deux spécimens, en particulier sur RSM-1897-51-113 (pl. XXV, fig. 2) et jusqu'à un certain point sur le spécimen RSM-1897-51-123 (pl. XXVIII, fig. 5), les tubercules sont plus gros que sur les spécimens décrits plus haut comme typiques de *Phlyctaenaspis acadica* et leur sommet est plus arrondi, moins anguleux.

A — *Bouclier thoracique*. Signalons, enfin, qu'on a observé également des différences d'ornementation superficielle sur certaines plaques isolées de bouclier thoracique dans les collections du *British Museum* et du *Royal Scottish Museum*. Par exemple, des plaques post-temporales (ADL) avec des rangées concentriques de tubercules, d'autres avec des tubercules plus gros et dont la distribution est beaucoup moins régulière. On a constaté le même phénomène sur les plaques médio-dorsales (MD). Même plus, on a noté que les plaques médio-dorsales où les tubercules sont disposés en rangées concentriques régulières typiques de *Phlyctaenaspis acadica*, prennent une forme triangulaire, postérieurement, pour se terminer en une pointe aigüe à l'extrémité. C'est le cas sur le spécimen BM(NH) P 6555 (Heintz, 1933) et sur la figure qu'en donne Heintz et que nous reproduisons (Fig. 20,7). De plus, au centre géométrique de cette plaque on observe une dépression triangulaire qui s'avance antérieurement en s'évasant jusqu'aux bords latéraux à l'extrémité antérieure. Par contre, sur le spécimen RSM-1897-51-132, la plaque médio-dorsale de 7 cm de long porte de gros tubercules serrés, sans disposition régulière. De plus, postérieurement, la plaque, au lieu de prendre une forme nettement triangulaire comme sur le type précédent, se resserre médialement pour former une sorte d'épéron massif ou de projection aux contours arrondis (Fig. 20,6). Enfin, on ne constate pas la grande dépression triangulaire qui s'avance antérieurement à partir du

centre géométrique comme c'était le cas sur la plaque décrite précédemment (Fig. 20,7), mais seulement une toute petite dépression, triangulaire également, mais limitée à la seule partie en projection. Une plaque de ce second type est figurée par Whiteaves (1888).

Plaques dermiques. Terminons en disant un mot de la forme des plaques dermiques de la face dorsale du toit crânien. Les dessins (Fig. 19, 1 et 2) que nous avons faits à partir de photographies deux fois et demie plus grandes que les spécimens, montrent qu'il n'a pas toujours été possible de déterminer avec certitude les limites de toutes les plaques. Mais en général, la forme des plaques est assez semblables à celles des plaques du spécimen de la figure 19,5 que l'on considère comme typique de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves), sauf que sur ce dernier spécimen, la plaque nuchale n'est pas aussi robuste que sur celle des deux spécimens de *P. atholi*.

En conclusion, pour les raisons invoquées ci-dessus, on a distingué une nouvelle espèce à partir du stock de spécimens de *Phlyctaenaspis acadica*. Plusieurs spécimens de toits crâniens mériteraient une préparation soignée et si leur étude confirmait notre hypothèse selon laquelle il y a dans ce stock de spécimens de *Phlyctaenaspis acadica* des représentants du type A avec capsule nasale co-ossifiée avec l'os postethmo-occipital et des représentants du type B avec capsule nasale indépendante de l'os postethmo-occipital et formant un os pair distinct, le rhino-capsulaire, c'est un nouveau genre qu'il faudrait établir et non plus seulement une espèce de *Phlyctaenaspis* comme nous le faisons ici avec *P. atholi* n. sp.

Il est vrai qu'on peut observer différents stades d'ossification des capsules nasales, par exemple chez les paléonisciformes, correspondant à différents stades de croissance. Mais ici, les spécimens de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) et *P. atholi* n. sp. que l'on a comparés, sont manifestement tous des formes adultes.

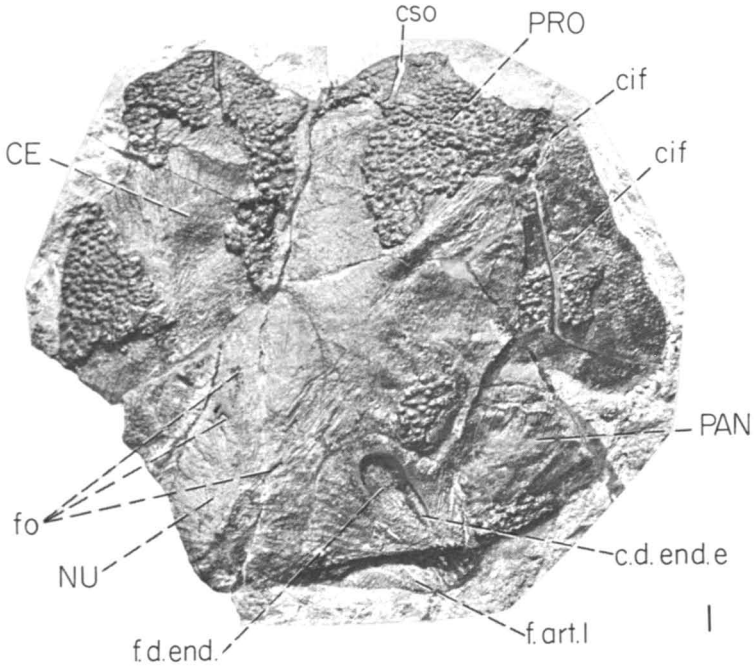
PLANCHE XXVI, fig. 1 — *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-10746.

Toit crânien en vue dorsale. La face dorsale de l'os postethmo-occipital est presque complètement dégagée, car la plus grande partie de l'os dermique est restée dans l'empreinte (pl. XXVIII, fig. 1) X 1.

Fig. 2 — *Quebecapis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-11135. Toit crânien en vue dorsale. L'os postethmo-occipital est ici complètement dégagé. Des parties du toit crânien exosquelettique sont conservées latéralement, par exemple les plaques postorbitale (PTO), marginale (MG) et paranuchale (PAN) × 1.4.

Abréviations : CE, plaque pariétale ; NU, plaque nuchale ; PAN, plaque paranuchale ; PRO, plaque préorbitale. *c.d.end.e*, canal de la division exosquelettique du ductus endolymphaticus ; *cif*, ligne sensorielle infra-orbitaire ; *cso*, ligne sensorielle supra-orbitaire ; *f.art. 1*, fosse articulaire latérale ; *f.d.end*, fosse ou dépression sub-paranuchale (en vue dorsale) (en vue ventrale, *ép.end*, épaissement de l'exosquelette) où se loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus.

Pl.XXVI



1



2

DISCUSSION

Pour distinguer la nouvelle espèce *Phlyctaenaspis atholi* du stock de spécimens attribués à *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves), on se base sur une différence dans l'ornementation superficielle de l'exosquelette qui semble bien être constante au niveau de l'espèce, et sur la présence d'une plaque médiane impaire pariéto-préorbitale (CE-PRO) chez *P. atholi* et son absence chez *P. acadica*. L'importance phylogénétique d'une telle plaque est fonction du problème de la variation et reliée à l'interprétation des genres les plus primitifs d'Arthrodires connus comme *Radotina kosorensis* Gross (Gross, 1959), *Kosoraspis peckai* Gross et *Gemündina sturtzi* Traquair qui présentent un ensemble de plaques en mosaïque sur leur toit crânien. Cette disposition particulière a donné lieu à différentes explications théoriques. Stensiö (1944) et Jarvik (1959) admettent que *Radotina* représente un état régressif par rapport à un état primitif fait de grandes plaques qui se seraient fragmentées au cours de l'évolution du groupe. Pourtant, géologiquement, *Radotina* est un des plus vieux Arthrodires connus (du Siluro-Downtonien). Westoll (1949) par contre, prend la position contraire ; avec *Radotina* on est, selon lui, en présence d'un état primitif à partir duquel les petites plaques en mosaïque se sont soudées en grandes plaques stables au cours de l'évolution. Gross (1962) a repris le problème en traitant de l'homologisation des os des Arthrodires et des Téléostomes pour arriver à une théorie en quelque sorte intermédiaire. Les grandes plaques appartiendraient à une génération de formations osseuses différentes de celles des petites plaques du stade en mosaïque.

L'expression de "plaque impaire médiane pariéto-préorbitale" (CE-PRO) employée ici, ne veut pas d'abord favoriser une théorie plutôt qu'une autre. C'est une expression purement descriptive, situant la plaque par rapport aux plaques contiguës qui l'entourent. Il reste cependant que les spécimens étudiés,

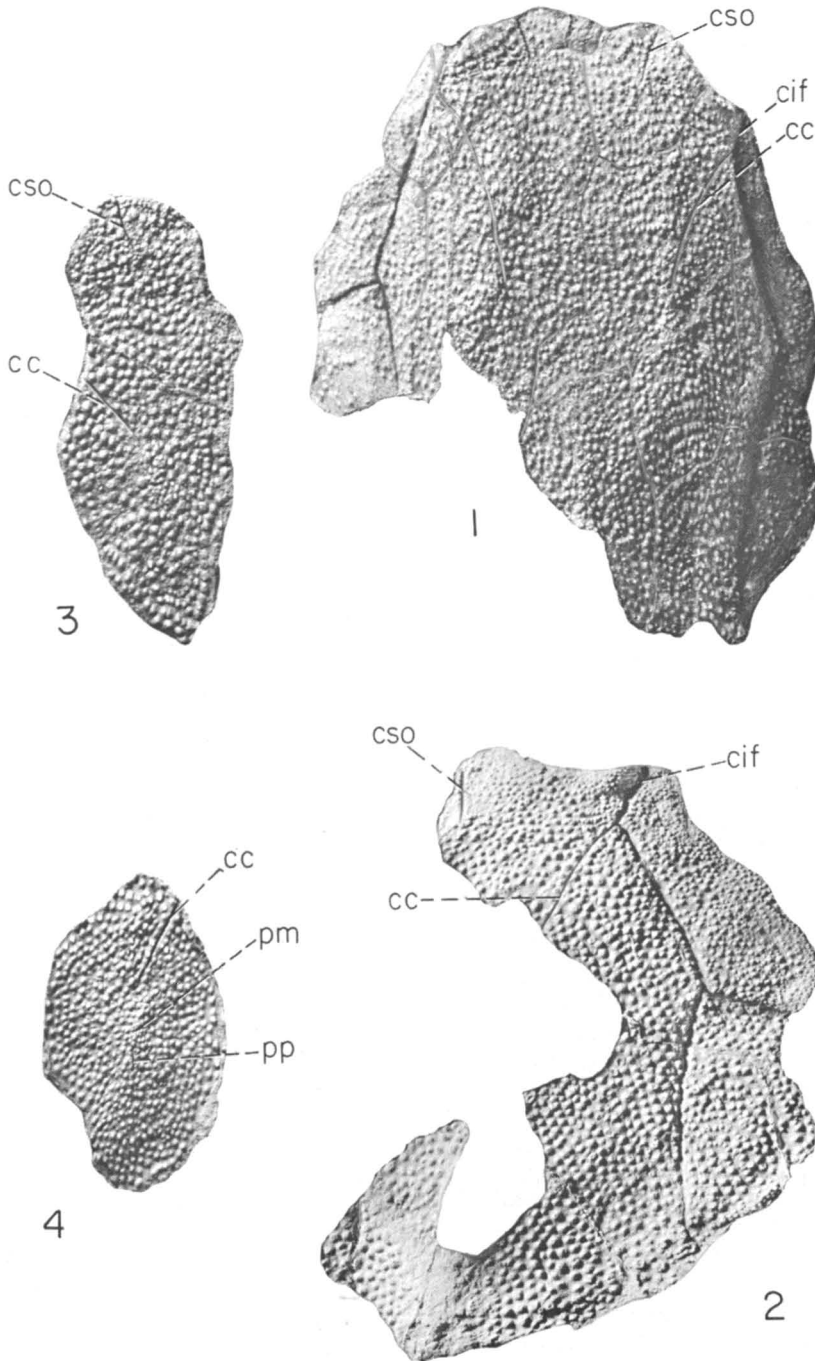
PLANCHE XXVII, *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp., fig. 1 — Spécimen-type NMC-11135. Moulage de l'empreinte montrant la face dorsale du toit crânien avec l'ornementation superficielle de l'exosquelette. Les limites des plaques et le parcours des lignes sensorielles sont bien définis. Fig. 3 — Spécimen NMC-10758. Moulage des plaques pariétale (CE) et préorbitale (PRO) gauches ; vue dorsale de l'exosquelette. Gisement comme à pl. XXVI, fig. 2.

Gaspeaspis cassivii n. gen., n. sp. Fig. 2 — Spécimen-type NMC-10746. Moulage de l'empreinte montrant la face dorsale du toit crânien avec l'ornementation superficielle de l'exosquelette. Le parcours des lignes sensorielles est net. Fig. 4 — Spécimen NMC-11141. Moulage d'une plaque pariétale (CE) droite ; vue dorsale montrant l'ornementation de l'exosquelette.

Les 4 spécimens de cette planche : $\times 1.4$.

Abréviation : *cc*, sillon sensoriel central ; *cif*, ligne sensorielle infra-orbitaire ; *cso*, ligne supra-orbitaire ; *pm*, "pit line" moyenne ; *pp*, "pit line" postérieure.

Pl.XXVII



ici, et comportant cette plaque médiane impaire pariéto-préorbitale, sont d'un âge plus récent que *Radotina*, *Kosoraspis* et *Gemündina*. Cet état de chose tendrait donc à confirmer la théorie de Stensiö selon laquelle, primitivement, le toit crânien est formé de grandes plaques qui se sont fragmentées par la suite au cours de l'évolution.

PLANCHE XXVIII, *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-10746. Fig. 1 — Empreinte de la face dorsale du toit crânien montrant l'ornementation superficielle. Fig. 2 — Moulage. Toit crânien exosquelettique en vue ventrale.

Quebecaspis russelli n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-11135. Fig. 3 — Empreinte de la face dorsale du toit crânien exosquelettique, montrant une grande partie de la face ventrale de l'exosquelette et une petite région de l'ornementation superficielle. Fig. 4 — Moulage. Toit crânien exosquelettique en vue ventrale.

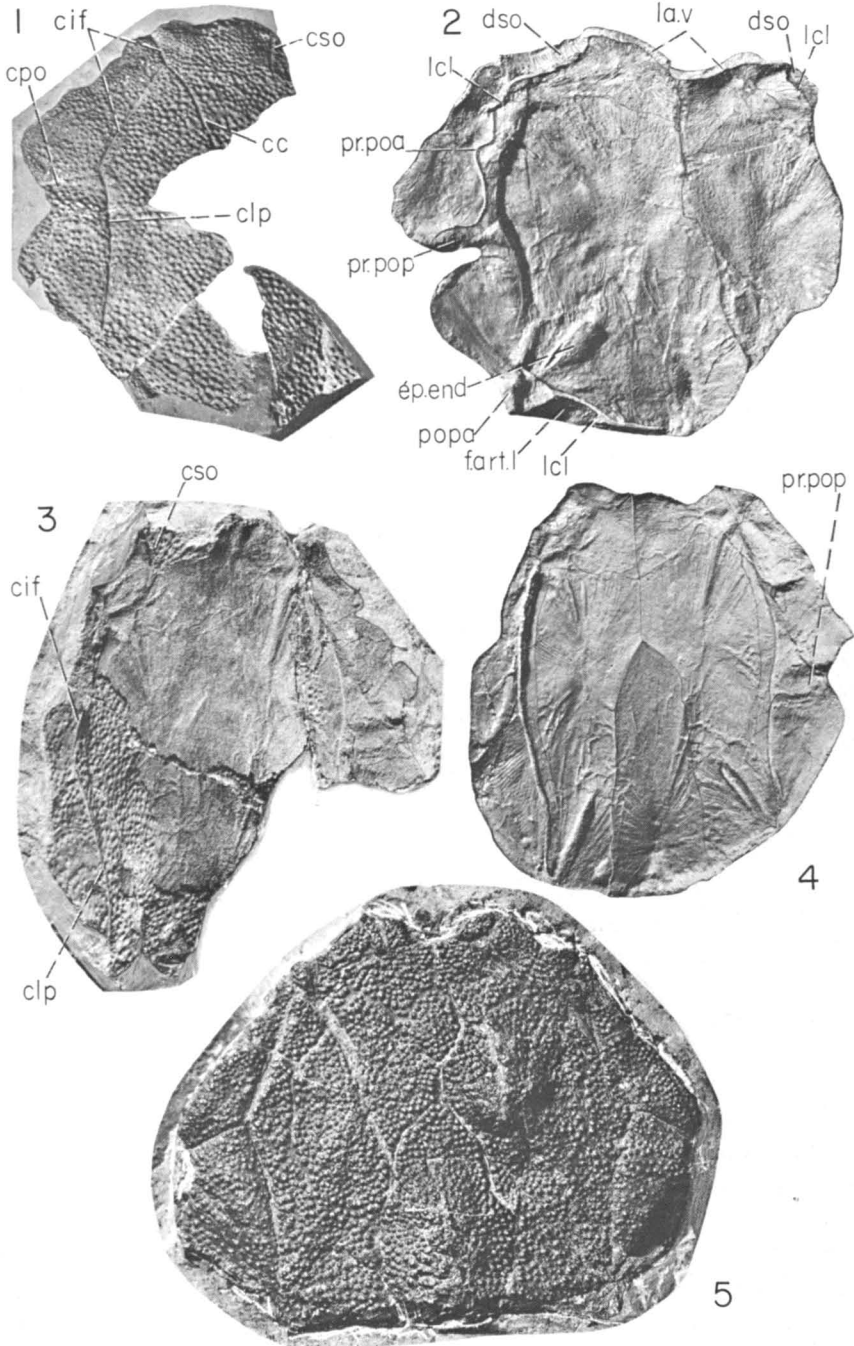
Phlyctaenaspis atholi n. sp. Spécimen RSM-1897-51-123. Fig. 5 — Toit crânien en vue dorsale avec l'ornementation superficielle exosquelettique (dessin, Fig. 19,1). Gisement; "Lower Devonian, Campbellton, N.B., Canada". Probablement, dévonien moyen ancien, formation Battery Point.

Les 5 spécimens de cette planche, $\times 1$.

Abréviations : (voir Stensiö 1963, fig. 42C et 43A). *a.ant?*, et *a.post?*, crêtes circulaires formées par les ampoules ? ou la forme même des canaux semi-circulaires antérieur et postérieur; *csc*, crête formée par le sillon sensoriel central; *cpm* et *c.v.* canaux de nerfs (ou de vaisseaux sanguins) pour les "pit line" moyenne et postérieure; *c.st. X*, canal du nerf supratemporal du Vague; *cost*, commissure occipitale supra-temporale; *p.cost*, pli, en creux, dans l'os dermique suggérant la commissure; *d.end.e*, (*i.d.end.e*), division exosquelettique du canal du ductus endolymphatique (et, selon le cas, impression du canal); *d.p.petho*, dépression formée par la partie médiane principale de l'os postethmo-occipital, comprenant les processus supra-orbital et post vagal; *dpo*, et *dso*, divisions post- et supra-oculaires de la région supra-orbitale en face inférieure du toit crânien exosquelettique; *ép.end*, épaissement de l'exosquelette où se loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphatique; cet épaissement remplit la fosse ou dépression sub-paranuchale (*f.d.end.*) en vue ventrale; *f.d.end*, dépression ou fosse sub-paranuchale (en vue dorsale); *fo*, foramina ou orifices de canaux de nerfs ou de diverticules nerveux qui prennent leur racine sur la face dorsale du cerveau et percent le toit crânien (l'os postethmo-occipital) médialement, particulièrement vers les bords latéraux de la plaque nuchale et la partie antérieure des plaques paranuchales ou la partie postérieure des plaques pariétales (CE); *f.art.l.* (*i.f.art. l.*), fosse articulaire latérale ou, selon le cas, impression de la dite fosse, où s'emboîte la processus glénoïde (ou condyle) de la plaque post-temporale (ADL); *la.v*, lamelle ventrale de la plaque préorbitale (PRO) attachée au bord antérieur du mur dorsal de l'os postethmo-occipital; *lc.l*, lamelle descendante latéro-caudale du toit crânien exosquelettique; *n.ophth.l*, nerf ophthalmique latéral; *po.pa.* (*i.po.pa.*), processus occipital pararticulaire exosquelettique ou, selon le cas, impression du même processus; *pr.so*, processus supra-orbitaire; *pr.sop*, petit processus supra-orbitaire postérieur (inexistant, du moins pas décrit chez *Kujdanowiaspis*); *pr.poa*, et *pr.pop*, processus postorbitaires antérieur et postérieur (le processus postorbitaire postérieur ne semble pas comporter une bifurcation comme chez *Kujdanowiaspis*); *pr.sv*, processus supra-vagal (Stensiö 1963, fig. 43A); *scsca* et *scscp*, sillons formés par le crête au-dessus des canaux semi-circulaires antérieur et postérieur.

Note : pour les autres sigles, consulter la légende de la figure 19.

PI.XXVIII



Enfin, si l'absence des plaques pinéale et rostrale est reliée au fait que l'os pair rhino-capsulaire est indépendant et non co-ossifié avec l'os postethmo-occipital et que le fait peut être établi anatomiquement chez *P. atholi* n. sp., alors c'est un autre genre qu'il faudrait créer.

Quebecaspis russelli n. gen., n. sp.

Spécimen-type: NMC-11135. un toit crânien en vue dorsale avec son empreinte.

(pl. XXVI, fig. 2; pl. XXVII, fig. 1; pl. XXVIII, fig. 3 et 4, pl. XXIX, fig. 6; Fig. 19,6; Fig. 20, 1, 2, 3).

Gisement: horizon de grès, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada. Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

Matériel: spécimen NMC-10756, plaque paranuchale du même gisement (pl. XXXI, fig. 2).

Nom générique: *Quebecaspis* de Québec, pour la Province de Québec, Canada, et du mot grec *aspis*, bouclier.

Spécifique: *russelli*, en l'honneur de L.S. Russell (1954) qui a décrit *Cephalaspis westolli* Russell et *Pterygotus gaspésiensis* Russell, dans les lits fossilifères de D'Aiguillon (zone 1), Baie de Gaspé, rive nord.

DESCRIPTION

Le spécimen-type est un toit crânien de 6 cm de long sur 5,5 de large. La cassure s'est faite dans le plan horizontal du fossile, de sorte que la plus grande partie de l'os dermique est restée dans l'empreinte découvrant sur l'autre partie la face dorsale de l'os postethmo-occipital. L'empreinte du toit crânien en vue dorsale est incomplète (pl. XXVIII, fig. 3 et pl. XXVII, fig. 1), mais l'autre partie (pl. XXVI, fig. 2) représentant l'os postethmo-occipital en vue dorsale est complète, si on excepte l'absence des plaques pinéale et rostrale (P et R), et la plaque préoperculaire dorsale (PMG) dont on ne peut établir l'existence. L'absence de ces plaques peut signifier que les capsules n'étaient pas co-ossifiées avec la partie antérieure de l'os postethmo-occipital, formant un os pair rhino-capsulaire indépendant qui a été perdu avec les plaques dermiques rostrale et pinéale comme c'est le cas chez *Phlyctaenaspis atholi* n. sp.

Le moulage de l'empreinte a permis d'obtenir les limites des plaques dermiques et le parcours des canaux sensoriels, tandis qu'une dissolution lente à l'acide chlorhydrique (HCl) dilué et un dégagement progressif à l'aiguille de la face ventrale (ou viscérale) de l'os dermique fixée à l'empreinte par sa face externe ou superficielle, ont permis de retrouver les lignes de radiation conduisant aux centres d'ossification des plaques dermiques.

Les caractères les plus frappants de cette nouvelle espèce et, en conséquence, les plus distinctifs, affectent les plaques pariétales (CE) et nuchale (NU). La plaque nuchale est proportionnellement très longue et étroite, trois

fois plus longue que large, représentant environ les deux tiers de la longueur totale du toit crânien. Cette plaque nuchale s'enfonce très profondément vers l'avant entre les plaques pariétales (CE). Ses bords latéraux sont parallèles et son centre d'ossification est situé très loin en arrière ; on observe enfin une petite dépression triangulaire qui vient mourir à son extrémité postérieure.

Mais c'est peut-être les plaques pariétales qui sont les plus caractéristiques. Elles sont longues, un peu plus de la moitié de la longueur totale du toit crânien, et étroites. Postérieurement, elles rejoignent les plaques paranuchales (PAN), mais en longeant médialement la plaque nuchale sur plus de la moitié de sa longueur. C'est là une disposition exceptionnelle chez les Dolichothoraci, qu'on ne trouve en fait que sur le genre *Aethaspis* et dont nous parlerons plus bas.

La disposition et la forme des autres plaques ne présentent pas de caractère particulier. Notons, cependant, que les plaques préorbitales (PRO) touchent les pariétales antérieurement et que médialement, elles se touchent entre elles sur toute leur longueur, en sorte que la plaque pinéale (P) ne pouvait toucher les plaques pariétales comme cela se présente sur certains genres de Dolichothoraci, par exemple chez *Arctolepis solnordali* (Denison, 1958, fig. 105, I).

Les lignes sensorielles ont le parcours classique des Dolichothoraci. On peut toutefois faire observer la présence d'une partie du sillon profond (*cpf*) sur la plaque préorbitale (PRO) gauche et des petits tronçons des "pit line" moyenne et postérieure (*pm* et *pp*) également sur la plaque pariétale gauche, sillons d'ailleurs beaucoup plus visibles sur l'empreinte que sur le moulage (pl. XXVII, fig. 1 et Fig. 20,3).

Les centres d'ossification ne présentent rien de particulier. Le centre d'ossification est central sur les plaques pariétales (CE), mais légèrement déporté vers l'avant sur les plaques préorbitales (PRO), coïncidant avec l'extrémité postérieure de la ligne sensorielle supra-orbitaire (*csa*) (Fig. 20,6). Sur les plaques paranuchales, le centre d'ossification est assez loin en arrière, coïncidant presque avec la partie distale de la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus (*d. end. e.*) (Fig. 20, 1 et 2).

L'ornementation superficielle de l'exosquelette (pl. XXVII, fig. 1 et pl. XXIX, fig. 6 pour détail) est caractérisée par des tubercules de grosseur inégale. Les gros ont un sommet arrondi, tandis que les petits ont leur sommet anguleux. La distribution des tubercules est assez uniforme. En tout cas, à première vue, on n'est pas frappé par une disposition en rangées concentriques régulières, bien qu'une telle disposition soit déjà plus apparente sur la plaque nuchale.

Si on observe le toit crânien comprenant la face dorsale de l'os postethmo-occipital et les parties latérales exosquelettiques (pl. XXVI, fig. 2 et fig. 20,1), on constate que la dépression sub-paranuchale (*f.d. end.*) (ou la fosse de la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus), est allongée, étroite et de forme tubulaire ; la disposition est identique sur l'une et l'autre plaque paranuchale. De plus, la plaque paranuchale du spécimen NMC-10756 (pl. XXXI, fig. 2) présente également ce caractère. C'est pour cette raison que ce spécimen a été attribué à *Quebecaspis russelli*. Il n'était pas possible en effet de se baser sur une ressemblance dans l'ornementation superficielle de l'exosquelette puisque l'os dermique de l'exosquelette a à peu près complètement disparu sur ce spécimen. Par contre, en enlevant les restes d'os dermique de la partie postérieure de cette plaque isolée, deux structures exosquelettiques ont été mises en évidence : la face ventrale du processus occipital para-articulaire (*po. pa*) et la fosse articulaire latérale (*f. art. 1*). Ceci est d'autant plus important qu'on ne peut trouver ces deux structures sur le spécimen-type, vu que la partie postérieure et latérale des plaques paranuchales sur ce spécimen est endommagée.

Or, la plaque paranuchale du spécimen NMC-10756, révèle que le processus occipital para-articulaire n'est pas particulièrement grand, mais par contre robuste, à en juger tout au moins par l'épaisseur d'os dermique qui a été dégagé. Par contre, la fosse articulaire latérale occupe toute la largeur de la plaque paranuchale et l'impression laissée dans la gangue suggère une fosse très profonde antéro-postérieurement. Par sa forme et ses dimensions, elle ressemble beaucoup à celle de *Gaspeaspis cassivii* (pl. XXVI, fig. 1), sauf que celle-ci est peut-être encore plus grande, vu que la plaque paranuchale sur ce dernier spécimen est plus large. En tout cas, la fosse articulaire latérale du spécimen NMC-10756 suggère que le processus glénoïde (ou condyle) de la plaque post-temporale (ADL) du bouclier thoracique de cette espèce devait être large et élevé.

Étudions maintenant le moulage obtenu à partir du spécimen-type qui comprend la face dorsale de l'os postethmo-occipital et les parties latérales exosquelettiques du toit crânien (pl. XXVI, fig. 2). Un tel moulage (pl. XXVIII, fig. 4 et Fig. 20,2) montre alors la face ventrale du spécimen. Sur ce moulage, on observe donc la dépression postethmo-occipitale de la plaque nuchale (*d.p. petho*) et l'épaississement exosquelettique (*ép. end.*) de forme tubulaire, remplissant la dépression sub-paranuchale qui loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus. On peut aussi observer sur ce moulage (pl. XXVIII, fig. 4) comme sur le dessin qui le reproduit (Fig. 20,2), l'impression de l'orifice et d'un tronçon du canal du nerf supra-temporal du vague X (*c.st.X*) au contact des plaques pariétale et paranuchale droites (gauches sur le dessin). L'orifice de ce canal doit être en fait sur la plaque paranuchale. Les dessins 1 et 2 de la Fig. 20 peuvent peut-être prêter à confusion, mais cela est dû au fait

que les sutures des plaques limitrophes concernées ne coïncident pas exactement en face dorsale et en face ventrale. On observe également vers le centre des plaques pariétales, l'impression de tronçons de canaux de nerfs ou de vaisseaux sanguins allant nourrir et innerver les "pit line" moyenne et postérieure (*c.v.c.pm*).

Enfin, l'étude de ce moulage nous permet d'observer le contour postéro-latéral de l'os postethmo-occipital et même d'une toute petite partie antérieure sur le côté droit (gauche sur le moulage et le dessin, Fig. 20,2). Sur le côté droit latéral (gauche sur le moulage et le dessin) le contour est tout à fait illisible ; sur le côté gauche, il est partiellement lisible seulement, si bien que le processus post-orbitaire antérieur (*pr. poa*) est très peu prononcé. Par contre, le processus postorbitaire postérieur (*pr. pop*) est bien défini sur le côté antérieur, tandis que le côté postérieur est illisible, de sorte qu'on ne peut affirmer si ce processus se bifurquait comme chez *Kujdanowiaspis* (Stensiö, (1945, 1963). Sur ce moulage enfin, (pl. XXVIII, fig. 4, et le dessin correspondant, Fig. 20,2) on peut observer la crête formée par la ligne sensorielle centrale (*ccsc*) de même que les sillons déterminés par les canaux circulaires antérieurs et postérieurs (*scsc. a et p.*) comme sur *Gaspeaspis cassivii* (Fig. 20,5).

Si on observe avec soin la face dorsale de l'os postethmo-occipital et des parties latérales exosquelettiques du toit crânien du spécimen-type (pl. XXVI, fig. 2 et le dessin correspondant, Fig. 20,1), on peut noter des orifices de canaux de nerfs ou de vaisseaux sanguins. Ainsi, il y en a deux symétriques sur la partie antérieure de la plaque nuchale et deux sur les plaques pariétales (un sur chaque plaque) près de la pointe antérieure de la nuchale. Ces orifices assurent, très probablement, le passage de petits canaux pour de fines branches de nerfs ou pour des diverticules nerveux enracinés sur la face dorsale médiane du cerveau. Des orifices similaires près de la partie antérieure de la plaque parannuchale peuvent également être observés. Ils doivent assurer aussi le passage de canaux de petites branches de nerfs de même origine. Il n'a pas été possible d'établir si la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus, à son extrémité distale, perceait l'os dermique du toit crânien pour s'ouvrir à l'extérieur.

DISCUSSION

Plusieurs Dolichothoraci présentent un toit crânien avec une plaque nuchale longue et étroite. Chez les Actinolepinae, *Aethaspis utahensis* et *A. major* (Denison, (1958) sont les représentants les plus caractéristiques de telles formes. Dans l'un et l'autre cas, toutefois, la plaque nuchale présente un dessin très compliqué. Par contre, les plaques pariétales enserrant les bords latéraux de la plaque nuchale sur à peu près la moitié de sa longueur, comme c'est le cas ici, sur *Quebecaspis russelli*. A cela, se limitent les ressemblances, car les

plaques pariétales d'*Aethaspis* sont plus petites et de forme moins rectangulaire que celles de *Quebecaspis*. Enfin, l'ornementation superficielle exosquelettique chez *Aethaspis major* est caractérisée par de gros tubercules (Denison, 1958), celle d'*A. utahensis* par des concentrations de gros tubercules aux centres d'ossification des plaques et de petits tubercules uniformes en s'éloignant de ces centres.

Chez *Kujdanowiaspis podolica* (Brotzen) et *K. zychi* Stensiö (Stensiö, 1945), la plaque nuchale est relativement longue, mais le centre d'ossification est à peu près au centre de la plaque, alors que sur *Quebecaspis*, il est très loin en arrière. De plus, les plaques pariétales sont beaucoup plus petites que chez *Quebecaspis russelli* (Fig. 18, 2 et 3).

PLANCHE XXIX, fig. 1A, 1B — indét. ou ?*Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11098. Moulage d'empreinte d'une petite plaque pariétale gauche (CE) de 13 mm de long. On distingue le sillon sensoriel central (*cc*) et les "pit line" moyenne et postérieure (*pm* et *pp*). 1A — x 7.5; 1B — x 2.5.

Laurentaspis splendida n. gen., n. sp. Les spécimens représentés dans ces figures proviennent du lit de schiste de l'Anse-à-Brillant, Baie de Gaspé, rive sud, Québec, Canada, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

Fig. 2A 2B — Spécimen NMC-10944. Petite plaque pariétale droite (CE) dont on voit l'ornementation superficielle de l'exosquelette dans la région postérieure et médiane. Le sillon sensoriel central a laissé son empreinte. 2A, x 2.5; 2B, x 7.5 (dessin, Fig. 21, H). Fig. 3A, 3B — Spécimen NMC-10954 spécimen-type. Plaque médio-dorsale (MD) avec l'ornementation superficielle de l'exosquelette. 3A — détail de l'ornementation dans la partie postérieure; on peut noter l'empreinte d'un petit Brachiopode qui appartient à un genre de la Super-Famille Discinacea (Dis.) ou d'une famille parente. 3A, x 7.5; 3B, x 2.5 (dessin, Fig. 21, F, G). Fig. 4 — Spécimen NMC-10967. Plaque postéro-ventro-latérale (PVL) (dessin, Fig. 21, H"). x 2.5.

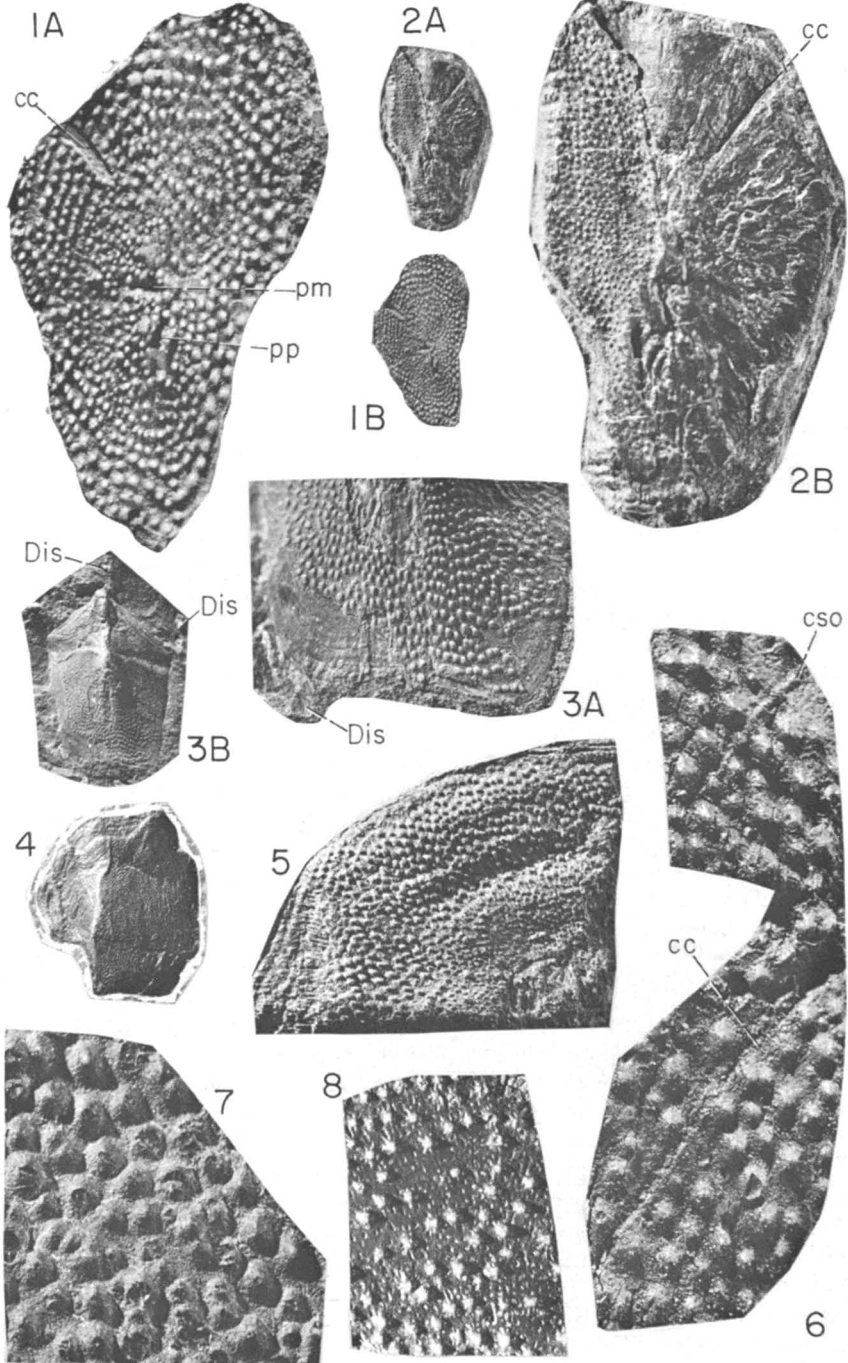
Phlyctaenaspis acadica (Whiteaves). Fig. 5 — Spécimen NMC-10967. Détail d'ornementation superficielle d'une petite plaque postéro-ventro-latérale (PVL) (pl. XXX, (fig. 4), x 7.5. Gisement: Campbellton, N.B., Canada; extrémité occidentale de l'affleurement des Grès de Gaspé à Atholville; probablement, formation Battery Point, dévonien moyen ancien. Fig. 8 — Spécimen NMC-10716. Détail d'ornementation superficielle d'une plaque cleithrale antéro-latérale (AVL) associée avec une plaque avec les lignes sensorielles supra-orbitaire (*cso*) et centrale (*cc*). x 7.5.

Fig. 6 — *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-11135. Détail de l'ornementation superficielle, région des plaques pariétale (CE) et préorbitale (PRO) avec les lignes sensorielles supra-orbitaire (*cso*) et centrale (*cc*). x 7.5.

Fig. 7 — *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-10746. Détail de l'ornementation superficielle dans la région de la plaque pariétale; x 7.5.

Abréviations: *cc*, sillon sensoriel central; *cso*, ligne sensorielle supra-orbitaire; *pm*. et *pp*, "pit line" moyenne et postérieure.

PI.XXIX



Parmi les Phlyctaenaspinæ, *Actinolepis*, "*Svalbardaspis*" *stensioi* et ?*Arcaspis* (Denison, 1958) présentent des toits crâniens avec plaques nuchales relativement longues et étroites, mais dans ces trois cas, les plaques pariétales ne touchent qu'à la partie antérieure de la nuchale et de plus, elles sont relativement petites. Chez *Phlyctaenaspis acadia* (Whiteaves) (voir ici, Fig. 18,1), les plaques pariétales sont à peu près de même forme et de mêmes dimensions que celles de *Quebecaspis*, mais elles n'enserrent pas la nuchale sur une longue distance comme sur *Quebecaspis* et surtout, la nuchale est beaucoup plus courte. Quant à *Phlyctaenaspis atholi* n. sp., on a vu que la plaque impaire médiane pariéto-préorbitaire est un caractère distinctif.

L'animal le plus ressemblant à *Quebecaspis russelli* est un nouveau genre que nous allons décrire plus bas : *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. En effet, le toit crânien de cette espèce possède une plaque nuchale longue, aux bords

PLANCHE XXX *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). Tous les spécimens représentés ici proviennent de Campbellton, N.B., Canada; plus précisément, de l'extrémité occidentale de l'affleurement des Grès de Gaspé à Atholville.

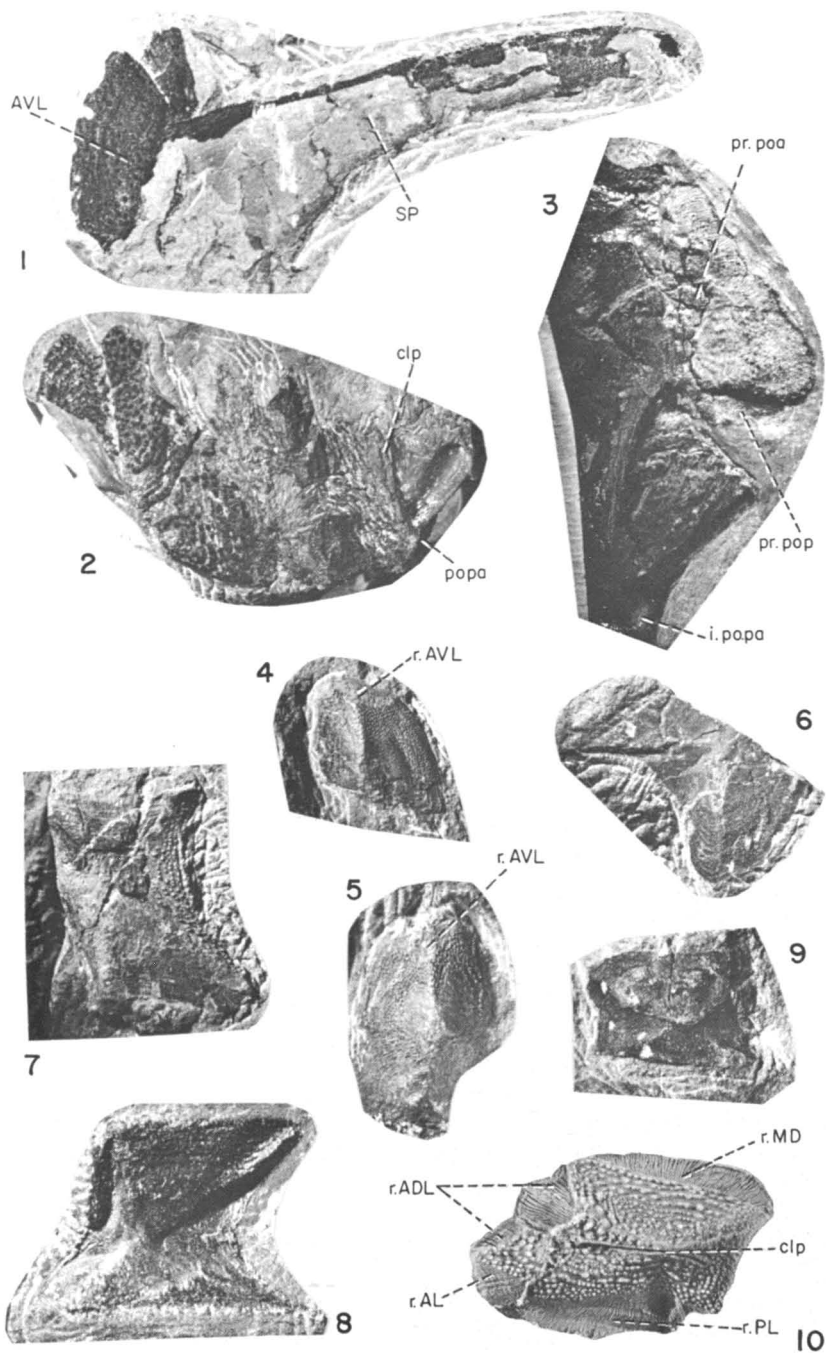
Fig. 1 — Spécimen NMC-10716. Plaques cleithrale antéro-ventrale (AVL) et spinale (SP) in situ. x 2.5. (pour détail, pl. XXIX, fig. 8). Fig. 2 — Spécimen LTC-29F. Plaques paranuchales (PAN) et nuchale (NU) d'un toit crânien avec une partie de l'ornementation superficielle. On peut voir l'empreinte de la ligne sensorielle latérale principale (*clp*) sur la plaque paranuchale droite, mais la ligne elle-même sur la plaque gauche. On distingue sur la plaque paranuchale droite un processus occipital articulaire latéral (*po.pa*); x 2.5. Fig. 4 — Spécimen NMC-10967. Plaque postéro-ventro-latérale (PVL). Noter la zone de recouvrement par la plaque cleithrale antéro-ventrale (*r. AVL*); x 2.5. Fig. 5 — Spécimen LTC-29B. Plaque postéro-ventro-latérale (PVL); x 2. Fig. 6 — Spécimen LTC-29E. Plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL) dont la partie antérieure et médiane est cassée; x 2. Fig. 7 — Spécimen NMC-10696. Plaque cleithrale dorsale (AL); il ne reste plus qu'une petite région avec l'ornementation superficielle; x 4. Fig. 10 — Spécimen LTC-29D. Plaque supra-cleithrale (PDL). Noter la ligne sensorielle latérale principale (*clp*) et les zones de recouvrement par les plaques médio-dorsale (*r.MD*), post-temporale (*r.ADL*), cleithrale dorsale (*r.AL*) et par l'anocleithrum (*r.PL*); x 2.2. (dessin, Fig. 21,M). Fig. 3 — *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-10746. Le spécimen a été dégagé de l'os dermique. On peut voir la limite latérale de l'os postethmo-occipital; les processus postorbitaires antérieur et postérieur sont bien visibles (*pr.poa.* et *pr.pop.*). Noter qu'à cause de la cassure, on ne peut déterminer si le processus postorbitaire postérieur bifurque en deux branches comme chez *Kujdanowiaspis*; x 1.5 (sous liquide).

Fig. 8 — *Laurentaspis splendida* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-10946. Petite plaque cleithrale dorsale (AL). Gisement: Anse-à-Brillant; x 2.5.

Fig. 9 — *Kolpaspis beaudryi* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11187. Petite plaque cleithrale dorsale (AL); (dessin, Fig. 21, C et D'). Gisement: horizon de schiste, zone 6A; x 2.5.

Abréviations: Consulter les légendes accompagnant les figures 19 et 20 et celles de la planche XXXVIII. *r.AVL*, recouvrement par plaque antéro-ventro-latérale, etc.

Pl. XXX



latéraux parallèles comme celle de *Quebecaspis* (pl. XXVI, fig. 1 et 2 ; Fig. 19, 2 et 3) et, de surcroît, la plaque nuchale est encadrée de chaque côté sur la moitié environ de sa longueur, par les plaques pariétales dont la forme est sensiblement la même que celles de *Quebecaspis*. Deux critères nous ont fait distinguer ces deux animaux : différence dans l'ornementation superficielle de l'exosquelette et différence dans la forme de la fosse qui loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus.

Chez *Gaspeaspis cassivii* en effet, les tubercules sont uniformément plus gros et ont un sommet nettement plus arrondi que chez *Quebecaspis russelli* (comparez pl. XXVII, fig. 1 et 2 ainsi que pl. XXIX, fig. 6 et 7). De plus, et c'est le critère qui a servi de base à la distinction de ces deux genres, chez *Gaspeaspis cassivii*, la fosse qui loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus est évasée antérieurement et médialement, en un mot, beaucoup plus spacieuse que la fosse longue, étroite et de forme tubulaire de *Quebecaspis*.

Arthrodires indéterminés

Nous allons maintenant décrire un certain nombre de spécimens représentant surtout des plaques isolées de bouclier thoracique et provenant pour la

PLANCHE XXXI, Arthrodire indét. ou ?*Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11161 ; Plaque marginale (MG) ; Fig. 1A — Moulage de l'empreinte donnant l'ornementation superficielle avec les lignes sensorielles infra-orbitaire (*cif*), latérale principale (*clp*) et pré-operculaire (*cpo*) ; Fig. 1B — face viscérale ; x 2.5.

Fig. 2 — *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-10746. Plaque parannuchale gauche (PAN). Noter que la fosse qui loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus (*c.d.end.e.*) est étroite, de forme tubulaire, comme sur le spécimen-type NMC-11135 (pl. XXVI, fig. 2). On peut également voir l'empreinte laissée dans la plaque après dégagement de l'os dermique du processus occipital paraarticulaire (*po.pa.*) et de la fosse articulaire latérale (*f.art.1*), où se loge le processus glénoïde de la plaque post-temporale (ADL) ; x 1.

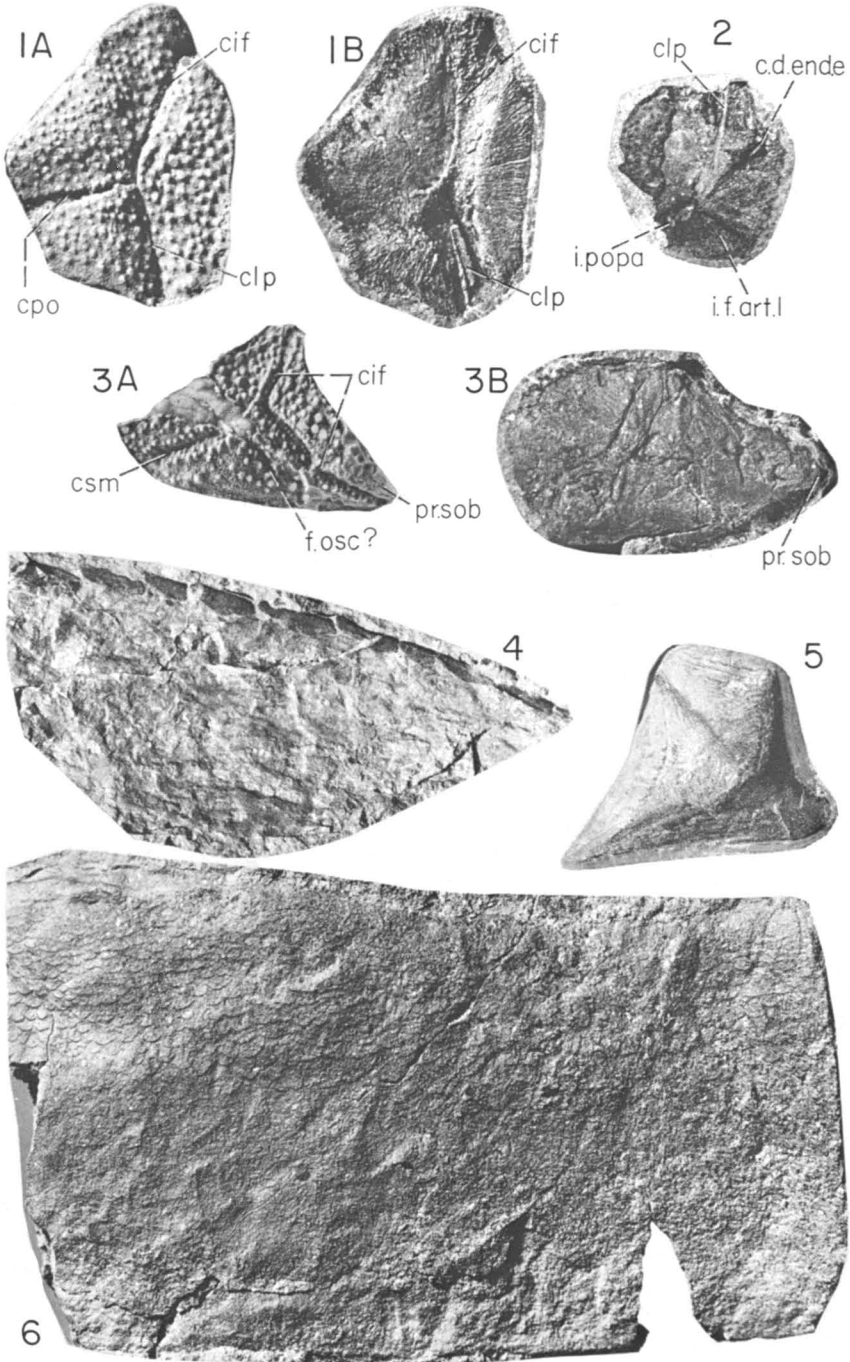
Fig. 3A, 3B — Arthrodire indét. ou ?*Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11163. Plaque sous-orbitale (SO). 3A — Moulage de l'empreinte montrant l'ornementation superficielle et les lignes sensorielles infra-orbitaire (*cif*), supra-maxillaire (*csm*) et peut-être une fosse pour un organe sensoriel cutané (*f.osc*) ; x 2.5. 3B — Empreinte de la face viscérale.

Fig. 4 — Spécimen NMC-10930. Fragment d'Euryptéride (telson ?), avec écailles allongées caractéristiques sur le bord latéral. Spécimen associé avec un bouclier céphalique de *Cephalaspis westolli* Russell. Gisement : lit de "mudstone" à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon ; x 1.

Fig. 5 — *Cartieraspis nigra* n. gen., n.sp. Spécimen NMC-10772. Plaque cleithrale dorsale (AL) dont l'os dermique est parti. Gisement : horizon de schiste, zone 6A ; x 2.5.

Fig. 6 — Segment d'Euryptéride. Spécimen 318 (n° provisoire). Gisement : lit de grès, en contact avec le schiste au-dessus, contenant des Pélécy-podes ; zone 6B ; x ½.

PL. XXXI



plupart du même horizon de grès de la zone 6A que *Quebecaspis russelli*. Leur origine stratigraphique commune et une certaine ressemblance dans l'ornementation superficielle avec *Quebecaspis russelli* suggèrent qu'ils peuvent appartenir de fait à cette espèce et c'est pourquoi nous les rapprochons, sans toutefois les lui attribuer formellement.

1—Spécimen NMC-10758, (pl. XXVII, fig. 3), zone 6A, horizon de grès.
Plaques préorbitaire (PRO) et pariétale (CE) gauches in situ.

2—Spécimens NMC-11145 et 11156 (pl. XXXII, fig. 7 et 8), zone 6A, horizon de grès.

Deux plaques postéro-ventro-latérales (PVL) remarquables par l'aile assez grande de leur bord latéral.

3—Spécimen NMC-10751 (pl. XXXII, fig. 10), zone 6A, horizon de grès.

Grande plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL). La partie postérieure pourrait très bien s'adapter sur la zone de recouvrement des plaques postéro-ventro-latérales des spécimens ci-haut décrits. Le bord où la plaque spinale (SP) devait être attachée, fait un angle de 45 degrés avec l'axe longitudinal (antéro-postérieur) de la plaque. De plus, notons que le bord où devait s'attacher la clavicule (IL), est très long et suggère un bouclier thoracique très large, particulièrement à l'avant.

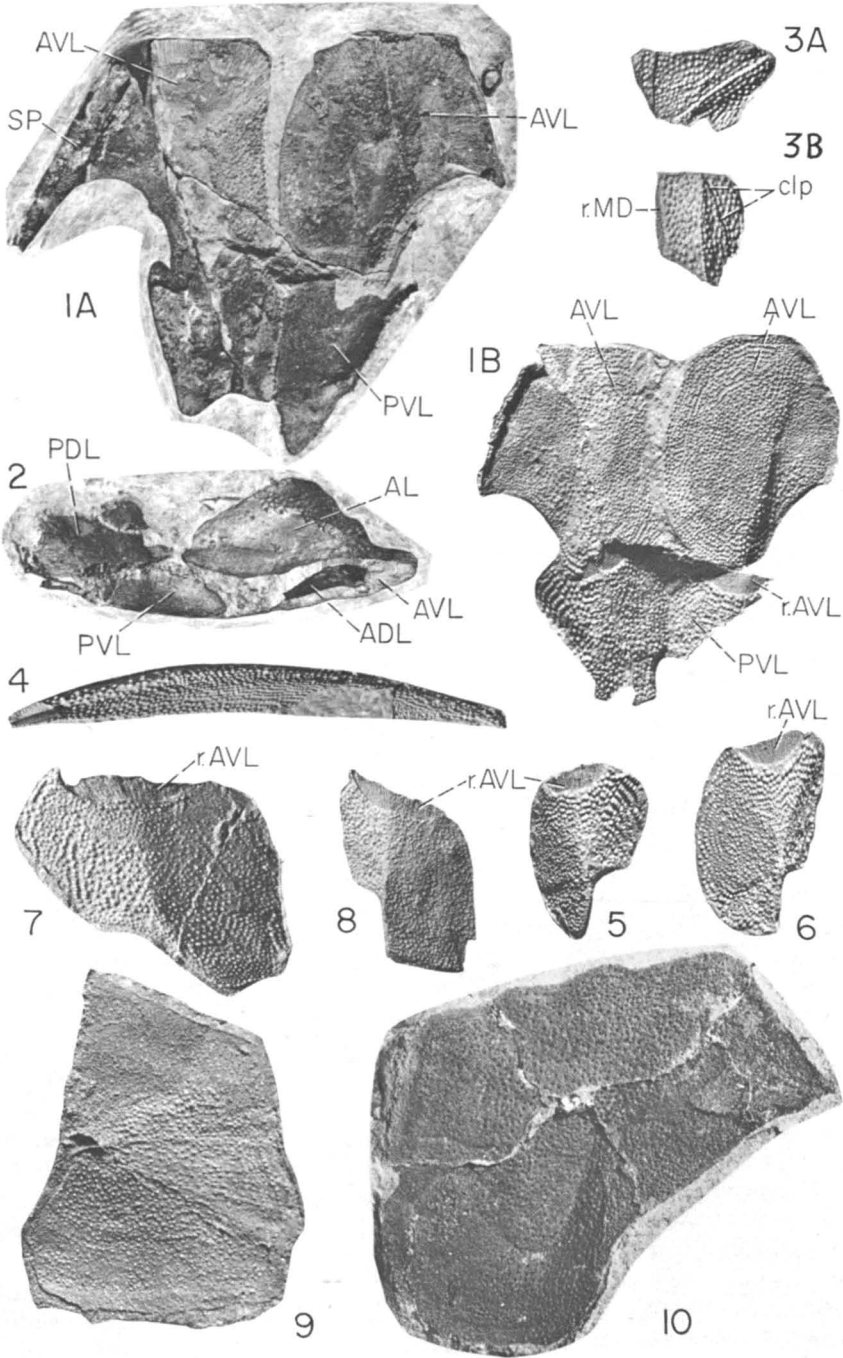
PLANCHE XXXII — Fig. 1A — *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-10883. Bouclier thoracique, vue ventrale comprenant les plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL), postéro-ventro-latérales (PVL) et spinale (SP); fig. 1B — moulage de l'empreinte montrant l'ornementation superficielle. Gisement: lit de "mudstone" à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon. Fig. 2 — Même spécimen en vue latérale; moulage des plaques cleithrale dorsale (AL) et post-temporale (ADL), supra-cleithrale (PDL). Fig. 3A, 3B — Même spécimen; moulage des plaques cleithrale dorsale (AL) et post-temporale (ADL).

Fig. 4 — *Arthrodire* indéterminé, ou ?*Quebecaspis russelli* n. gen. n. sp. Spécimen NMC-11143. Plaque spinale (SP) (moulage). Gisement: lit de schiste, zone 6A.

Fig. 5 — *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-10858. Moulage d'une plaque postéro-ventro-latérale (PVL) gauche. Gisement: comme pour le spécimen de la fig. 1. Fig. 6 — Spécimen NMC-11140. Moulage de plaque postéro-ventro-latérale (PVL) gauche. Gisement: comme pour spécimen de fig. 4.

Fig. 7 — *Arthrodire* indéterminé, ou ?*Quebecaspis russelli* n. gen. n. sp. Spécimen NMC-11145. Moulage de plaque postéro-ventro-latérale (PVL) droite. Gisement: lit de grès, zone 6A. Fig. 8 — Spécimen NMC-11156. Moulage de plaque postéro-ventro-latérale (PVL) droite. Gisement: comme pour le spécimen de fig. 4. Fig. 9 — Spécimen NMC-11144. Moulage de plaque cleithrale dorsale (AL) gauche. Gisement: lit de grès, zone 6A. Fig. 10. Spécimen NMC-10751. Plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL) gauche. Gisement: comme pour spécimen de fig. 9.

Tous les spécimens représentés sur cette planche sont: x 1.



4—Spécimen NMC-11153 (pl. XXXIII, fig. 9 et Fig. 22,0), zone 6A, horizon de grès.

Plaque cleithrale dorsale (AL) de 23 mm de haut sur 14 de large. Donc, presque deux fois plus haute que large. Elle est marquée de deux lignes diagonales qui se croisent à peu près en plein centre, déterminant ainsi quatre triangles (ou "inner wing", "quadrants" de Heintz, "mesial lamina" de Stensiö, ou "apron" de White, Denison (1958)). Le triangle antérieur est nettement tourné vers l'intérieur.

5—Spécimen NMC-10958 (pl. XXXIII, fig. 11) horizon de grès, Anse-à-Brillant.

Magnifique plaque cleithrale dorsale (AL) de 35 mm de haut sur 22 de large ; donc un tiers plus haute que longue. Elle est divisée en quatre triangles et son centre d'ossification est à peu près à mi-hauteur, mais situé beaucoup plus antérieurement que le centre géométrique, au sommet du triangle antérieur qui est tourné vers l'intérieur et est très court dans la direction antéro-postérieure. L'ornementation superficielle rappelle celle de *Quebecaspis russelli*, même si on observe des rangées concentriques de tubercules, surtout dans le triangle inférieur. Comme c'est la seule plaque en provenance du gise-

PLANCHE XXXIII — Fig. 1 — *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11735.

Plaques post-temporales (ADL). Moulage ; x 1. Gisement : horizon de schiste, zone 6A. Fig. 2A — Spécimen NMC-10939 ; plaques post-temporales (ADL) ; vue viscérale ; x ca 1 ; fig. 2B — moulage de l'empreinte (fragment) montrant l'ornementation superficielle. Gisement : lit de "mudstone" à *Cephalaspis*, zone 1, d'Aiguillon. Fig. 3A — Spécimen NMC-10755 ; x 2.5 ; fig. 3B — moulage comme pour fig. 3A) x 1.

Fig. 4 — *Arthrodire indét.* ou *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11148. Plaque cleithrale dorsale (AL). Moulage ; x 1 (Fig. 22,N), peut-être *Cartieraspis nigra* n. gen., n. sp. Gisement : lit de schiste, zone 6A.

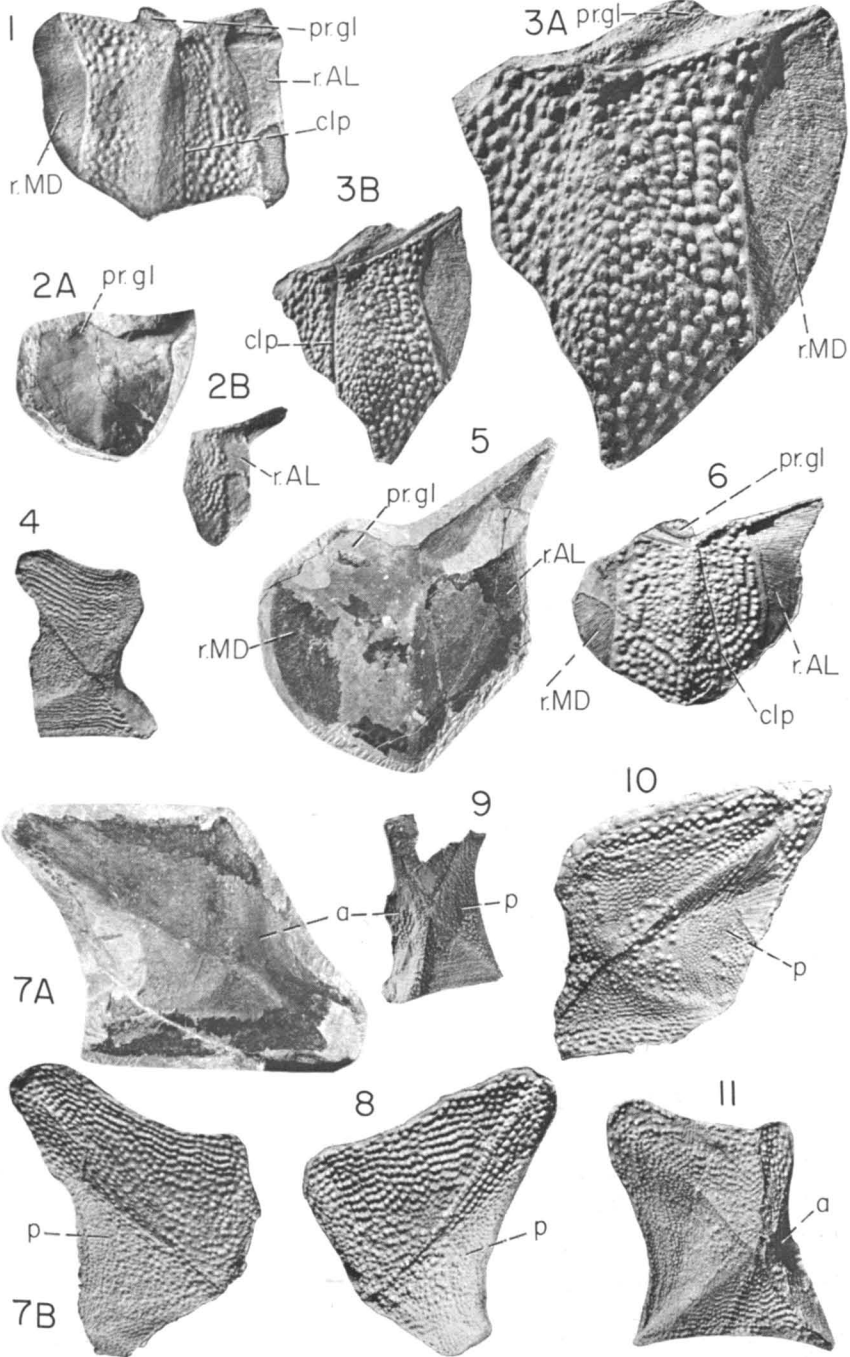
Fig. 5 — *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-10985. Vue viscérale ; x 1 (Fig. 22,H) ; gisement : lit de schiste, zone 6B. Fig. 6 — Spécimen NMC-11138. Moulage ; x 1 (Fig. 22,G). Gisement : lit de schiste, zone 6A. Fig. 7A — Spécimen 11137. Plaque cleithrale dorsale (AL) ; vue viscérale ; x 1 (sous liquide) ; fig. 7B — Moulage ; gisement : lit de schiste, zone 6A. Fig. 8 — Spécimen NMC-11136. Moulage ; x 1.

Fig. 9 — *Arthrodire indét.* ou *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11153 ; moulage ; x 1. Fig. 10. *Batteraspis fulgens* n. gen., n. sp. Spécimen-type NMC-10957, unique ; moulage ; x 1. Gisement : lit de schiste, Anse-à-Brillant.

Fig. 11 — *Arthrodire indét.* ou ?*Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-10958 ; moulage ; x 1 (Fig. 22,1). Gisement : lit de Grès, Anse-à-Brillant.

Abréviations : *r*, zone de recouvrement par les plaques cleithrale dorsale (AL) ou médio-dorsale (MD) : *a*, *i*, *p*, *s*, triangles antérieur, inférieur, postérieur, supérieur ; *pr. gl.*, processus glénoïde ; *clp.* ligne sensorielle latérale principale.

Pl. XXXIII



ment de l'Anse-à-Brillant sur la rive sud et que le spécimen-type de *Quebecaspis russelli* est de la zone 6A sur la rive nord, il est difficile de l'attribuer formellement à cette espèce.

6—Spécimen NMC-11144 (pl. XXXII, fig. 9), zone 6A, horizon de grès.

Plaque cleithrale dorsale (AL) de forme bizarre. En effet, cette plaque ne présente pas une division en quatre triangles. Il semble bien qu'elle ait été fortement écrasée. Un des traits remarquables de cette plaque est que son bord inférieur, le bord où s'attache la plaque spinale (SP), est plus long que le bord supérieur en contact avec la plaque médio-dorsale (MD) du bouclier thoracique, de sorte qu'il s'adapterait très bien sur la grande plaque cleithrale dorsale du spécimen NMC-10751 (AVL) (pl. XXXII, fig. 10). Un autre caractère intéressant est que le centre d'ossification est à mi-hauteur, mais situé très près du bord antérieur du triangle antérieur, si on peut parler de triangle défini pour cette petite plage qui apparaît dans la partie antérieure de la plaque.

7—Spécimen NMC-11148 (pl. XXXIII, fig. 4 et Fig. 22, N), zone 6A, horizon de schiste.

Plaque cleithrale dorsale (AL) de taille modeste, divisée en quatre triangles, dont le triangle antérieur est nettement tourné vers l'intérieur et de surface résolument plus petite que celle des autres triangles. Le centre d'ossification doit être à la rencontre des lignes qui déterminent les triangles, c'est-à-dire au tiers inférieur de la hauteur et au tiers antérieur de la longueur. Notons que l'ornementation superficielle comporte des rangées concentriques régulières de tubercules.

8—Spécimens NMC-11143 et 10717 (pl. XXXII, fig. 4), zone 6A, horizon de grès pour le spécimen 10717, et horizon de schiste pour le spécimen 11143.

Deux plaques spinales (SP) très ressemblantes, d'une longueur de 6,5 cm. et dotées d'une ornementation superficielle semblable et très ressemblante à celle du spécimen-type de *Quebecaspis russelli*.

9—Spécimen NMC-(476) 11161 (pl. XXXI, fig. 1A et 1B) zone 6A, horizon de grès.

Plaque marginale (MG) dont l'ornementation superficielle pourrait être celle de *Quebecaspis russelli*. La forme n'a rien de particulièrement distinctif. La face ventrale fait voir des stries de radiation conduisant au centre d'ossification, situé à la rencontre des lignes sensorielles infra-orbitaire (*cif*), latérale principale (*clp*) et post-operculaire (*cpo*).

10—Spécimen NMC-10887, zone B

Autre plaque marginale (MG) (plus petite).

11—Spécimen NMC-11163 (pl. XXXI, fig. 3A et 3B), zone 6A, horizon de grès.

Plaque sous-orbitaire (SO). La face ventrale de cette plaque sous-orbitaire, montre que le processus sous-orbitaire (*pr. sob*) est court et robuste comme la lame d'ailleurs qui est haute et à peu près rectangulaire. Sa forme rappelle celle d'*Aethaspis utahensis* (Denison, 1958). Le moulage de l'empreinte (malheureusement brisée et incomplète) a permis d'observer le parcours des canaux sensoriels. La ligne sensorielle infra-orbitaire (*cif*) descend du sommet de la lame près de son bord antérieur pour s'avancer jusqu'à l'extrémité antérieure du processus sous-orbitaire. Le parcours de ce canal n'a donc rien de particulier. Par contre, le sillon sensoriel supra-maxillaire (*csm*) vient de l'angle postéro-inférieur de la lame pour se diriger vers l'angle antéro-supérieur, à la rencontre du canal infraorbitaire, sans toutefois le rejoindre, comme c'est le cas le plus fréquent. En effet, à quelques millimètres du canal infra-orbitaire, le sillon supra-maxillaire tourne brusquement vers le bas pour suivre une direction parallèle à la branche du canal infraorbitaire qui s'avance sur le processus sous-orbitaire. Malheureusement, c'est justement au point du brusque virage qu'est la cassure. Une chose est certaine, le sillon sensoriel supra-maxillaire ne rejoint pas le sillon infra-orbitaire. Par contre, il est possible qu'au point de virage, le sillon supra-maxillaire ne tourne pas du tout vers le bas et l'avant, mais qu'il se termine là abruptement. Le petit tronçon de sillon, ou de ce qui semble en être, qu'on voit sous la branche antérieure du sillon infra-orbitaire du processus sous-orbitaire, serait alors une fosse d'un organe sensoriel cutané (*f. osc.*) comme sur "*Gemuendenaspis*", un caractère propre aux Brachythoraci, tout au moins aux Coccostéomorphes (Miles, 1962).

Gaspeaspis cassivii n. gen., n. sp.

Spécimen-type : NMC-10746. Un toit crânien en vue dorsale, avec son empreinte. Incomplet. Manquent les plaques pinéale et rostrale (P et R), les plaques gauches post-orbitale (PTO), marginale (MG) et para-nuchale (PAN).

Illustrations : pl. XXVI, fig. 1. et Fig. 20,4 : vue dorsale de l'os postethmo-occipital et parties latérales droites du toit crânien exosquelettique.

(pl. XXVII, fig. 2 ; et pl. XXVIII, fig. 1,2) : L'empreinte et le moulage de l'empreinte, face dorsale du toit crânien avec son ornementation superficielle.

Fig. 19,2 : dessin de la reconstitution.

pl. XXVIII, fig. 2 et Fig. 20,5 : moulage de la face de l'os postethmo-occipital et des parties latérales exosquelettiques du toit crânien, en vue ventrale.

pl. XXX, fig. 3 : contour latéral droit de l'os postethmo-occipital.

pl. XXIX, fig. 7 : détail de l'ornementation superficielle dans la région de la plaque paranuchale.

Gisement : horizon de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada. Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

Nom générique : *Gaspeaspis* pour la ville de Gaspé, la Péninsule de Gaspé et la Baie de Gaspé, Québec, Canada; nom spécifique : *cassivii*, pour M. H. Cassivi qui m'a autorisé à fouiller sur son terrain à D'Aiguillon, Comté de Gaspé, Québec, Canada.

Autres spécimens :

No des specimens	Description
NMC 10883	bouclier thoracique, zone 1, lit de « mudstone », d'Aiguillon, (Pl. XXXII, fig. 1A, 1B, 3A, 3B, 5, 6).
NMC 10858	PVL gauche, zone 1, même lit.
NMC 11140	PVL gauche, zone 6A, horizon de schiste
NMC 11735	ADL droit, zone 6A, horizon de schiste
NMC 10755	ADL gauche, zone 6A, horizon de schiste
NMC 11138	ADL droit zone 6A, horizon de schiste
NMC 10985	ADL droit zone 6B, horizon de schiste
NMC 10939	ADL droit zone 1, lit de « mudstone », d'Aiguillon
NMC 10941	ADL droit zone 1, lit de « mudstone », d'Aiguillon
NMC 11136	AL droit zone 6A, horizon de schiste
NMC 11137	AL gauche zone 6A, horizon de schiste

DESCRIPTION DU SPÉCIMEN-TYPE NMC-10746

Le spécimen-type représente un toit crânien incomplet, en vue dorsale, ainsi que son empreinte. Manquent les plaques pinéale et rostrale (P et R) et les plaques latérales gauches post-orbitale (PTO), marginale (MG) et parannuchale (PAN). La cassure s'est faite dans le plan horizontal du fossile de sorte que la plus grande partie de l'os dermique est restée sur l'empreinte, découvrant sur l'autre partie la face dorsale de l'os postethmo-occipital et les parties latérales et antérieures exosquelettiques du toit crânien (pl. XXVI, fig. 1). De plus, l'empreinte elle-même (pl. XXVIII, fig. 1) s'est brisée et ne comporte plus que les plaques latérales droites traversées par les sillons sensoriels latéral-principal (*clp*), infra-orbitaire (*ifc*), post-operculaire (*cpo*), supra-orbitaire (*csa*) et central (*cc*). Même ce dernier canal est incomplet, car la plaque pariétale (CE) est brisée, de sorte qu'on ne peut savoir l'exacte longueur du sillon central ou si les "pit line" moyenne et postérieure étaient présentes.

Tel qu'il apparaît, ce toit crânien mesure 5,5 cm de long sur 6 cm de large environ. Mais il est évident que ce fossile a été écrasé et qu'il est particulièrement déformé dans sa dimension transversale. La plaque marginale (MG) a été la plus affectée par cette déformation, car elle est anormalement aplatie et

élargie. Ce toit crânien est donc légèrement plus large que long. Il ne faut pas oublier cependant que les plaques latérales gauches sont absentes. Si on les imagine en place et de même dimension que leurs plaques correspondantes droites, on obtient une largeur de 8 cm contre une longueur de 5,5 cm. Donc un spécimen sensiblement plus large que long. Pour la reconstitution (Fig. 19,2), il a fallu tenir compte de la déformation due à l'écrasement et corriger la déformation transversale exagérée. Même après cette correction, nous avons obtenu une longueur de 5,5 cm contre une largeur de 7 cm. Il est difficile de faire une plus grande correction, car, après tout, l'écrasement a dû également jouer dans le sens longitudinal.

Un moulage (pl. XXVII, fig. 2) de l'empreinte (pl. XXVIII, fig. 1) a permis d'obtenir le parcours exact des canaux sensoriels, tandis qu'une dissolution lente à l'acide HCL dilué et un dégagement progressif à l'aiguille ont permis d'obtenir avec assez d'exactitude des limites ou sutures des plaques dermiques, d'après l'orientation et la longueur des stries de radiation provenant des centres d'ossification de chacune des plaques.

Une partie de l'os dermique avec son ornementation superficielle était demeurée sur la face dorsale du toit crânien (la figure 1 de la planche XXVI, montre un stade intermédiaire de dégagement). L'os a donc été enlevé afin de révéler la face dorsale et le contour de l'os postethmo-occipital et les parties latérales exosquelettiques du toit crânien.

Deux caractères principaux sont à l'origine de l'établissement de ce nouveau genre : l'ornementation superficielle de l'exosquelette et la forme de la dépression sub-paranuchale (*f.d. end.*) (ou, en vue ventrale, de l'épaississement exosquelettique (*ép. end.*)). Considérons tout d'abord l'ornementation superficielle. Nous décrirons plus bas la forme de la dépression sub-paranuchale.

L'ornementation superficielle de la face dorsale du toit crânien de cette espèce est caractérisée par des tubercules assez gros, à sommet arrondi et uniformément distribués (pl. XXVI, fig. 2) (pl. XXIX, fig. 7) sans être disposés en rangées concentriques régulières. Notons toutefois, que les tubercules sont un peu plus petits sur les bords des plaques préorbitale (PRO) et post-orbitale (PTO). Ici et là, on peut voir entre les gros tubercules et même chevauchant sur la base de ces derniers, des tubercules plus petits (pl. XXIX, fig. 7) qui semblent bien représenter une seconde génération, phénomène qui a été souvent observé, spécialement en lame mince (Orvig, 1957, et Gross 1957), chez *Phlyc-taenaspis acadica* (Whiteaves). Des lames minces ont été faites dans des os de plaques isolées de boucliers thoraciques que l'on attribue à cette espèce. L'une d'entre elles, préparée à même le spécimen NMC-10941, est illustrée (pl. XXXIV, fig. 1). Elle représente une plaque post-temporale (ADL) de même type que celle du spécimen NMC-10939 (pl. XXXIII, fig. 2A et 2B) décrit plus

bas et que nous attribuons à *Gaspeaspis cassivii*. Les cellules osseuses unipolaires caractéristiques sont bien visibles sur la lame mince du spécimen NMC-10941.

La forme des plaques dermiques du toit crânien est à peu près la même que celle des plaques de *Quebecaspis russelli*, sauf peut-être que les plaques pariétales sont plutôt quadrangulaires, alors que celles de *Quebecaspis* sont nettement rectangulaires dans le sens antéro-postérieur. Malgré cette différence dans la forme, les plaques pariétales s'enfoncent vers l'arrière en longeant médialement la plaque nuchale sur plus de la moitié de sa longueur comme chez *Quebecaspis*. La plaque nuchale est longue et étroite, légèrement plus longue que la moitié de la longueur totale du toit crânien (sans inclure les plaques pinéale et rostrale puisqu'elles sont absentes sur ce spécimen-type). Le centre d'ossification de la plaque nuchale est situé loin en arrière, au point le plus haut de la crête médiane comme chez *Quebecaspis*.

Le parcours des lignes sensorielles ne présente rien de distinctif et on ne peut savoir s'il y avait des "pit line" moyenne et postérieure. Par contre, nous avons pu déceler un petit tronçon du sillon profond (*cpf*) sur la plaque préorbitale (PRO) droite. Il est très probable également qu'une légère dépression longitudinale entre les tubercules de l'os dermique de la plaque paranuchale (PAN) représente la commissure occipitale supratemporale (*cost.*).

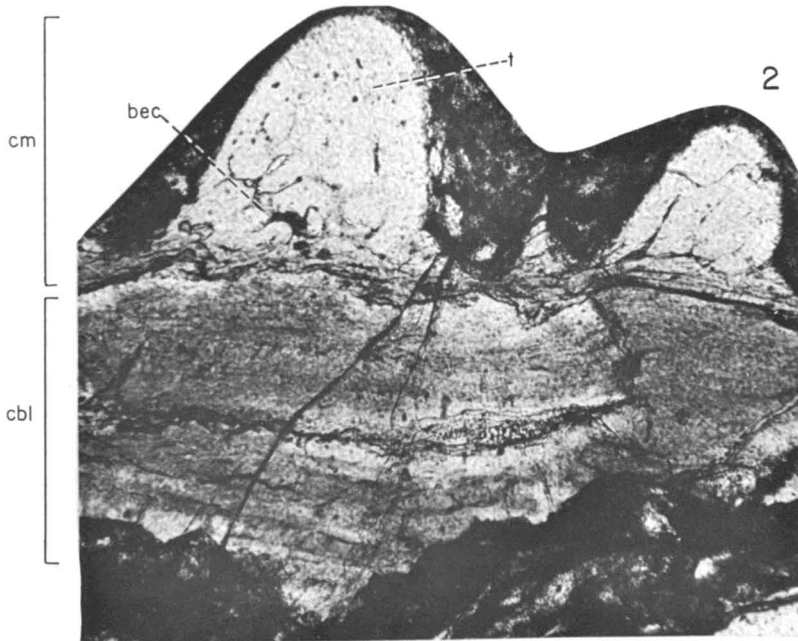
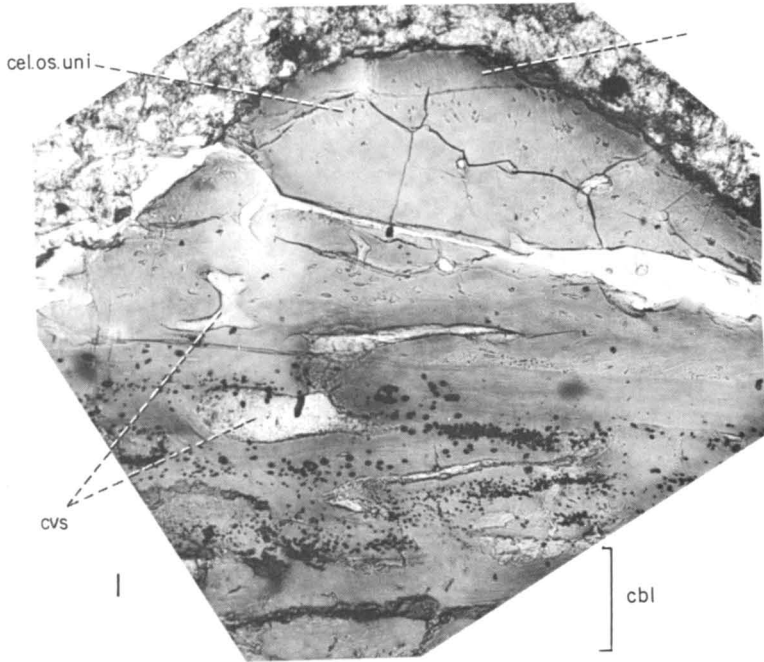
Si on observe la face dorsale de l'os postethmo-occipital (pl. XXVI, fig. 1 et son dessin correspondant, Fig. 20,4), on peut noter des *foramina* à peu près symétriques sur la plaque nuchale, qui doivent représenter des orifices de canaux de petits nerfs, ou diverticules issus de la face dorsale médiane du

PLANCHE XXXIV, *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. Fig. 1 — Plaque post-temporale (ADL). Spécimen NMC-10941. lame mince transversale dans un tubercule. On peut voir les cellules osseuses unipolaires (*cel. os. uni.*) dans la partie supérieure du tubercule, mais on ne distingue pas de couche d'émail dans la couronne du tubercule (Gross, 1957, fig. 9, *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves); x 110. Gisement: lit de "mudstone" à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon.

Fig. 2 — *Cephalaspis lunata*, n. sp. Spécimen-type unique NMC-10697. lame mince transversale dans l'exosquelette sur le bouclier céphalique près du sinus pectoral. Il n'y a pas de couche superficielle. Les tubercules représentent la couche moyenne qui est donc discontinue. La couche basale lamellaire est encore assez épaisse; x 110. Donc, une situation très différente de celle de *Cephalaspis jexi* Traquair où les tubercules comportent des tubules de mésodentine (Orvig 1966, fig. 3D et p. 24). Gisement: lit de schiste à "Euryptérides", zone 1, D'Aiguillon.

Abréviations: *bec*, branche externe des canaux radiaires dans la couche moyenne de l'exosquelette, représentée par les tubercules sur *C. lunata* n. sp.; *ct*, couronne du tubercule; *cbl*, couche basale lamellaire; *cm*, couche moyenne de l'exosquelette; *cel. os. uni.*, cellule osseuse unipolaire; *t*, tubercule; *cvs*, canal vasculaire sanguin.

Pl. XXXIV



cerveau. De plus, on peut voir l'orifice du canal du nerf supra-temporal du vague (*c. st. X*) dans l'angle postérieur et latéral de la plaque pariétale droite, au contact de la plaque paranuchale. Comme il a été observé sur *Quebecaspis russelli*, la suture entre ces deux plaques est différente selon qu'on l'étudie en face dorsale ou ventrale, de sorte que le dessin peut prêter à confusion. En réalité, il y a toutes chances pour que l'orifice de ce canal soit sur la plaque paranuchale, mais tout près du contact avec la plaque pariétale.

Si on considère maintenant le moulage de la face dorsale de l'os postethmo-occipital et des parties latérales exosquelettiques du toit crânien (pl. XXVIII, fig. 2 et son dessin correspondant, Fig. 20,5 et pl. XXX, fig. 3), on obtient le contour de l'os postethmo-occipital. Antérieurement, on distingue nettement la lamelle ventrale (*la. v.*) exosquelettique de la plaque préorbitale (PRO) attachée au bord antérieur du mur dorsal de l'os postethmo-occipital. Sur le côté droit (gauche sur le dessin, Fig. 20,5), on peut suivre la lamelle descendante latéro-caudale (1c.1) du toit crânien exosquelettique jusqu'à sa partie postérieure. Ces lamelles limitent donc antérieurement, latéralement et postérieurement l'os postethmo-occipital des structures exosquelettes limitrophes, comme la division supra et post-oculaire (*dpo* et *dso*) de la région supra-orbitale (en face inférieure) du toit crânien exosquelettique.

Sur ce moulage, (pl. XXVIII, fig. 2) les processus apparaissent également très bien, sauf le processus supra-orbitaire qui n'est pas bien individualisé. Il faut dire qu'il y a une cassure dans cette région (pl. XXX, fig. 3) et que par conséquent, la forme de ce processus n'est peut-être pas absolument exacte. On peut observer un processus court, mais anguleux qu'on appelle le processus supra-orbitaire postérieur (*pr. sop*) (inexistant ou du moins pas décrit chez *Kujdanowiaspis*) en arrière du processus supra-orbitaire (*pr. so.*) proprement dit. Le processus post-orbitaire antérieur (*pr. poa*) est bien dégagé, bien que son extrémité distale soit plutôt arrondie. Quant au processus post-orbitaire postérieur (*pr. prop*), il est fortement projeté latéralement. Malheureusement, il y a une cassure dans cette région et on ne peut déterminer s'il comporte deux branches (une antérieure et une postérieure) comme c'est le cas chez *Kujdanowiaspis* et sur d'autres Arthrodires (Stensiö, 1945, 1963). C'est à cause de cette cassure également qu'on ne peut établir l'existence ou la présence de la plaque pré-operculaire dorsale (PMG).

La plaque nuchale (NU) comporte une dépression allongée importante, la dépression causée par la partie médiane principale de l'os postethmo-occipital, comprenant les processus supra-orbitaire et post-vagal. Le point le plus bas de cette dépression correspond à la crête dorsale médiane qui est courte et située très à l'arrière proportionnellement à la longueur de la plaque.

C'est peut-être la plaque paranuchale (PAN) qui est la plus intéressante pour les structures qu'elle comporte. On a dégagé ces structures en enlevant

l'os dermique à l'aiguille et à l'acide HCl dilué. On peut, en effet, observer le processus supra-vagal (*pr. sv*) dont les deux côtés sont presque à angle droit, même si la pointe de cet angle est assez arrondie. La forme de l'épaississement exosquelettique (*ép. end.*), où se loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus, dont on peut distinguer un petit tronçon en impression (*i.d. end. e.*), est très évasée à l'avant et médialement (Fig. 20,4 et 5, pl. XXVIII, fig. 2). Cette structure est le caractère fondamental pour distinguer *Gaspeaspis cassivii* de *Quebecaspis russelli* dont la plaque paranuchale porte un épaississement exosquelettique (ou fosse, si on regarde la face dorsale), allongé, étroit, de forme tubulaire (Fig. 20, 1 et 2, pl. XXVIII, fig. 4).

La fosse articulaire (*f. art.* 1.) occupe presque toute la largeur postérieure de la plaque paranuchale et elle est profonde dans les directions verticale et antéro-postérieure, ce qui suggère que le processus glénoïde de la plaque post-temporale (ADL) doit être large et puissant. C'est ce qu'indiquent d'ailleurs les spécimens de ces plaques que l'on décrit plus bas comme étant caractéristiques de *Gaspeaspis cassivii*.

On peut constater enfin que le processus occipital para-articulaire (*po. pa*) exosquelettique est profond verticalement, bien développé transversalement et dans la direction antéro-postérieure, de sorte qu'on peut en conclure que les mouvements latéraux entre le bouclier thoracique et le toit crânien devaient être à peu près inexistant, ce qui empêchait tout déboîtement latéral.

Avant de discuter ce nouveau genre, nous voulons faire la description d'un certain nombre de spécimens que nous attribuons formellement à *Gaspeaspis cassivii*.

Autres spécimens attribués à *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. :

Spécimen NMC-10883 ; de la zone 1, lit de "mudstone", D'Aiguillon, (pl. XXXII, fig. 1A, 1B ; 2, 3A et 3B).

Bouclier thoracique en vue ventrale avec ses plaques *in situ*, bien que légèrement déplacées, et l'empreinte de l'ornementation superficielle de la face externe ventrale de l'exosquelette. Il s'agit d'un animal de taille modeste qui s'adapterait parfaitement au toit crânien du spécimen-type 10746. La longueur totale, en reconstituant la partie postérieure des plaques postéro-ventro-latérales (PVL) serait d'environ de 5,5 cm, soit donc la longueur même du toit crânien (spécimen-type, 10746). Les plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) ont une longueur de 3,2 cm, tandis que la plaque spinale (SP) est longue de 3,5 cm environ. Cette plaque spinale *in situ* est donc de moitié moins longue que les plaques spinales (spécimens NMC-10717 et 11143 (pl. XXXII, fig. 4), décrites plus haut et qu'on a rapprochées de *Quebecaspis russelli*.

Un moulage de l'empreinte permet d'apprécier l'ornementation superficielle de l'exosquelette de la face ventral du bouclier thoracique. Les tubercules sont assez gros pour des plaques d'une taille aussi modeste. Sur les plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) ils sont à peu près de même grosseur et répartis uniformément sauf que près des bords, ils sont disposés en 3 ou 4 rangées concentriques assez régulières. Sur les plaques postéro-ventro-latérales (PVL), les tubercules sont un peu plus gros et leur disposition en rangées concentriques est évidente, surtout vers le bord antérieur, c'est-à-dire le bord qui comprend la zone de recouvrement par la plaque AVL (XXXII, fig. 1B). Malgré un essai de dégagement dans la partie médiane de ces plaques ventrales, on n'a trouvé aucune trace de plaques ventrales médianes ; l'interclavicule (AMV) et la plaque postéro-médio-ventrale (PMV). Par contre, il a été possible d'enlever la plaque spinale (SP) et de dégager la vue latérale du bouclier thoracique. Malheureusement, il est clair que le bouclier thoracique a été écrasé (Pl. XXXII, fig. 2), car les plaques sont disloquées. Par exemple, la plaque post-temporale (ADL) est écrasée sous la plaque cleithrale dorsale (AL), alors que dans la réalité, c'est la situation inverse qui existe. Mais il est relativement facile de situer la position relative des plaques cleithrale dorsale (AL), post-temporale (ADL), cleithrale antéro-ventrale (AVL), postéro-ventro-latérale (PVL) et supra-cleithrale (PDL) les unes par rapport aux autres.

Nous avons également réussi à dégager une partie de la face dorsale du bouclier thoracique et à faire un moulage de la face externe des plaques cleithrale dorsale (AL) (pl. XXXII, fig. 3A) et post-temporale (ADL) (pl. XXXII, fig. 3B). Or, l'ornementation superficielle de ces plaques est absolument semblable à celle des plaques isolées que nous décrivons ci-dessous et que nous attribuons à *Gaspeaspis cassivii*, en particulier les plaques cleithrales dorsales

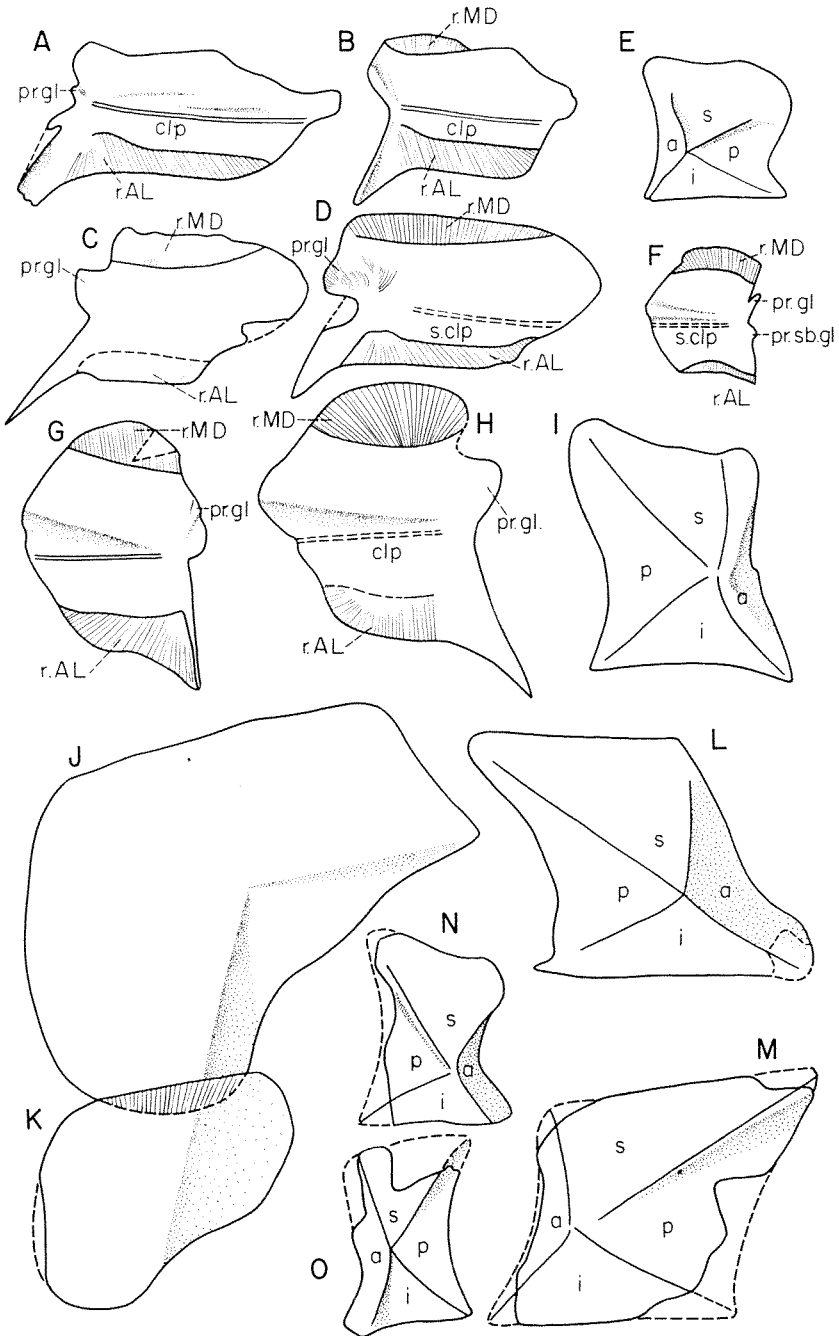
FIG. 22 — *Cartieraspis nigra* n. gen. n. sp. ; x 2.5 (A) Plaque ADL (NMC-10745, cf. pl. XXXVI, fig. 5). (B) Plaque ADL (NMC-11239, cf. pl. XXXVI, fig. 4). (C) Plaque ADL (NMC-10773, cf. pl. XXXVI, fig. 6). (D) Plaque ADL (NMC-11216, cf. pl. XXXVI, fig. 7).

Kolpaspis beaudryi n. gen., n. sp. ; x 2.5. (E) Plaque AL (NMC-11205, cf. pl. XXXVI, fig. 8) (F) Plaque ADL (NMC-11210, cf. pl. XXXVI, fig. 10B).

Gaspeaspis cassivii, n. gen. n. sp. ; x 1. (G) Plaque ADL (NMC-11138, cf. pl. XXXIII, fig. 6). (H) Plaque ADL (NMC-10985, cf. pl. XXXIII, fig. 5).

Quebecaspis russelli n. gen., n. sp. ; x 1. (I) Plaque AL (NMC-10958, cf. pl. XXXIII, fig. 11). (J) Plaque AVL (NMC-10751, cf. pl. XXXIII, fig. 10). (K) Plaque PVL (NMC-11145, cf. pl. XXXII, fig. 7). *Gaspeaspis cassivii* n. gen., n. sp. ; x 1. (L) Plaque AL (NMC-11137, cf. pl. XXXIII, fig. 7A) *Batteraspis fulgens* n. gen., n. sp. ; x 1. (M) Plaque AL (NMC-10957, cf. pl. XXXIII, fig. 10). ?*Cartieraspis nigra* n. gen. n. sp. (N) Plaque AL (NMC-11148, cf. pl. XXXIII, fig. 4). ?*Quebecaspis russelli* n. gen. n. sp. ; x 1. (O) Plaque AL (NMC-11153, cf. pl. XXXIII, fig. 9).
Gisement : voir les références aux planches pour chaque spécimen.

fig. 22



(spécimens : 11136 et 11137) dont l'ornementation est semblable à celle du spécimen-type et si différente de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves).

Spécimen NMC-10858 (pl. XXXII, fig. 5), zone 1, lit de "mudstone" D'Aiguillon. NMC-11140 (pl. XXXII, fig. 6), zone 6A, horizon de schiste.

Le moulage de ces deux spécimens permet de constater la ressemblance parfaite entre ces deux plaques postéro-ventro-latérales (PVL) tant par la forme que par l'ornementation, avec les plaques correspondantes in situ sur le bouclier thoracique (spécimen 10883), décrit ci-haut. Or, la forme de ces plaques mérite un instant d'attention. Nous venons de voir qu'il n'a pas été possible de déceler l'existence ou la présence de plaques antéro-médio-ventrale (interclavicule) (AMV) et postéro-médio-ventrale (PMV) sur le spécimen du bouclier thoracique. Voici maintenant que dans le cas des deux spécimens de plaques postéro-médio-ventrales isolées que nous décrivons, on ne constate aucune échancrure vers le bord antérieur et médian qui puisse suggérer qu'une plaque postéro-médio-ventrale (PMV) pouvait se loger là. De plus, comme sur le spécimen 10883 du bouclier thoracique, les quatre plaques ventrales principales (les deux plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) et les deux plaques postéro-ventro-latérales (PVL) sont in situ et dans leur position normale les unes par rapport aux autres. D'autre part, chez les Dolichothoraci connus, les plaques médianes ventrales (AMV et PMV) sont recouvertes sur leur quatre côtés (Denison, 1958) par les quatre plaques principales ; on ne voit donc pas comment ces plaques médio-ventrales seraient disparues si elles existaient. Si tel était le cas, il faudrait supposer qu'elles étaient très petites, ce qui serait déjà exceptionnel, et que les zones de recouvrement par les quatre autres plaques limitrophes étaient peu développées, disposition qui expliquerait qu'elles aient été perdues. Si elles n'existaient pas, alors on aurait une situation absolument unique.

Spécimens NMC-11735 (pl. XXXIII, fig. 1) ; NMC-10939 (pl. XXXIII, fig. 2A et 2B), NMC-10755 (pl. XXXIII, fig. 3A et 3B) NMC-10941 (pl. XXXIV, fig. 1). NMC-10985 (pl. XXXIII, fig. 5 et Fig. 22, H) ; NMC-11138 (pl. XXXIII, fig. 6 et Fig. 22,G).

Ces six spécimens représentent tous des plaques post-temporales (ADL) de différentes dimensions, mais de forme semblable et dont l'ornementation superficielle de l'os dermique est également semblable à celle du spécimen-type NMC-10746 et à celle du spécimen 10883 du bouclier thoracique.

Les moulages des spécimens NMC-11735, NMC-10755 et NMC-11138 révèlent une ornementation superficielle qui est caractérisée par de gros tu-

bercules à sommet arrondi et uniformément répartis. Sur ces spécimens, on peut voir une partie du processus glénoïde. Mais c'est sur les spécimens NMC-10739 et NMC-10985, qui montrent la face ventrale des plaques, que l'on peut voir la forme complète du processus glénoïde. Bien que la plaque du spécimen NMC-10739 soit deux fois plus petite que celle du spécimen, NMC-10985, les processus glénoïdes sont de même forme ; ils sont grands et, dans les deux cas, ils étaient recouverts d'une épaisse couche d'os dermique car ils s'enfonçaient médialement. La robustesse d'un tel processus cadre très bien, comme on l'a dit plus haut, avec la fosse articulaire latérale (*f. art. l.*) large et profonde, située postérieurement à la plaque paranuchale du spécimen-type NMC-10746, représentant un toit crânien.

Les zones de recouvrement par les plaques cleithrale dorsale (AL) en bas, et médio-dorsale (MD) en haut, sont importantes. Les stries de radiation suggèrent que le centre d'ossification était sur la ligne médiane, mais situé tout près du bord antérieur (Fig. 22,G,H). La ligne sensorielle principale (*clp*) est visible depuis le bord antérieur jusqu'à l'extrémité postérieure de la plaque, extrémité qu'il rejoint en s'éloignant progressivement de la ligne médiane de la plaque qui fait saillie. La partie antérieure qui est recouverte par la plaque cleithrale dorsale (AL), forme une sorte d'épine puissante qui suggère qu'elle s'insère profondément sous la plaque cleithrale dorsale (AL). Cette disposition est d'ailleurs confirmée par la structure de cette plaque que nous allons maintenant considérer.

Spécimens 11136 (pl. XXXIII, fig. 8) et 1137 (pl. XXXIII, fig. 7A et 7B et Fig. 22,L).

Ces deux spécimens de plaques cleithrales-dorsales sont encore remarquables par la ressemblance frappante qui existe entre leur ornementation superficielle et celle de tous les spécimens déjà décrits et attribués à *Gaspeaspis cassivii*.

Constatons que la face externe de ces spécimens représente des plaques incomplètes. Nous les avons toutefois correctement orientées l'une par rapport à l'autre sur la planche (pl. XXXIII, fig. 7B et 8). Le spécimen NMC-11137 est de beaucoup plus intéressant, parce que la face ventrale de l'exosquelette découvre une plaque complète (pl. XXXIII, fig. 7A et Fig. 22, L). Notons que cette plaque est divisée en quatre triangles : antérieur (*a*), postérieur (*p*), supérieur (*s*) et inférieur (*i*), et que le centre d'ossification est au point de rencontre des lignes diagonales qui définissent ces quatre triangles, ce qui situe le centre d'ossification un peu plus bas que la moitié de la hauteur de la plaque, mais au tiers antérieur de sa longueur. Le triangle antérieur (*a*) est tourné vers l'intérieur. Cette disposition permet de loger, médialement à la

plaque et dans la région antéro-postérieure, la pointe ou sorte d'épine particulièrement bien développée d'une plaque post-temporale (ADL) comme celles décrites plus haut. On comprend qu'une pointe aussi importante et si bien coincée sous une forte plaque cleithrale-dorsale (AL) donnait à la plaque post-temporale (ADL) une solidité capable d'absorber les chocs provenant des mouvements entre la tête et le thorax, d'autant que le développement des structures concernant l'articulation exosquelettique latérale indique que cette articulation devait jouer un rôle important. On ne possède aucun détail en ce qui concerne l'existence d'une articulation médiane endosquelettique.

Avant d'entreprendre la discussion de ce nouveau genre, et comme préambule, comparons les différences dans l'ornementation, dans la forme et dans les dimensions des différentes plaques post-temporales (AL) qu'on a représentées :

NMC-11148 (pl. XXXIII, fig. 4) indét., ? *Quebecaspis russelli*,
ou peut-être *Cartieraspis nigra* ?

NMC-11153 (pl. XXXIII, fig. 9) indét., ? *Quebecaspis russelli*
ou peut-être *Cartieraspis nigra* ?

NMC-10958 (pl. XXXIII, fig. 11) indét. ? *Quebecaspis russelli*,

NMC-10957 (pl. XXXIII, fig. 10) *Batteryaspis fulgens* n. gen.
n. sp.

DISCUSSION

Gaspeaspis cassivii n. gen., sp., présente des ressemblances frappantes avec *Quebecaspis russelli* n. gen., n. sp., surtout par la forme de ses plaques nuchale et pariétale. Il est vrai que les plaques sont ici un peu moins longues que celles de *Quebecaspis*, mais cela peut-être dû, pour une bonne part, à l'écrasement qu'a subi ce toit crânien comme en témoigne l'absence de plaques latérales. Comme dans le cas de *Quebecaspis* également, on y constate l'absence des plaques rostrale et pinéale (P et R) et de la plaque pré-operculaire (PMG). Nous avons déjà discuté la signification de l'absence des plaques rostrale et pinéale en parlant de *Phlyctaenaspis atholi* n. sp. et *Quebecaspis russelli*. Nous avons également noté à cette occasion, la forme particulière des plaques nuchale et pariétale de *Quebecaspis* et montré que ces plaques présentent un caractère distinctif pour autoriser l'établissement de ce genre nouveau. La même argumentation vaut donc pour *Gaspeaspis cassivii*, puisque ce genre présente les mêmes caractères que *Quebecaspis* sous cet aspect. En conséquence, le spécimen NMC-10746, type de *Gaspeaspis cassivii* est également distinct, avec *Quebecaspis russelli*, de *Phlyctaenaspis atholi* n. sp. Il reste donc à démontrer que le spécimen-type NMC-10746 *Gaspeaspis cassivii*, se distingue du spécimen-type NMC-11135 *Quebecaspis russelli*.

Ces deux genres nouveaux se distinguent par deux caractères principaux. Tout d'abord par l'ornementation superficielle de l'exosquelette. Chez *Quebecaspis*, les tubercules sont moins gros et ont un sommet plus anguleux que chez *Gaspeaspis*.

Le deuxième caractère, et c'est le plus important, concerne la forme de la fosse (en vue dorsale) ou de l'épaississement exosquelettique (en vue ventrale) qui loge la division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus. Chez *Gaspeaspis*, la fosse est très évasée antérieurement et médialement, alors que chez *Quebecaspis*, elle est longue, étroite et de forme tubulaire. Nous ne croyons pas que la fosse évasée de *Quebecaspis* soit un effet de l'écrasement auquel a été soumis le fossile.

Enfin, on peut ajouter un argument d'ordre stratigraphique. En effet, le spécimen-type NMC-11135 de *Quebecaspis* ainsi que tous les spécimens de plaques isolées que nous avons rapprochés de ce genre, sans toutefois les lui attribuer formellement, proviennent de l'horizon de grès de la zone 6A, alors que le spécimen-type NMC-10746 de *Gaspeaspis* et un certain nombre de spécimens de plaques isolées que nous avons formellement attribués à *Gaspeaspis*, proviennent de l'horizon de schiste de la zone 6A. De plus, on a attribué à *Gaspeaspis* un certain nombre de plaques isolées et surtout un bouclier thoracique (spécimen NMC-10883) provenant du lit de "mudstone" à *Cephalaspis* de D'Aiguillon (zone 1). Par contre, dans ce dernier lit fossilifère, pas un seul spécimen de *Quebecaspis* n'a été trouvé.

L'ornementation superficielle des plaques du spécimen NMC-10883 représentant un bouclier thoracique, est semblable à celle des plaques isolées qu'on a attribuées à *Gaspeaspis*. C'est le cas entre la plaque cleithrale dorsale (AL) NMC-10883 (pl. XXXII, fig. 3A) et les spécimens de plaques AL, NMC-11136 (pl. XXXIII, fig. 8) et NMC-11137 (pl. XXXIII, fig. 7A et 7B); entre les plaques post-temporales (ADL) NMC-10883 (pl. XXXII, fig. 3B) et celles des spécimens NMC-11735, NMC-10755, NMC-10985, NMC-10941; entre les plaques postéro-ventro-latérales (PVL) NMC-10883 (pl. XXXII, fig. 1B) et NMC-10858 (pl. XXXII, fig. 5); NMC-11140 (pl. XXXII, fig. 6). Or, l'ornementation des plaques de ce bouclier thoracique est différente des plaques similaires de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) où les tubercules sur des plaques antéro-ventro-latérales (AVL), 2 et même 3 fois plus grandes, sont plus petits que ceux des plaques correspondantes du bouclier thoracique, spécimen NMC-10883.

Chez *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves), l'ornementation superficielle des plaques cleithrales dorsales (AL) et post-temporales (ADL) comporte des tubercules disposés en rangées concentriques régulières (pl. XXX, fig. 7, spé-

cimen NMC-10696 ; Heintz (1933). Or ici, ce n'est pas ce qui frappe à première vue ; de plus, les tubercules sont plus serrés, décidément plus gros et ont un sommet plus arrondi que sur *Phlyctaenaspis acadica*.

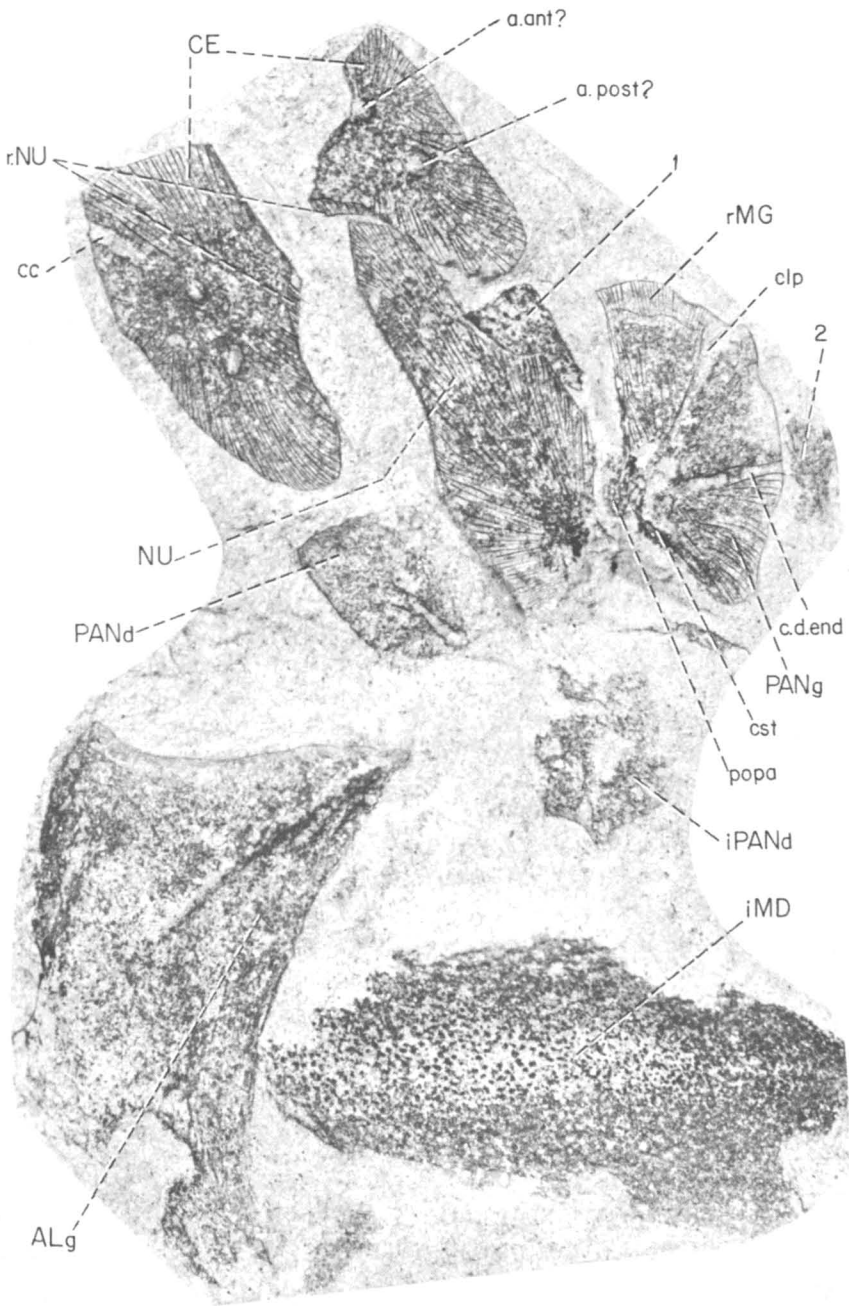
Enfin, rappelons qu'on n'a pu déceler la présence de la plaque postéro-médio-ventrale (PVL) et de l'interclavicule (AVL) sur le bouclier thoracique lui-même où les deux plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) et les deux plaques postéro-ventro-latérales (PVL) sont in situ, même si elles sont un peu déplacées. Si leur absence ne peut faire conclure à leur inexistence pure et simple, elle peut au moins suggérer que ces plaques étaient petites et n'avaient que des zones de recouvrement limitées. En cela, elles seraient déjà différentes de celles de *Phlyctaenaspis acadica*, qui sont assez grandes et surtout comportent de larges zones de recouvrement. Mais il y a plus. Sur les deux plaques PVL similaires et isolées (spécimens NMC-10858) (pl. XXXII, fig. 5) et NMC-11140 (pl. XXXII, fig. 6), on n'observe pas l'échancrure antéro-médiane que l'on trouve chez *P. acadica* et qui permet l'insertion de la plaque PMV.

Nous avons insisté sur ces différences, car Russell (1947) qui a trouvé des plaques d'Arthrodires à D'Aiguillon, a suggéré, à la suite de Dawson (1871) avec *Coccosteus* et Gardiner (1966) qui parle de *Phlyctaenaspis*) qu'elles pourraient être du genre *Phlyctaenaspis*. Il est vrai qu'à considérer par exemple, la forme des seules plaques post-temporales (ADL) décrites plus haut, on est frappé par la ressemblance de ces plaques avec celles de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) (Heintz, 1933 ; Desison, 1958). Pourtant, une différence capitale existe ; c'est que le processus glénoïde est beaucoup plus grand, plus large et puissant chez *Gaspeaspis* que chez *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves).

PLANCHE XXXV, *Cartieraspis nigra* n. gen., sp. Spécimen-type NMC-10889. Fragment de toit crânien comportant les plaques pariétales (CE), paranuchale (PAN) et nuchale (NU) et deux plaques du bouclier thoracique, la plaque cleithrale dorsale (AL) et la plaque médio-dorsale (MD). L'os dermique est complètement disparu sauf quelques fragments sur la plaque AL et une bonne région sur la plaque MD. Gisement : horizon de schiste, zone 6A ; x 6.

Abréviations : ALg, plaque cleithrale dorsale gauche ; iMD, empreinte de la plaque médio-dorsale ; iPANd, fragment de la plaque paranuchale droite ; PANg, plaque paranuchale gauche ; r.NU, recouvrement de la plaque pariétale par la nuchale ; r.MG, zone de recouvrement de la plaque paranuchale par la plaque marginale. *a.ant* ?, *a.post* ?, crêtes formées par les ampoules antérieure et postérieure ? à moins que ce ne soit dû à un angle dorsal marqué des canaux semicirculaires antérieur et postérieur ; *c.d.end*, division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus (empreinte) ; *cc*, sillon sensoriel central (empreinte) ; *clp*, ligne sensorielle latérale principale (empreinte). 1 — fragment de la plaque pariétale droite (CE) ? 2 — fragment de la plaque paranuchale droite (PAN).

PI.XXXV



ARTHRODIRES INDÉTERMINÉS

Deux plaques pariétales (CE) isolées ont été trouvées dans l'horizon de schiste de la zone 6A. Les spécimens NMC-11141 (pl. XXVII, fig. 4) et NMC-11098 (pl. XXIX, fig. 1A et B). Sur l'une et l'autre plaque on observe des "pit line" moyenne et postérieure (*pm et pp*). Or, en raison du mauvais état du toit crânien du spécimen-type NMC-10746, il a été impossible d'établir l'existence de telles "pit line" sur *Gaspeaspis cassivii*. Par contre, elles sont évidentes sur *Quebecaspis russelli*. Toutefois, la différence de taille entre ces deux plaques isolées (le spécimen NMC-11141 est long de 3,2 cm, tandis que le spécimen NMC-11098 est long de 12 mm seulement), la différence d'ornementation entre ces deux plaques et celles-ci avec *Quebecaspis*, nous a poussé à les rapprocher de *Quebecaspis* sans les attribuer formellement à ce genre. D'autant plus que la petite plaque ressemble beaucoup par sa forme et ses dimensions à celle de *Laurentaspis splendida* n. gen., n. sp. (spécimen NMC-10944) (pl. XXIX, fig. 2A et 2B), qui provient de l'horizon de schiste du gisement de l'Anse-à-Brillant, sur la rive sud de la Baie de Gaspé (Pageau, 1968).

Cartieraspis nigra n. gen. n. sp.

Spécimen-type : NMC-10889 pl. XXXV, Fig. 19.3). Partie d'un toit crânien comprenant les plaques nuchale, paranuchales et pariétales (NU, PAN, CE) et deux plaques du bouclier thoracique (AL et MD)

Gisement : horizon de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada ; Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

Matériel : Cette espèce est représentée par un abondant matériel (voir la liste des spécimens représentés dans ce travail au Tableau III). Quelques mesures sont données au Tableau I. Enfin, le Tableau II donne la distribution géographique et stratigraphique de cette espèce. En plus, du spécimen-type, on compte 132 plaques isolées de boucliers thoraciques dont 122 proviennent de la zone 6A et 10 autres de différents horizons.

Nom générique : *Cartieraspis*, *Cartier* pour Jacques Cartier, découvreur du Canada en 1534, en débarquant à Gaspé, Québec, Canada, et *aspis*, mot grec qui signifie bouclier.

Nom spécifique : *nigra*, mot latin qui signifie noir, pour souligner la couleur noire de l'os dermique de cette espèce.

DESCRIPTION

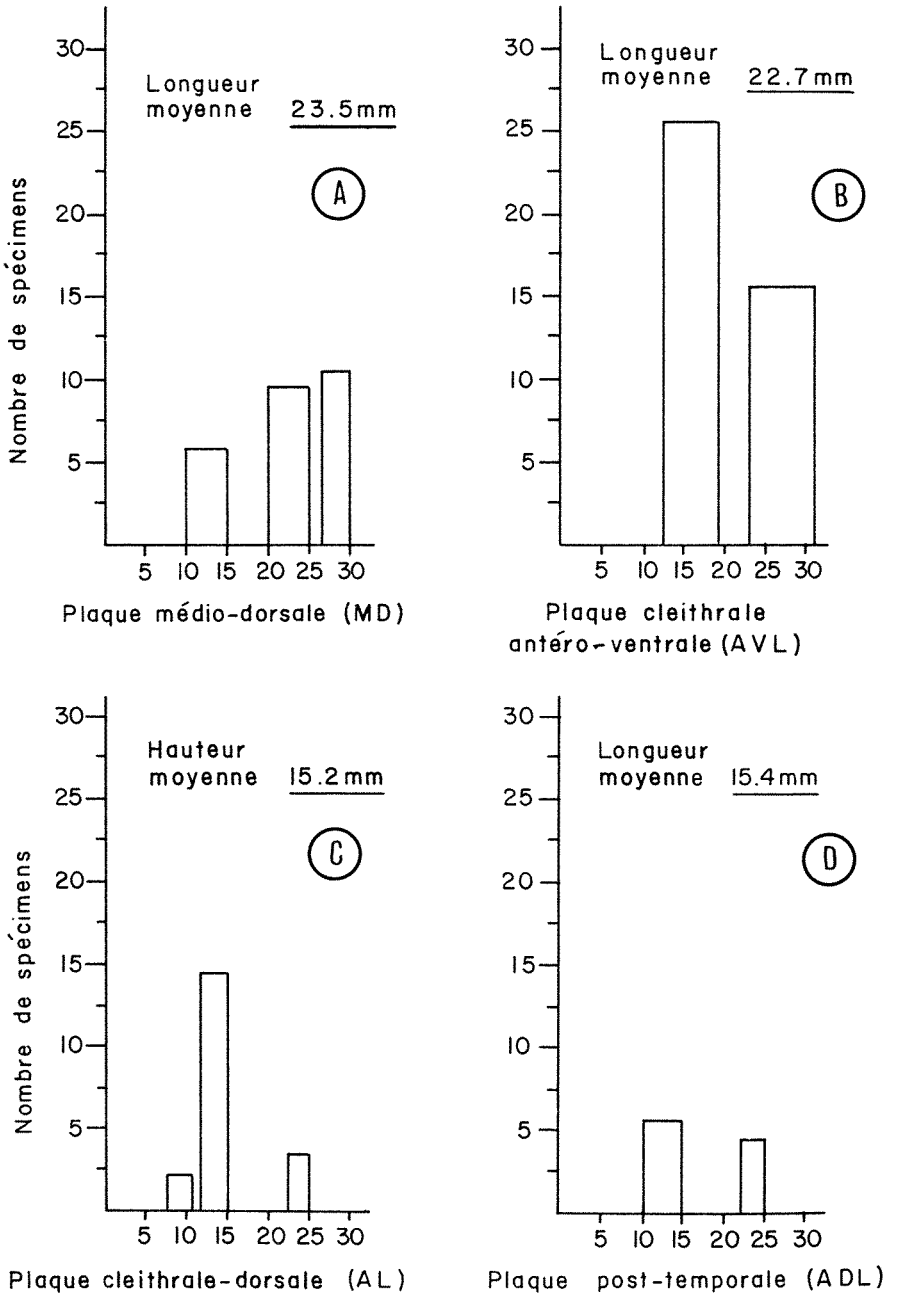
Le spécimen-type représente quelques plaques d'un toit crânien et deux plaques (AL et MD) d'un bouclier thoracique d'un tout petit animal. Que ce soit un petit animal cela est indiqué par la plaque cleithrale dorsale (AL) de ce spécimen, dont la hauteur de 10 mm est de en dessous de la hauteur des plus petites plaques AL isolées de la même espèce, dont au moins 14 se situent entre 13 et 16 mm de hauteur contre 3 seulement qui se situent entre 17 et 20 mm. (fig. 23, C).

Ce qui frappe d'abord, en considérant les plaques du toit crânien du spécimen-type, c'est que la plaque nuchale (NU) est très longue et s'enfonce vers l'avant entre les plaques pariétales (CE) sur plus de la moitié de leur longueur, (pl. XXXV), de sorte que les plaques pariétales comportent médialement une échancrure concave pour loger la plaque nuchale sur plus de la moitié de sa longueur. C'est une disposition en tous points similaire à celle rencontrée chez *Quebecaspis russelli* et *Gaspeaspis cassivii*.

La plaque nuchale (NU) recouvre antérieurement les deux plaques pariétales (CE et rNU). Il est évident que la plaque nuchale est longue absolument, mais on ne peut établir sa longueur relative par rapport à la longueur totale du toit crânien, car celui-ci est incomplet. La plaque nuchale est plus étroite sur toute la longueur (à peu près la moitié de sa longueur) où elle longe les plaques pariétales. C'est là une disposition différente de celle rencontrée sur *Quebecaspis* et *Gaspeaspis* où la plaque nuchale a ses bords latéraux parallèles sur presque toute sa longueur, sauf antérieurement où elle se rétrécit pour former une pointe entre les pariétales.

Les plaques pariétales (CE) sont deux fois et demie plus longues que larges. Comme l'ornementation superficielle de l'exosquelette n'est pas conservée on ne peut relever aucune trace de "pit line" moyenne ou postérieure. Par contre, sur la plaque centrale gauche qui est complète, on distingue très bien l'empreinte laissée par le sillon sensoriel central (cc) qui est court et n'atteint pas le centre d'ossification. Ce dernier a bien l'air d'être central à la plaque, si on en juge par les stries de radiation tout autour de la plaque qui convergent vers le centre. Un caractère assez remarquable et jusqu'à un certain point, énigmatique, est la présence sur les deux plaques pariétales de deux petites crêtes de forme circulaire. Si ces crêtes correspondent, comme on peut le penser aux canaux semi-circulaires antérieur et postérieur, on aurait là une structure tout à fait particulière, car habituellement, les canaux semi-circulaires ont une structure allongée, de sorte que sur la face dorsale de l'os postethmo-occipital, ils apparaissent sous la forme de crêtes également allongées. Il est possible que les crêtes circulaires du présent spécimen soient dues à des angles dorsaux très prononcés des canaux semi-circulaires antérieur et postérieur, un peu comme chez *Salmo salar* (Stensiö, 1963). Il est possible également qu'elles soient dues à une position dorsale exceptionnelle des ampoules de ces mêmes canaux (? a. ant. et ? a. post.) (Fig. 19,3).

On aura noté que les plaques du toit crânien de ce spécimen ont été disloquées. Ceci est particulièrement net pour les plaques paranuchales (PAN). Ainsi la plaque paranuchale complète qui est à droite de la plaque nuchale (NU) sur le spécimen, est, en fait, la plaque paranuchale gauche. Elle a été replacée dans sa véritable position dans la reconstitution (Fig. 19,3). Sur cette plaque paranuchale gauche, on distingue les empreintes laissées par la ligne

Cartieraspis nigra n. gen., n. sp.FIG. 23 — Histogrammes des dimensions de *Cartieraspis nigra*, n. gen., n. sp.

sensorielle latérale principale (*clp*) et par le canal (division exosquelettique) du ductus endolymphaticus (*c.d.end.e*), dont l'extrémité distale est située loin en arrière, sans qu'on puisse dire toutefois s'il s'ouvrirait à l'extérieur en perçant l'os dermique de la plaque paranuchale (pl. XXXV et Fig. 19,3).

Notons enfin sur la plaque paranuchale gauche qui est bien conservée, la présence d'un processus occipital para-articulaire (*popa*), caractère que l'on retrouve chez les Coccostéomorphes et les Pachyostéomorphes. De plus, on peut observer un petit pli en creux près du bord postéro-latéral de la plaque paranuchale qui peut suggérer la commissure supra-temporale occipitale (*cost*).

Il faut noter au sujet des plaques du toit crânien de ce spécimen-type que, si on admet que les plaques gauches pariétale et paranuchale ainsi que la nu-chale, sont complètes, on obtient ainsi une reconstitution (Fig. 19,3) qui comporte une lacune entre ces trois plaques. On peut donc penser qu'il y a eu ici une certaine déformation des plaques comme en témoigne la dislocation de celles-ci, et que la plaque paranuchale n'est pas complète : son bord antéro-médian serait absent.

Plaques isolées de boucliers thoraciques : La présente collection compte 132 spécimens portant des plaques isolées de boucliers thoraciques, dont 122 proviennent de la zone 6A (119 de l'horizon de schiste et 3 seulement de l'horizon de grès) et 10 spécimens seulement de trois affleurements différents, ceux des zones suivantes : zone 6B, zone 1 de D'Aiguillon et zone 11 de Beau-dry creek. Au tableau II, on trouvera la distribution géographique et stratigraphique de ces plaques, tandis qu'à la figure 23, on trouvera leur répartition quant à leurs mensurations.

Le Tableau II p. 872 appelle toutefois quelques commentaires. D'abord, cette espèce est abondamment représentée dans l'affleurement de la zone 6A, et particulièrement dans l'horizon de schiste. Notons que les seules plaques de toit crânien que nous possédons sont celles du spécimen-type NMC-10889, qui provient du même horizon. Donc, un seul spécimen de toit crânien, — et encore est-il incomplet, — contre 132 spécimens de plaques isolées de boucliers thoraciques. De plus, la représentation de ces plaques est fort inégale. Ainsi, on a seulement 6 plaques postéro-ventro-latérales (PVL) contre 43 plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) ; 13 plaques seulement post-temporales (ADL) contre 37 plaques cleithrales dorsales (AL) et 37 plaques médio-dorsales (MD). Il est donc évident qu'on a affaire ici à toute une population, mais dont les individus ont été soumis à des déplacements considérables.

Toutes ces plaques isolées ont toutefois été attribuées à *Cartieraspis nigra* pour trois raisons. D'abord, elles proviennent en très grande majorité du même horizon stratigraphique bien défini, l'horizon de schiste de la zone 6A. Deuxièmement, et c'est la raison principale, elles présentent une ornementation superficielle tuberculée identique entre elles, mais aussi avec les plaques médio-

dorsale et cleithrale dorsale qui sont associées avec le toit crânien du spécimen-type. Enfin, elles sont toutes de petites dimensions, même si on constate parfois des écarts de 1 à 3 entre les dimensions extrêmes (fig. 23). Toutes ces plaques, en effet, portent des tubercules de grosseur moyenne, proportionnellement à leur taille, — qui sont disposés en 3, 4 ou 5 rangées concentriques régulières près de leurs bords (voir les figures des planches XXXVI et XXXVII).

Les mesures effectuées sur les plaques isolées montrent que *Cartieraspis nigra* était un petit animal, car les plus grandes dimensions sont encore de taille bien modeste avec 30 mm de longueur pour les plus longues plaques médio-dorsales (MD) (Fig. 23,A) et cleithrales antéro-ventrales (AVL) (Fig. 23,B). Par contre, une comparaison entre les histogrammes (Fig. 23, A et B) représentant respectivement les mesures des plaques médio-dorsales (MD) et cleithrales-antéro-ventrales (AVL), suggère une croissance différentielle, car dans le cas des plaques MD, il y a 20 plaques de grande taille (longueur moyenne : 28 mm) contre 6 plaques de petite taille (longueur moyenne de 13 mm), alors que dans le cas des plaques AVL, c'est la situation inverse qui prévaut : 26 plaques de petite taille (longueur moyenne de 18 mm) contre 15 plaques de grande taille (longueur moyenne de 28 mm). Évidemment, le rapprochement des mensurations de ces deux plaques ne peut que suggérer et non pas démontrer péremptoirement une croissance différentielle, car les deux plaques concernées ne sont pas immédiatement en contact sur le thorax.

PLANCHE XXXVI — Fig. 1 — *Cartieraspis nigra* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11221.

Moulage de plaque médio-dorsale (MD) ; x 2. Fig. 2 — Spécimen NMC-11223.

Moulage de plaque médio-dorsale (MD) ; x 2. Fig. 3A, 3B — Spécimen NMC-10737.

Moulage de plaque MD ; 3A. x 1 et 3B. x 2. Note : Les spécimens des fig. 1, 2, 3A et 3B ont leur extrémité postérieure tournée vers le bas. Fig. 4 — Spécimen NMC-11239. Moulage de plaque post-temporale (ADL) ; x 2. Fig. 5. Spécimen NMC-10745. Moulage de plaque post-temporale (ADL) ; x 2. Fig. 6. Spécimen NMC-10773. Face viscérale de plaque ADL ; x 2. Fig. 7 — Spécimen NMC-11216. Face viscérale de plaque ADL ; x 2.

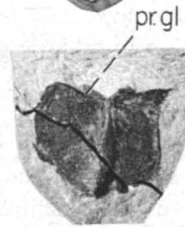
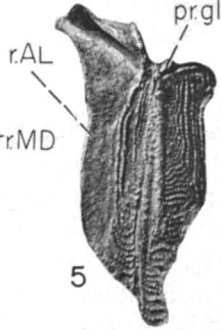
Fig. 8 — *Kolpaspis beaudryi* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11205. Moulage de plaque cleithrale dorsale (AL) ; x 2. Fig. 9 — Spécimen NMC-11214. Moulage de plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL) x 2. Fig. 10A — Spécimen NMC-11208. Plaque paranuchale (PAN) ; x 2. Fig. 10B — Spécimen-type NMC-11210. Plaque post-temporale (ADL) ; x 2.

Fig. 11A, 11B — *Cartieraspis nigra*, n. gen., n. sp. — Spécimen NMC-10762. Moulage de plaque médio-dorsale (MD). 11A, x 7.5, 11B, x 2. Note : les spécimens des fig. 11A, 11B et 12 ont leur extrémité postérieure tournée vers le haut.

Fig. 12 — *Kolpaspis beaudryi* n. gen., n. sp. Spécimen NMC-11300. Plaque médio-dorsale. x 2.

Abréviations : *a, i, p, s*, triangles antérieur, inférieur, postérieur et supérieur ; *c. d. end. e*, division exosquelettique du canal du ductus endolymphaticus ; *clp*, ligne sensorielle latérale principale ; *cr.d*, crête dorsale ; *f.art.1*, fosse articulaire latérale ; *po. pa*, processus occipital para-articulaire ; *pr. gl*, processus glénoïde ; *r. AL*, recouvrement par la plaque cleithrale dorsale ; *r. MD*, recouvrement par la plaque médio-dorsale.

Pl.XXXVI



Le rapprochement entre les plaques médio-dorsales (MD) et post-temporales (ADL) peut être beaucoup plus significatif, car ces plaques sont en contact immédiat sur le corps. Malheureusement, l'argument est infirmé par le fait que l'on compare 10 plaques ADL seulement avec 26 MD (Fig. 23,A et D). Par contre, les histogrammes (Fig. 23,B et C), décrivant les plaques cleithrales dorsales (AL) et cleithrales antéro-ventrales (AVL) qui sont également en contact sur le thorax, montrent une correspondance suggérant que la croissance de ces plaques n'était pas différentielle, mais qu'elle se faisait sensiblement au même rythme sur l'une comme sur l'autre.

Plaques médio-dorsales (MD) : La longueur maximale moyenne de ces plaques est de 23.5 mm contre une largeur maximale moyenne de 13 mm. Les plaques représentées sont conformes à ces dimensions moyennes, avec des longueurs et des largeurs maximales respectives de :

- NMC-11221 : 27 x 12 (pl. XXXVI, fig. 1)
- NMC-11223 : 25 x 12 (pl. XXXVI, fig. 2)
- NMC-10737 : 26 x 13 (pl. XXXVI, fig. 3A)
- NMC-10762 : 20 x 10 (pl. XXXVI, fig. 11B)

C'est donc une plaque qui est au moins deux fois plus longue que large, mais elle donne l'apparence d'être plus étroite encore, car ce rapport longueur-largeur tient compte de la largeur maximale à un endroit précis, juste avant que la plaque ne se rétrécisse postérieurement pour se terminer par une pointe, la projection postéro-médiane (*ppm*) (Fig. 21,L). Antérieurement, la plaque est plus ou moins arrondie. Le centre d'ossification est très loin en arrière et coïncide avec une petite crête médiane. Si la plaque est posée horizontalement et qu'on la regarde de côté (Fig. 21,K), on observe une très légère pente depuis l'avant vers l'arrière avec son sommet à la crête médiane (*cm*).

Lorsqu'en vue dorsale, la face viscérale est exposée par suite de la perte de l'exosquelette, on observe une fente à l'endroit de la crête médiane qui se confond avec le centre d'ossification, et qui est rempli d'os dermique. En vue ventrale, cette fente apparaît comme une petite crête allongée qui peut avoir un relief d'un millimètre en hauteur et une longueur de 3 à 5 mm. Voici quelques spécimens qui montrent une fente, en vue dorsale, après que l'os dermique a été enlevé : NMC-10765, 10989, 11223, 11221, 10940. Par contre, sur le spécimen NMC-10855, on peut voir que cette fente, en vue dorsale, forme une petite crête en vue ventrale (vue viscérale de l'exosquelette). La présence de cette crête est très intéressante, car elle est déjà une carène en puissance (ou le processus ventral de Stensiö, 1959), que l'on trouve chez les Brachythoraci. Par exemple, chez *Gemuendenaspis angusta* (Traquair) (Miles, 1962), *Leios-teus concavus* Gross (Stensiö, 1959), *Rhinosteus parvulus* Gross et *Pholidosteus* sp. (Stensiö, 1959). Il est donc très intéressant d'observer cette petite carène sur la face interne de la plaque médio-dorsale, d'autant qu'elle est très

rare chez les Dolichothoraci. Structure d'autant plus intéressante qu'elle annonce la carène forte et puissante des Brachythoraci comme le souligne Denison, 1958).

Vers le quart postérieur, les bords latéraux commencent à converger pour former, à l'extrémité postérieure de la plaque médio-dorsale (MD), la projection postéro-médiane (*ppm*, Fig. 21,L). Antérieurement à la crête dorsale qui coïncide avec le centre d'ossification, l'ornementation tuberculée s'étend vers l'avant et médialement en une zone triangulaire (*t*) (Fig. 21,L) où les tubercules sont serrés et disposés en petites rangées concentriques assez régulières, transversalement à la longueur de la plaque. Entre cette zone triangulaire (*t*) et les bords latéraux de la plaque, les tubercules sont disposés en rangées concentriques régulières (4 à 7 rangées selon les cas) à peu près parallèles à la longueur de la plaque, mais ces rangées sont beaucoup moins serrées les unes sur les autres que les petites rangées transversales de la zone triangulaire (*t*).

Plaques post-temporales (ADL) (Fig. 22, A, B, C, D ; Fig. 22,I ; pl. XXXVI, fig. 4, 5, 6, 7) : De toutes les plaques isolées de boucliers thoraciques de la présente collection, c'est peut-être la plaque post-temporale qui, avec la plaque médio-dorsale, est la plus caractéristique de *Cartieraspis nigra* n. gen., n. sp. D'abord, ces plaques sont au moins deux fois plus longues que hautes. Un autre trait caractéristique concerne la surface de recouvrement par les plaques cleithrale dorsale (AL) et médio-dorsale (MD). Les surfaces de recouvrement occupent la longueur totale de la plaque post-temporale (ADL), ce qui est le cas habituel, mais surtout, elles occupent une surface transversale importante, qui représente, en moyenne, au moins les deux cinquièmes (2/5) de la hauteur. Sur les plaques où l'ornementation superficielle est conservée, le canal sensoriel principal est visible sur toute la longueur de la plaque (pl. XXXVI, fig. 4 et 5). Dans certains cas, l'os est complètement disparu. On voit alors que la plaque post-temporale de *Cartieraspis nigra* est pourvue d'un processus glénoïde très grand pour un animal de si petite taille (pl. XXXVI, fig. 6 et 7). Un tel processus suppose que le toit crânien de cet animal devait posséder sur le bord postérieur de la plaque paranuchale une fosse articulaire importante et que l'articulation exosquelettique latérale devait avoir un rôle fonctionnel considérable. Notons enfin que le bord latéral de cette plaque en contact avec la plaque cleithrale dorsale (AL) forme, antérieurement, une pointe longue et puissante (à en juger par l'épaisseur de l'os dermique à cet endroit) qui s'insérerait sous la plaque AL antérieurement. Une structure qui assurait de la solidité à une plaque qui devait porter la tension d'une articulation importante.

Plaques cleithrales dorsales (AL) : Les plaques cleithrales dorsales (pl. XXXVII, fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10), sont en général, à peine plus hautes que longues ; elles sont donc presque quadrangulaires. Le centre d'ossification est à la rencontre des lignes diagonales qui divisent les plaques en quatre triangles,

c'est-à-dire qu'il est à peu près à mi-hauteur, mais déporté du centre géométrique vers l'avant. Le triangle antérieur (*a*) (Fig. 21,I) est tourné vers l'intérieur médialement, haut, mais pas très long, formant à son sommet, au centre d'ossification, un angle obtus d'environ 125 degrés. Le fait que le triangle antérieur (*a*) soit tourné vers l'intérieur assure une place pour le logement de la forte pointe de la plaque post-temporale (ADL). L'ornementation superficielle est conforme à celle des plaques déjà décrites. On peut noter que des tubercules sont disposés en rangées concentriques dans les triangles supérieur(s), postérieur (*p*) et inférieur (*i*), alors que le triangle antérieur (*a*) présente des tubercules serrés et uniformément répartis. Enfin, la forme et la taille de ces plaques est conforme à la plaque cleithrale dorsale qui est associée aux plaques du toit crânien du spécimen-type.

Plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) : Les plaques cleithrales antéro-ventrales (pl. XXXVII, fig. 1, 2, 3, 4,) présentent une forme et des dimensions variables. Par exemple, en ce qui concerne les dimensions, on obtient deux groupes : 26 plaques de longueur variant entre 13 et 20 mm et 15 plaques de longueur variant entre 24 et 31 mm (Fig. 23,B). La plus grande variation de forme porte sur le bord spinal (*b. sp.*) qui fait un angle de 45 degrés dans plusieurs cas. Mais cet angle peut être aigu pour se fermer jusqu'à 30 degrés. Malgré ces variations, qui doivent être dues soit à une croissance différentielle (dépendante des plaques limitrophes AL et SP), soit, tout simplement, au plus ou moins bon état de conservation, on a attribué toutes

PLANCHE XXXVII — *Cartieraspis nigra* n. gen., n. sp. Fig. 1 — Spécimen NMC-11169. Plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL). Fig. 2 — Spécimen NMC-11166. Moulage de plaque AVL. Gisement pour ces deux spécimens : lit de schiste, zone 6A. Fig. 3 — Spécimen NMC-10955. Moulage de plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL). *Laurentaspis splendida* n. gen., n. sp. Gisement : lit de schiste contenant des Brachiopodes d'un genre appartenant à la super-famille (ou à une famille parente) des Discinacea Anse-à-Brillant. Fig. 4 — Spécimen NMC-11116. Moulage de plaque AVL ; détail d'ornementation. Gisement : comme pour spécimens de figure 2. Fig. 5 — Spécimen NMC-10774. Plaque cleithrale dorsale (AL) (face viscérale). Gisement : comme pour spécimens de figure 2. Fig. 6 — Spécimen NMC-11147. Plaque AL. Gisement : comme à figure 2. Fig. 7 — Spécimen NMC-10857. Plaque AL. Moulage. Gisement : lit de "mudstone" à *Cephalaspis*, zone 1, D'Aiguillon. Fig. 8 — Spécimen NMC-10770. Plaque AL (moulage). Gisement : comme à figure 2. Fig. 9 — Spécimen NMC-10779. Plaque AL (moulage). Gisement : comme à figure 2. Fig. 10 — Spécimen NMC-10840. Plaque AL (moulage). Gisement : Beaudry Creek, zone 11. Fig. 11 — Spécimen NMC-10990. Plaque postéro-ventro-latérale (PVL). Gisement : lit de schiste, zone 6B. Fig. 12 — Spécimen NMC-10777. Plaque PVL. Gisement : comme à figure 2. Fig. 13 — Spécimen NMC-10778. Plaque PVL. Gisement : comme à figure 2. *Cartieraspis nigra* ? possiblement : *Kolpaspis beaudryi* n. gen., n. sp. Fig. 14 — Spécimen NMC-11213. Plaque PVL (moulage). Gisement : (figure 21, E") comme à figure 2 ci-dessus. Tous les spécimens de cette planche sont : 2.5. sauf celui de la figure 4 : x 7.5. *a, i, p s*, triangles antérieur, inférieur, postérieur, supérieur ; *r. AVL*, zone de recouvrement par la plaque cleithrale antéro-ventrale.

Pl.XXXVII



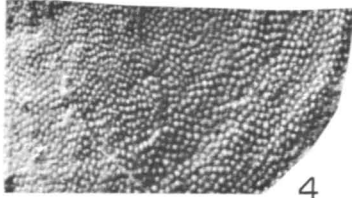
1



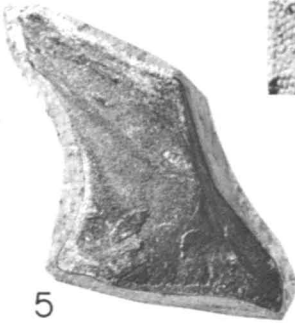
2



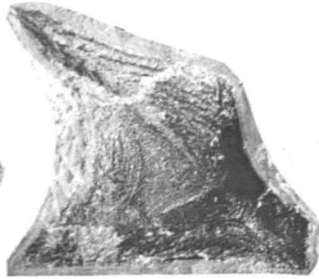
3



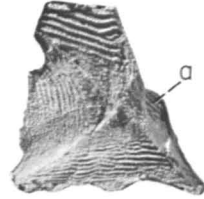
4



5



6



7



8



9



10



11



12



13



14

ces plaques à *Cartieraspis nigra* à cause de leur ornementation tuberculée, similaire à celle des plaques déjà décrites. Pourtant les plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) présentent une ornementation particulière en ce sens qu'on ne retrouve plus sur ces plaques les tubercules en rangées concentriques comme sur les autres plaques décrites ci-dessus, sauf peut-être sur le côté latéral. Il est vrai que ces rangées sont discrètes, étant constituées de tubercules plus petits. On peut les voir sur les spécimens suivants : NMC-10782, 10783, 10784, 11166 et 11172 (pl. XXXVII, fig. 4, pour le n° 11166). Le côté ventral lui-même de la plaque est ornémenté de petits tubercules serrés, uniformément répartis, sans disposition concentrique. Il faut dire que les tubercules sont souvent plus petits sur les plaques AVL que sur les autres plaques ; c'est le cas par exemple chez *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) (Heintz, 1933) et chez *Gaspeaspis cassivii* n. gen. n. sp., (pl. XXXII, fig. 1B).

De toutes façons, il faut bien attribuer à *Cartieraspis nigra* toutes ces plaques AVL, car seule cette espèce est représentée par un grand nombre d'autres plaques de boucliers thoraciques, d'autant que toutes ces plaques proviennent du même horizon stratigraphique (schiste de la zone 6A).

TABLEAU II

Distribution géographique et stratigraphique. *Cartieraspis nigra* n. gen., n. sp.

Type de plaques (1)	Nombre de spécimens	Zones			
		6A	6B	I (D'Aiguillon, lit de « mudst ».)	II (Beaudry creek)
ADL	13	12 (2)			
MD	37	31 (3)	2 (6)	1 (5)	
AL	37	34		3 (7)	1 (9)
AVL	40	40 (4)		2 (8)	1 (9)
PVL	6	5	1 (10)		
Total	132	122	3	6	1

(1) ADL — plaque post-temporale
 MD — plaque médiadorsale
 AL — plaque cleithrale dorsale

AVL — plaque cleithrale antéro-ventrale
 PVL — plaque postéro-ventro-latérale

- (2) Le spécimen NMC-10910 provient du lit z de la zone 6A
 (3) Le spécimen NMC-11232 provient de l'horizon de grès zone 6A
 (4) Le spécimen NMC-11185 provient de l'horizon de grès zone 6A
 (5) Le spécimen NMC-10929 provient du lit de « mudstone », zone I, D'Aiguillon
 (6) Les spécimens 10989 et 10991 proviennent de l'horizon de schiste, zone B
 (7) Les spécimens 10844, 10855, 10940, proviennent du lit « mudstone », zone I d'Aiguillon.
 (8) Les spécimens 10856, 10857 proviennent du lit de « mudstone », zone I D'Aiguillon.
 (9) Le spécimen 10840 provient de la zone II, Beaudry creek
 (10) Le spécimen 10990 provient de l'horizon de schiste de la zone 6B.

Plaques postéro-ventro-latérales (PVL) : Nous n'avons trouvé que quelques plaques PVL (pl. XXXVII, fig. 11, 12, 13, 14). Elles ont été attribuées à *Cartieraspis nigra* parce qu'elles présentent une ornementation identique à celles décrites ci-haut. La face ventrale présente une ornementation comportant de petits tubercules serrés et uniformément distribués sur toute la surface comme c'est le cas pour les plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL). Par contre, sur le côté latéral, on observe des rangées concentriques régulières de tubercules, tout à fait semblables à celles observées sur les plaques médio-dorsales (MD), post-temporales (ADL) et cleithrales-dorsales (AL). Les dimensions correspondent bien à la moyenne des dimensions des plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL) et la zone de recouvrement des plaques PVL suggèrent que les plaques AVL décrites ci-dessus s'y adapteraient parfaitement.

TABLEAU III

Spécimens de *Cartieraspis nigra* n. gen., n. sp. représentés dans ce travail.

Spécimen — type	NMC-10889	(pl. XXXV, Fig. 19,3)
Plaques MD, spécimens	NMC-11221	(pl. XXXVI, fig. 1)
	NMC-11223	(pl. XXXVI, fig. 2)
	NMC-10737	(pl. XXXVI, fig. 3A,B)
	NMC-10762	(pl. XXXVI, fig. 11A,B)
Plaques ADL, spécimens	NMC-11239	(pl. XXXVI, fig. 4 et Fig. 22,B)
	NMC-10745	(pl. XXXVI, fig. 5 et Fig. 22,A)
	NMC-10773	(pl. XXXVI, fig. 6 et Fig. 22,C)
	NMC-11216	(pl. XXXVI, fig. 7 et Fig. 22,E)
Plaques AVL, spécimens	NMC-11169	(pl. XXXVII, fig. 1)
	NMC-11166	(pl. XXXVII, fig. 2)
	NMC-10955	(pl. XXXVII, fig. 3)
	NMC-11116	(pl. XXXVII, fig. 4)
Plaques AL, spécimens	NMC-10774	(pl. XXXVII, fig. 5)
	NMC-11147	(pl. XXXVII, fig. 6)
	NMC-10857	(pl. XXXVII, fig. 7)
	NMC-10770	(pl. XXXVII, fig. 8)
	NMC-10779	(pl. XXXVII, fig. 9)
	NMC-10840	(pl. XXXVII, fig. 10)
Plaques PVL, spécimens	NMC-10990	(pl. XXXVII, fig. 11)
	NMC-10777	(pl. XXXVII, fig. 12)
	NMC-11213	(pl. XXXVII, fig. 14)

ADL — plaque post-temporale

AL — plaque cleithrale dorsale

MD — plaque médio-dorsale

PVL — plaque postéro-ventro-latérale

AVL — plaque cleithrale antéro-ventrale

DISCUSSION (spécimen-type : NMC-10889) (pl. XXXV et Fig. 19,3).

Si la plaque nuchale (NU) est longue et étroite et si les plaques pariétales (CE) s'étendent postérieurement de chaque côté de la nuchale sur plus de la moitié de sa longueur totale comme c'est le cas chez *Quebecaspis russelli* et *Gaspeaspis cassivii*, une différence notable distingue la présente espèce de ces deux dernières : chez *Cartieraspis* en effet, la plaque nuchale est plus étroite dans sa moitié antérieure que dans sa moitié postérieure, alors que la plaque nuchale de *Quebecaspis* et celle de *Gaspeaspis* sont de même largeur, leurs bords latéraux étant parallèles, sur toute la longueur, sauf vers l'extrémité antérieure où les bords latéraux convergent médialement en une pointe. De plus, la plaque nuchale de *Cartieraspis* recouvre, antérieurement et médialement, les plaques pariétales (CE). C'est donc, une situation différente de celle observée chez *Kujdanowiaspis podolica* (Brotzen) (Stensiö, 1945), (Fig. 18,2) où ce sont les pariétales qui, postérieurement et médialement, recouvrent la nuchale. On ne peut distinguer chez *Cartieraspis* de plaque centro-médiane distincte (indépendante ou soudée) comme chez *Kujdanowiaspis zychi* (Stensiö, 1945). La plaque paranuchale (PAN) comporte un processus occipital para-articulaire latéral (*po. pa*) exosquelettique.

La plaque post-temporale (ADL) est toujours plus longue que haute, parfois deux fois plus longue que haute ou tout au moins dans un rapport de 3 à 2 comme chez *Diadsomaspis elongata* Gross (Denison, 1958), alors que chez *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) et *P. atholi* n. sp., la plaque est (Denison, 1958) moins longue que haute donnant un rapport de 2 à 3. Elle comporte de plus un processus glénoïde bien développé qui en fait un Phlyctaenaspinae, (Denison 1958), et une pointe antérieure longue et puissante du côté de la plaque cleithrale dorsale (AL) sous laquelle elle s'insérait pour s'assurer une grande solidité, car elle devait supporter les efforts de l'articulation entre le toit crânien et le thorax.

La plaque cleithrale dorsale (AL) est quadrangulaire comme chez *Arc-tolepis decipiens* Heintz (Denison, 1958), mais le centre d'ossification est moins central que chez ce dernier genre.

La plaque médio-dorsale (MD) est longue et étroite, ce qui est aussi un caractère Phlyctaenaspinae. Par son ornementation et sa forme, elle est très ressemblante à celle de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) (Heintz, 1933), (Fig. 20,6), mais bien différente sous ces deux aspects de *P. atholi* n. sp. (Fig. 20,7) (et le spécimen RSM-1887-51-132) dont la projection postéro-médiane est déjà bien développée et annonce l'épine postérieure des Coccostéomorphes (Denison 1957). Pourtant, les plus grandes plaques médio-dorsales de *Cartieraspis* sont encore bien petites en comparaison de celles de *P. acadica* qui est d'une longueur moyenne variant entre deux et trois fois la plus grande longueur

connue de 3 cm pour la MD de *Cartieraspis*. De toutes façons, ces deux genres se distinguent l'un de l'autre par la nuchale, longue et étroite chez *Cartieraspis*, relativement courte et assez robuste chez *P. acadica* (Whiteaves).

RÉSUMÉ DES CARACTÈRES DISTINCTIFS DE *Cartieraspis nigra* N. GEN., N. SP.

Plaque nuchale longue et étroite, moins large encore sur toute la moitié antérieure. Plaque médio-dorsale (MD) longue et étroite. Plaque post-temporale (ADL) plus longue que haute, dans un rapport variant entre 3 et 2 et même 2 à 1, comportant un processus glénoïde bien développé. Plaque paranuchale comportant un processus occipital articulaire latéral exosquelettique.

Kolpaspis beaudryi n. gen., n. sp.

Spécimen-type : NMC-11300, plaque médio-dorsale (MD) (pl. XXXVI, fig. 12 et Fig. 21, C, D', D'')

Gisement : horizon de schiste, zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Grès de Gaspé, formation Battery Point, dévonien moyen ancien.

Nom générique : de *kolpos*, mot grec qui signifie anse, baie, golfe, pour Baie de Gaspé ou Golfe St-Laurent ;

Nom spécifique : *beaudryi*, pour le nom du ruisseau Beaudry dont l'embouchure est sur la rive nord de la Baie de Gaspé, 2 kilomètres à l'est de la route 6A conduisant à Rivière-au-Renard.

Matériel : Tout le matériel attribué à cette nouvelle espèce (une dizaine de plaques) provient de l'horizon de schiste de la zone 6A, Baie de Gaspé, rive nord, Québec, Canada.

NMC-11205	AL (pl. XXXVI, fig. 8 ; Fig. 21,C ; Fig. 22,E)
NMC-11187	AL (pl. XXX, fig. 9, Fig. 21,D')
NMC-11105	AL
NMC-11203	AL
NMC-11214	AVL (pl. XXXVI, fig. 9 ; Fig. 21,B)
NMC-11210	ADL (pl. XXXVI, fig. 10B ; Fig. 22,F ; Fig. 21,C et D')
NMC-11206	PDL (Fig. 21,C)
NMC-11209	PVL (Fig. 21,A)
NMC-11209	(PVL)
NMC-11208	(PAN) (pl. XXXVI, fig. 10A, fig. 21,E')
NMC-10777	(PVL) (pl. XXXVII, fig. 13) ? <i>Cartieraspis nigra</i>

DESCRIPTION

Les plaques isolées de boucliers thoraciques et la plaque paranuchale (PAN), la seule plaque de toit crânien, appartiennent à un animal de très petite taille, comme on peut le constater par les plaques représentées (pl. XXXVI, fig. 8, 9, 10A, 10B, 12) et dont la plus grande mesure est de 10 mm environ.

Lorsqu'on reconstitue le bouclier thoracique à partir des plaques connues, on obtient une forme courte et haute qu'exagère la forme fortement convexe de la plaque médio-dorsale (MD) (voir Fig. 21, C et D').

L'ornementation est caractérisée par des tubercules de bonne grosseur, compte tenu des petites dimensions des plaques. Les tubercules sont uniformément répartis sur la surface des plaques et ne présentent donc pas une disposition en rangées concentriques.

On a choisi la plaque médio-dorsale (MD) (spécimen NMC-11300, pl. XXXVI, fig. 12) comme spécimen-type parce que sa forme est vraiment caractéristique. C'est une plaque étroite et relativement courte, mais surtout, elle comporte une convexité prononcée sur la ligne médiane. La partie antérieure forme une pente assez forte pour atteindre le sommet de la crête un peu en avant de la moitié de la longueur médiane. De ce sommet, la pente est plus douce vers l'arrière. Les côtés latéraux sont abrupts, à 75 ou 80 degrés par rapport à un plan horizontal passant par la base (Fig. 21, D'' et D').

La plaque post-temporale (ADL) (spécimen-11210, pl. XXXVI, fig. 10B ; Fig. 21, C, D' ; Fig. 22, F) est courte, plus haute que longue. La zone de recouvrement du côté de la plaque médio-dorsale est très large, alors que celle du côté de la plaque cleithrale dorsale (AL) est étroite. On distingue nettement le processus glénoïde mais ce processus est loin d'avoir le développement que l'on trouve chez *Gaspeaspis cassivii* (Fig. 21, P) ou *Cartieraspis nigra* (pl. XXXVI, fig. 6, 7 ; Fig. 22, C, D). La pointe antérieure qui s'insère normalement sous la plaque cleithrale dorsale (AL) est également peu développée comparativement à celle des deux genres déjà cités.

La plaque supra-cleithrale (PDL) (spécimen NMC-11206 unique, fig. 21, C) est également courte, plus haute que longue, et dans les mêmes proportions que la plaque post-temporale (ADL).

La plaque cleithrale dorsale (AL) (Fig. 21, C, D' ; Fig. 22, E) (pl. XXXVI, fig. 8 et pl. XXX, fig. 9) est divisée en quatre triangles. Le triangle antérieur (a) qui forme la plus petite surface de la plaque est légèrement tourné vers l'intérieur. C'est une plaque presque quadrangulaire sur le spécimen 11205 (pl. XXXVI, fig. 8), mais légèrement plus longue que haute sur le spécimen 11187 (pl. XXX, fig. 9), si bien que la plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL) (spécimen 11214, pl. XXXVI, fig. 9 et Fig. 21, B) s'adapte très bien au bord extérieur du triangle inférieur de la plaque AL, spécimen 11187.

Enfin, on attribue à *Kolpaspis beaudryi* également une plaque paranuchale unique (PAN) (spécimen NMC-11208) (pl. XXXVI, fig. 10A ; Fig. 21, E). Cette plaque paranuchale a une longueur maximale d'environ 10mm elle est

étroite et allongée antéro-postérieurement. Même si l'os dermique est complètement disparu, on peut voir l'empreinte laissée par le parcours de la ligne sensorielle latérale principale (*clp*) qui se rend jusqu'à l'extrémité postérieure de la plaque, et du canal (division exosquelettique) du ductus endolymphaticus. Cette plaque possède également un processus occipital para-articulaire (*po. pa*) exosquelettique.

DISCUSSION

Par sa forme haute et relativement courte, soulignée encore par la convexité prononcée de la plaque médio-dorsale (MD), le bouclier thoracique (reconstitution, Fig. 21, C et D') de *Kolpaspis beaudryi* se rapproche de *Aggeraspis heintzi* — (Gross) (Gross 1962), surtout quand on regarde ces deux genres en vue latérale. Mais en vue dorsale, on voit que la plaque médio-dorsale de *Aggeraspis heintzi* est aussi large que longue. C'est même une des raisons pour lesquelles Gross a renommé *Phlyctaenaspis heintzi*, car cette plaque courte et large est caractéristique de la sous-famille des Actinolépiniés (selon Denison, 1958) alors que la plaque médio-dorsale des Phlyctaenaspinæ est longue et étroite. *Kolpaspis beaudryi* présente donc plusieurs caractères propres à la sous-famille des Phlyctaenaspinés : une plaque médio-dorsale relativement longue (ou courte), mais très étroite ; un processus glénoïde sur la plaque post-temporale (ADL) et un processus occipital para-articulaire exosquelettique sur la plaque paranuchale (PAN). Ce dernier caractère est particulièrement développé chez les Brachythoraci, Coccostéomorphes et Pachyostéomorphes.

Laurentaspis splendida n. gen., n. sp.

Spécimen-type: NMC-10954, plaque médio-dorsale (pl. XXIX, fig. 3A, 3B et fig. 21, F.G)

Gisement : Anse-à-Brillant, rive sud de la Baie de Gaspé, Québec, Canada, formation Battery Point, Grès de Gaspé, dévonien moyen ancien. Lit 2, de schiste avec Ostracodes et Brachiopodes (genre appartenant à la Super-Famille Discinacea ou Famille parente) au-dessus du lit 1 de grès à grains fins.

Nom générique: *Laurentaspis*, de *Laurent* pour le fleuve et le golfe St-Laurent, et du mot grec *aspis* qui signifie bouclier ; *nom spécifique* : *splendida*, mot latin qui signifie brillant, pour l'Anse-à-Brillant.

NMC-10944	plaque pariétale (CE) (pl. XXIX, fig. 2A et 2B ; (Fig. 21,H')
NMC-10950	plaque pariétale (CE)
NMC-10947	plaque postéro-ventro-latérale (PVL) (pl. XXIX, fig. 4 ; Fig. 21,H'')
NMC-10946	plaque cleithrale dorsale (AL) (pl. XXX, fig. 8)
NMC-10743	plaque cleithrale dorsale (AL)
NMC-10955	plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL) (pl. XXXVII, fig. 3)
NMC-10952 et 10959	plaques cleithrales antéro-ventrales (AVL). Toutes ces plaques proviennent du même gisement que le spécimen-type.

DESCRIPTION

Ce qui frappe dans ce matériel de l'Anse-à-Brillant qui provient du lit de schiste, c'est la petite dimension des plaques. Nous avons choisi comme spécimen-type le spécimen NMC-10954 qui représente une plaque médio-dorsale (MD). Cette plaque en plus d'être petite, est particulièrement courte. Sa longueur maximale est de 13 mm et sa largeur maximale de 10 mm. Le centre d'ossification est au sommet de la crête médiane, situé postérieurement à un tiers de la longueur médiane. L'ornementation superficielle est caractérisée par des tubercules de grosseur uniforme, assez gros, proportionnellement à la petite taille de la plaque, et uniformément distribués. On ne peut vraiment pas dire que les tubercules soient disposés en rangées concentriques bien définies. Les tubercules sont ronds à la base et leur sommet est légèrement arrondi ou écrasé (pl. XXIX, fig. 3A). La crête dorsale médiane représente à peu près la moitié de la longueur totale et elle est horizontale entre ses points extrêmes antérieur et postérieur. Mais depuis l'extrémité antérieure de cette crête, la plaque s'abaisse vers l'avant en une pente d'environ 15 degrés. Le centre d'ossification est situé au point extrême antérieur de la crête médiane, point qui forme aussi le sommet d'un triangle dont la base est la partie antérieure de la plaque (fig. 21, F, G, vues latérale et dorsale de la plaque médio-dorsale).

Plaque pariétale (CE) : Une toute petite plaque pariétale est représentée par le spécimen NMC-10944 (pl. XXIX, fig. 2A et 2B). L'ornementation superficielle est en partie conservée sur la partie postérieure de la plaque, et elle est identique à celle de la plaque médio-dorsale (MD) (spécimen-type : 10954). Dans la région du canal sensoriel central, l'os dermique est disparu, mais on voit bien l'empreinte qu'il a laissée sur la plaque. Il n'est pas possible de savoir par contre si cette plaque pariétale portait des "pit line" moyenne ou postérieure. La forme de la plaque et ses dimensions sont sensiblement les mêmes que la plaque pariétale 11098 (pl. XXIX, fig. 1A et 1B) que l'on a rapprochée de *Gaspeaspis cassivii* sans toutefois pouvoir l'affirmer. En tout cas, comme cette dernière plaque, le bord médian forme une échancrure assez longue pour l'insertion de la plaque nuchale. Une disposition qui se retrouve chez *Gaspeaspis cassivii*, *Quebecaspis russelli* et *Cartieraspis nigra*.

Batteraspis fulgens n. gen., n. sp.

DISCUSSION

Spécimen-type : NMC-10957 (pl. XXXIII, fig. 10 ; Fig. 22, M). Empreinte de la face dorsale avec ornementation superficielle d'une plaque gauche cleithrale dorsale (AL). Spécimen unique.

Gisement : lit de grès à grains fins (lit 1), sous-jacent au lit 2 de schiste contenant la faune de *Laurentaspis splendida* et des Invertébrés. Anse-à-Brillant, rive sud de la Baie de Gaspé, Québec, Canada ; Grès de Gaspé, formation Battery Point, Dévonien moyen ancien.

Nom générique : *Batteraspis*, du nom de la formation Battery Point et du mot grec *aspis* qui signifie bouclier ; *nom spécifique* : *fulgens*, mot latin qui signifie brillant pour l'Anse-à-Brillant.

La forme très courte de la plaque médio-dorsale (MD) est une caractéristique qui distingue la présente espèce de *Cartieraspis nigra*, dont la plaque médio-dorsale est plus longue, même si ces deux genres possèdent des plaques pariétales très ressemblantes. Cette forme courte de la plaque médio-dorsale est caractéristique de la sous-famille des Actinolépinés. De tous les Actinolépinés, la seule espèce qui comporte une plaque médio-dorsale quelque peu ressemblante à *Laurentaspis splendida* quant à sa forme, est *Simblaspis cachensis* Denison (1958). Mais c'est une forme beaucoup plus grande et qui porte une ornementation à gros tubercules très différente. De plus, la plaque pariétale de *Simblaspis cachensis* ne comporte pas d'échancrure médiane pour l'insertion de la plaque nuchale comme chez *Laurentaspis splendida*.

Plaque postéro-ventro-latérale (PVL) : Voilà une petite plaque postéro-ventro-latérale (spécimen 10947, pl. XXIX, fig. 4 et Fig. 21,H") dont l'ornementation superficielle ressemble à celle de la plaque médio-dorsale (MD) du spécimen-type : 10954). Le côté latéral est assez haut proportionnellement aux dimensions de la plaque.

Plaque cleithrale antéro-ventrale (AVL) : Une de ces plaques (spécimen 10955, pl. XXXVII, fig. 3) est représentée en regard de plaques similaires de *Cartieraspis nigra*, parce qu'elles se ressemblent étrangement. La seule différence porte sur les dimensions. La présente plaque est au moins deux fois plus petite que les plaques similaires de *Cartieraspis nigra*. Mais les plaques de *Cartieraspis nigra* proviennent de l'horizon de schiste de la zone 6A, sur la rive nord de la Baie de Gaspé, et celle-ci provient de l'horizon de schiste de l'Anse-à-Brillant, sur la rive sud. De plus, cette plaque cleithrale antéro-ventrale s'adapte très bien à la zone de recouvrement de la plaque postéro-ventro-latérale (PVL) décrite ci-dessus.

Plaque cleithrale dorsale (AL) : Quelques plaques cleithrales dorsales ont été trouvées dans ce même gisement (spécimen NMC-10946, pl. XXX, fig. 8). Elles sont toutes très petites, plus petites encore que les plaques déjà décrites, variant entre 3 et 5 mm de longueur ou de hauteur. La plaque du spécimen 10946 est de loin la plus grande. Elle est à peu près quadrangulaire et divisée en quatre triangles. Le centre d'ossification est à la rencontre des lignes diagonales déterminant les quatre triangles, un peu plus bas seulement que la mi-hauteur, mais au tiers antérieur de la plaque. Le triangle antérieur est tourné vers l'intérieur.

DESCRIPTION

La plaque cleithrale dorsale du spécimen-type est divisée en quatre triangles par deux lignes diagonales qui se croisent au centre d'ossification. La plaque est presque quadrangulaire, à peine plus haute que large. Pour autant

qu'on en puisse juger, car la plaque est quelque peu brisée sur les bords, le triangle antérieur (*a*) est tourné vers l'intérieur ou médialement. Il se peut toutefois que cette disposition ait été encore plus marquée dans la réalité, car cette plaque a certainement subi des déformations. Un moulage de l'empreinte a permis d'obtenir l'ornementation superficielle de cette plaque. L'ornementation tuberculée est caractérisée par deux ou trois rangées concentriques de gros tubercules tout autour de la plaque près de ses bords, ainsi qu'une concentration de ces mêmes gros tubercules dans la région du centre d'ossification à la rencontre des deux lignes diagonales qui divisent les plaques en quatre triangles. Par contre, la surface intermédiaire entre les gros tubercules concentrés au centre et ceux des rangées concentriques sur les bords de la plaque, est ornementée de tubercules plus petits. Le centre d'ossification est un peu plus bas que la moitié de la hauteur qui est de 36 mm, mais dans le sens antéro-postérieur, il est situé bien en avant, à peu près au cinquième antérieur de la longueur.

DISCUSSION

Cette plaque a un aspect caractéristique des Dolichothoraci. Par ses dimensions et sa forme générale, elle ressemble aux plaques cleithrales dorsales (AL) de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) (Heintz, 1933) (pl. XXX, fig. 7), de *Gaspeaspis cassivii* (pl. XXXIII, fig. 11,9) et *Quebecaspis russelli* (pl. XXXIII, fig. 7A et 7B, 8). Pourtant, son ornementation est très caractéristique et la distingue de *Quebecaspis russelli* dont les tubercules sont gros et uniformément distribués, de *Gaspeaspis russelli* et de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) qui tous deux ont des tubercules disposés en rangées concentriques.

Miles (1965) décrit une plaque cleithrale dorsale d'un Arthrodire indéterminé, de la formation Horlick — (dévonien inférieur de l'Antarctique), dont la forme ressemble à celle de *Batteraspis fulgens*, mais elle est plus petite (hauteur maximum de 28 mm.). Enfin, la plaque cleithrale dorsale de *Batteraspis* ressemble à celle d'*Anarthraspis* (Denison, 1958), parce que comme celle-ci, elle est plus haute que longue. Pourtant, chez *Anarthraspis*, les bords postérieurs et antérieurs sont beaucoup plus inclinés antéro-postérieurement que chez *Batteraspis fulgens*. Notons que Lehman (1964) a décrit une plaque antéro-dorsale (AL) (= cleithrale-dorsale) en provenance du Sahara (d'âge siegéien) dont l'ornementation superficielle ressemble beaucoup à celle de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves). Puisque l'on a souligné plus haut que la plaque de *Batteraspis fulgens* se distingue de *P. acadica* par son ornementation superficielle, elle se distingue donc aussi de cette plaque en provenance du Sahara.

Conclusion sur les Arthrodires des Grès de Gaspé

Il n'y a pas de doute que les Arthrodires des Grès de Gaspé, tant de la Baie de Gaspé, que de l'affleurement de Campbellton, appartiennent à l'ordre

des Dolichothoraci. Mais il est évident aussi qu'ils appartiennent à un groupe qui les rapproche des Coccostéomorphes comme on l'a déjà montré pour *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves)

Laurentaspis splendida n. gen., n. sp. n'est représenté que par quelques plaques isolées dont une plaque médio-dorsale (MD) courte, pas plus longue que large, qui est un caractère propre aux Actinolépiniés.

Batteraspis fulgens n. gen., n. sp., n'est représenté que par une plaque cleithrale dorsale (AL) dont la forme quadrangulaire, grande et bien développée, rappelle la forme que l'on trouve chez les Dolichothoraci, car chez les Brachythoraci, cette plaque est toujours plus courte que haute, et, en général, est fortement inclinée dorso-postérieurement, laissant une échancrure importante ventro-postérieurement.

Nous avons distingué de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) un certain nombre de spécimens (tous de Campbellton) qui étaient attribués à ce genre, en créant une nouvelle espèce : *P. atholi* n. sp., caractérisée par une ornementation superficielle particulière, par la présence d'une plaque impaire médiane pariéto-préorbitale (CE-PRO) et par l'absence des plaques pinéale (PI) et rostrale (R) suggérant que l'os pair rhino-capsulaire n'est pas co-ossifié périchondralement avec l'os postethmo-occipital.

Kolpaspis beaudryi, n. gen., n. sp. n'est représenté que par quelques plaques : une plaque médiadorsale (MD), étroite, convexe, plus ou moins longue ; une plaque post-temporale (ADL) courte et haute et surtout, une plaque supra-cleithrale (PDL) quadrangulaire portant sur toute sa longueur, une ligne sensorielle latérale principale (*clp*) bien définie, ce qui est un caractère propre aux Dolichothoraci. Car, chez les Brachythoraci, quand cette ligne sensorielle est présente, elle ne se poursuit que sur une toute petite distance.

Les trois autres nouveaux genres décrits dans ce travail : *Quebecaspis russelli*, *Gaspeaspis cassivii* et *Cartieraspis nigra* ont en commun un caractère particulier ; une plaque nuchale étroite, longue, que les plaques pariétales (CE) encadrent de chaque côté sur plus de la moitié de la longueur. Ces genres se distinguent donc de la plaque nuchale de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) et *P. atholi* n. gen., n. sp. qui est relativement courte et qui n'est contigüe aux plaques pariétales que par la pointe antérieure. Par contre, comme chez ces deux derniers genres, le centre d'ossification est situé très loin en arrière, ce qui est un caractère propre aux Coccostéomorphes, même s'il se retrouve chez certains Dolichothoraci.

Chez *Quebecaspis* et *Gaspeaspis*, le sillon sensoriel supra-orbitaire est court ; il ne se poursuit pas au-delà du milieu de la plaque pré-orbitale (PRO), ce qui

est un caractère propre aux Dolichothoraci, alors que ce même sillon se poursuit jusqu'au centre de la plaque pariétale chez les Coccostéomorphes. On ne trouve pas ce sillon non plus sur l'unique plaque pariétale (CE) attribuée à *Laurentaspis splendida*.

Gaspeaspis cassivii et *Cartieraspis nigra* ont des plaques paranuchales (PAN) qui comportent une fosse articulaire latérale bien développée pour loger le processus glénoïde, également bien développé, des plaques post-temporales (ADL) et un processus occipital para-articulaire (*po. pa*) (*exosquelettique*) comme chez *P. acadica*. Enfin, on peut noter une petite crête médiane du côté interne de la plaque médio-dorsale (MD) de *Cartieraspis* qui rappelle la carène médiane que l'on observe sur les plaques correspondantes des Coccostéomorphes. Tous ces caractères sont propres aux Phlyctaenaspinés, mais aussi aux Coccostéomorphes. Cet état de choses montre que les Phlyctaenaspinés représentent à certains égards, des formes intermédiaires entre les Dolichothoraci et les Coccostéomorphes et souligne que la classification actuelle de ces formes est "horizontale" plutôt que phylogénétique.

Un autre caractère que la plupart des genres décrits ici ont en commun avec les Coccostéomorphes est que la partie postérieure de la plaque nuchale ne comporte pas d'échancrure en direction antérieure comme c'est le cas chez les Pachyostéomorphes (voir Stensiö, 1963). Par contre, la plaque nuchale chez les Coccostéomorphes est en général beaucoup plus large postérieurement qu'elle ne l'est chez les genres provenant de Gaspé et décrits dans ce travail.

C'est peut-être surtout par l'absence de caractères vraiment typiques des Brachythoraci, particulièrement des Coccostéomorphes, que les genres décrits ci-dessus en provenance des Grès de Gaspé sont Dolichothoraci : absence du sillon supra-orbitaire sur les plaques pariétales ; absence de la ligne sensorielle latérale principale transversale sur la plaque médio-dorsale et absence de la ligne sensorielle transversale sur la plaque cleithrale antéro-ventrale.

Conclusion générale

Il y a plus d'un siècle, Dawson (Logan, 1863) découvrait dans les Grès de Gaspé de la Baie de Gaspé (Québec, Canada) un Ostracoderme (Osteotraci) que Lankester (1870) a décrit sous le nom de *Cephalaspis dawsoni* Lankester, des plaques d'Arthrodières attribuées au genre *Cocosteus* (Dawson 1871) et des épines d'Acanthodiens du genre *Machaeracanthus*. Un peu plus tard, Whiteaves (1881 et 1889), Traquair (1890 et 1893), Woodward (1892) décrivaient toute une faune ichthyologique provenant de l'affleurement des Grès de Gaspé à

Campbellton (N.-B., Canada) : des Ostracodermes (Osteotraci) comme *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves, *C. jexi* Traquair, des Acanthodiens comme *Climatius latispinosus* (Whiteaves), *Mesacanthus semistriatus* (Woodward) et *Cheiracanthus costellatus* Traquair ; enfin, un Arthrodire défini d'abord comme *Coccosteus*, puis comme *Phlyctaenius* et finalement comme *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves).

L'affleurement des Grès de Gaspé à Campbellton est extrêmement limité en superficie (un kilomètre de longueur environ) et en puissance (de un à deux mètres d'épaisseur) sur le rivage de la Rivière Restigouche. Il était donc séduisant d'explorer les Grès de Gaspé de la Baie de Gaspé où ils affleurent sur des centaines de kilomètres carrés et dont la puissance totale est évaluée à plus de 3.000 mètres.

Les Grès de Gaspé sont divisés en deux formations principales, les formations Battery Point et York River. Nous avons limité nos recherches à la formation Battery Point parce qu'elle est la plus facilement accessible, mais surtout parce que les fossiles vertébrés trouvés dans le passé proviennent de cette formation et qu'en 1947 Russell (1947, 1952-53 et 1954) découvrait un autre horizon fossilifère à D'Aiguillon sur la rive nord de la Baie de Gaspé, qui a donné une nouvelle espèce d'Osteotraci, *Cephalaspis westolli* Russell, des plaques d'Arthrodires attribuées au genre *Phlyctaenaspis* et une nouvelle espèce d'Euryptéride : *Pterygotus gaspesiensis* Russell.

Un premier article (Pageau, 1968) a porté sur la géologie des Grès de Gaspé, sur l'âge des formations qui les composent et sur l'écologie. Nous sommes arrivés à la conclusion que la formation Battery Point est d'âge dévonien moyen ancien. Cette évaluation est approximative et une désignation comme dévonien inférieur récent serait tout aussi juste. Elle est basée en partie sur l'association faunique : Osteotraci-Cephalaspides du genre "*Cephalaspis*", Euarthrodires de l'ordre des Dolichothoraci et des Arthropodes du groupe des Euryptérides. La signification de cette association sera discutée plus bas. Dans ce premier article, nous avons décrit les nouveaux horizons fossilifères qui permettront d'établir, éventuellement, la stratigraphie détaillée de la formation Battery Point.

Dans un deuxième article (Pageau, 1969) nous avons décrit des Acanthodiens, un Sélacien primitif et des fragments d'Euryptérides (Arthropodes). Les Acanthodiens ne sont représentés que par des épines isolées et quelques rares écailles. Les trois espèces nommées plus haut en provenance de Campbellton se retrouvent ici. Nous avons aussi trouvé des épines de *Machaeracanthus* que Lankester mentionnait en 1871. Enfin, un Sélacien, ?*Ctenacanthus ?ornatus* Agassiz est également représenté par des épines isolées dans les Grès de Gaspé de la Baie de Gaspé.

Puis, nous avons décrit des Osteostraci, du genre "*Cephalaspis*". Tout d'abord, des précisions importantes ont été apportées à la description de *Cephalaspis campbelltonensis* Whiteaves à partir de quelques spécimens que nous avons récoltés à Campbellton. Nous avons aussi apporté à la description très incomplète que l'on avait de *Cephalaspis westolli* Russell, grâce à un grand nombre de spécimens recueillis dans le lit fossilifère de D'Aiguillon (zone 1) et dans le nouveau lit de la zone 6B, une foule de détails extrêmement intéressants tels que la nageoire pectorale recouverte de "*tesserae*" et les canaux circum-aréaux, composés d'un canal externe et d'un canal interne séparés par un septum dans le plan horizontal. Nous avons décrit trois nouvelles espèces : *Cephalaspis lunata*, une forme tuberculée provenant du lit de schiste à Euryptérides de D'Aiguillon (zone 1), *C. peninsulae* et *C. sydenhami* provenant de la zone 6A.

Enfin, ce sont les Arthrodires qui font l'objet de ce troisième et dernier article. Nous distinguons tout d'abord dans les nombreux spécimens de *Phlyctaenaspis acadica* (Whiteaves) en provenance de l'affleurement des Grès de Gaspé à Campbellton, et conservés dans les collections du *British Museum* (*Nat. Hist.*) et du *Royal Scottish Museum* d'Edimbourg, une nouvelle espèce : *P. atholi*, caractérisée par la présence d'une plaque médiane impaire pariéto-pré-orbitaire, par l'absence des plaques pinéale et rostrale *in situ* et par une ornementation particulière. Ni l'une ni l'autre de ces espèces ne se retrouvent dans la formation Battery Point des Grès de Gaspé de la Baie de Gaspé, où nous avons par contre six nouveaux genres : *Quebecaspis russelli*, *Gaspeaspis casivii*, *Cartieraspis nigra*, *Kolpaspis beaudryi*, *Laurentaspis splendida* et *Batteraspis fulgens*. Les deux derniers genres proviennent d'un nouvel horizon fossilifère, situé à l'Anse-à-Brillant, sur la rive nord de la Baie de Gaspé, et ne sont représentés que par quelques plaques isolées, mais très caractéristiques. Les spécimens des autres genres proviennent tous du nouvel horizon fossilifère de la zone 6A, sur la rive nord de la Baie de Gaspé, près de Cap-aux-Os. *Quebecaspis* et *Gaspeaspis* sont représentés l'un et l'autre par un toit crânien et des plaques isolées de boucliers thoraciques. *Gaspeaspis* comprend un plus grand nombre de plaques isolées avec en plus un bouclier thoracique articulé, un fait extrêmement rare. Enfin, *Cartieraspis nigra* est représenté par un seul toit crânien et encore est-il incomplet, aussi par plus d'une centaine de plaques isolées de boucliers thoraciques provenant de l'horizon fossilifère de la zone 6A, sauf une dizaine de plaques qui proviennent des horizons fossilifères des zones 1 (D'Aiguillon), 6B (Cap-aux-Os) et 11 (Beaudry Creek).

Si l'on ajoute à cette faune ichthyologique, les fragments d'Euryptérides (Arthropodes) que l'on a trouvés à peu près partout, on obtient une association : Acanthodiens — Arthrodires — Osteostraci — Euryptérides qui, au niveau de ces taxa, est en tous points similaires à celle de Campbellton. Au niveau des taxons inférieurs, il y a cependant des différences. Pour les Acantho-

diens toutefois, il y a même trois espèces de la Baie de Gaspé qui sont identiques à celles de Campbellton, mais deux qui n'ont pas été trouvées sur la Baie de Gaspé : *Protodus* et *Doliodus* ; inversement, il ya un genre de la Baie de Gaspé qui n'a pas été trouvé à Campbellton : *Machaeracanthus*.

Pour les Osteotraci, il n'y a aucun genre identique aux deux endroits, bien qu'on note dans les deux gisements des genres à ornementation tuberculée, ce qui indique une régression de la couche superficielle de l'exosquelette sinon de la couche moyenne, et des genres dont la couche superficielle est présente, au moins d'une façon discontinue. De plus, dans l'un et l'autre gisement on a des formes étroites et larges avec des cornes courtes ou longues et larges. On ne peut donc conclure qu'un gisement est plus ancien que l'autre, si l'on tient compte de la constatation de Wängsjö selon laquelle les *Cephalaspis* de la série Red Bay (division Frankel Ridge, d'âge dittonien, au plus d'âge d'ontonien supérieur), plus ancienne que la série Wood Bay (d'âge siegénien ou emsien du Dévonien inférieur récent), ont en général un bouclier céphalique plutôt étroit, les cornes courtes ou longues, mais jamais larges.

Les Arthrodires de la Baie de Gaspé comprennent des espèces différentes de celles de Campbellton, gisement dans lequel il en existe maintenant deux, puisqu'on a distingué une nouvelle espèce : *Phlyctaenaspis atholi* dans les spécimens attribués jusqu'ici à *P. acadica* (Whiteaves). Toutefois, comme à Campbellton, les Arthrodires de la Baie de Gaspé appartiennent à l'ordre des Dolichothoraci bien qu'ils possèdent également des caractères qu'on retrouve chez les Cocostéomorphes comme un processus occipital para-articulaire exosquelettique sur la plaque paranuchale ainsi qu'une fosse articulaire latérale pour loger le processus glénoïde des plaques post-temporales du bouclier thoracique.

En général, l'association faunique : Osteotraci (Cephalaspidomorphes) — Arthrodires — Acanthodiens — Euryptérides se compare avantageusement à celle des gisements célèbres du dévonien inférieur de Podolie — de l'Île d'Oesel (Baltique), de l'Angleterre et d'Écosse, enfin du Spitzberg (Séries Wood Bay et Red Bay). La similarité est particulièrement frappante pour les gisements du Vieux Grès Rouge d'Angleterre d'âge dittonien où le genre "*Cephalaspis*" abonde avec un Arthrodire comme *Kujdanowiaspis* et de rares Acanthodiens dans un milieu d'origine continentale à eau douce ou saumâtre comme la formation Battery Point. Même similarité pour les gisements du Spitzberg, en particulier de la Série Wood Bay et dans le Old Red "*stage*" de Podolie. Aux niveaux inférieurs de ces trois régions, on a toujours un milieu typiquement marin où les Vertébrés comprennent en plus de la faune ci-haut énumérée, des Heterostraci ainsi que des Acanthodiens, associés avec des Invertébrés marins. De plus, en Angleterre, dans les gisements du Vieux Grès Rouge d'âge bréconien (dévonien inférieur récent), il y a association d'Arthrodires (genre *Kujdanowiaspis*) avec des algues d'eau douce comme *Protataxites* que nous retrouvons dans la formation Battery Point. Il est vrai

que les Acanthodiens sont rares ou absents dans les gisements ci-dessus nommés d'âge dittonien et d'owntonien et qu'ils sont présents dans la formation Battery Point des Grès de Gaspé. Mais leur présence ici n'est représentée que par des épines isolées ce qui suggère des déplacements considérables depuis leur milieu naturel de vie.

En conséquence, on considère que la formation Battery Point est du dévonien moyen ancien (peut-être même à la limite, du dévonien inférieur récent). L'abondance de la faune ichthyologique trouvée dans la formation Battery Point contredit l'opinion selon laquelle les Grès de Gaspé étaient à peu près stériles quant aux Vertébrés. De plus, par comparaison avec les autres gisements célèbres, cette abondance de la faune suggère que la formation York River sous-jacente, plus ancienne et de caractère plus typiquement marin, pourrait bien fournir une faune similaire à celle que l'on retrouve dans les gisements d'âge dittonien et même d'owntonien des régions ci-haut citées, à savoir ceux de Podolie, d'Angleterre et d'Écosse ainsi que du Spitzberg.

Remerciements

Je dois remercier tout d'abord le professeur J.-P. Lehman, directeur de l'Institut de Paléontologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, pour la chaleureuse hospitalité qu'il m'a accordée dans ses laboratoires, où j'ai grandement profité de l'équipement moderne qu'on y trouve ainsi que des méthodes qui y sont appliquées. Le professeur Lehman a accepté de diriger ma thèse, il m'a soutenu de ses encouragements et éclairé de ses précieux conseils. Merci également au personnel technique et aux autres chercheurs de cet Institut qui m'ont prodigué leur aide efficace : pour la photographie, MM. Serrette et Potiquet ; pour les dessins, Mlle Balkani et Mme Pillard ; pour les lames minces, M. Verbecke ; pour l'identification de plantes et d'invertébrés, Mme Blanc et Mlle Drot, MM. Sornay et Lesertisseur.

Je veux aussi exprimer ma gratitude au D^r R. Denison qui m'a bien conseillé durant mon séjour à l'université de Chicago. C'est lui qui m'a suggéré d'explorer les Grès de Gaspé. Merci aux personnes suivantes pour l'aide qu'elles m'ont apportée : D^r R. Zangerl, du *Field Museum* de Chicago ; les D^{rs} B. Patterson du *British Museum* (*Nat. Hist.*), C.D. Waterston et R. Miles du *Royal Scottish Museum* d'Édimbourg et R. Carroll du *Redpath Museum* de Montréal.

Le D^r A.W.F. Banfield, Directeur du Musée National du Canada (*Hist. Nat.*), a bien voulu me fournir une aide financière pour mon travail d'exploration des étés 1965 et 1966. Il m'a également accordé une subvention pour la publication de ma thèse. Je l'en remercie sincèrement. De plus, je suis reconnaissant au D^r D. Russell, du même Musée, de m'avoir permis d'utiliser les collections que j'avais faites, pour les étudier à Paris.

Je remercie enfin le Ministère des Affaires culturelles du Québec, Service de l'Aide à la création et à la recherche, qui m'a accordé en juin 1968 une aide financière en vue de poursuivre mes recherches. Une nouvelle collection a été recueillie et elle fait présentement l'objet d'une étude attentive au Laboratoire Teilhard de Chardin du Département de Géologie de l'Université du Québec à Montréal. Les résultats de cette analyse devraient être publiés dans quelques mois.

Références

- DAWSON, J.W., 1871. The fossil plants of the devonian and upper silurian formations of Canada. *Geol. Surv. Can.*, 1-92, 20 pl.
- DEWILSON, R.H., 1958. Early devonian fishes from Utah. Part 111 Arthrodira. *Fieldiana, Geol.*, **11** (9): 461-550, figs. 86-115.
- DEVILLERS, C., 1947-48. Recherches sur le crâne dermique des Téléostéens. *Annls Paléont.*, **33**: 1-90.
- GARDINER, B.G., 1966. Catalogue of Canadian fossil fishes. *Contr. Life Sci. Div. R. Ont. Mus.*, **68**: 1-154.
- GROSS, W., 1932. Die Arthrodira Wildungens. *Geol. paläont. Abh. N. F.*, t. **19**.
- GROSS, W., 1937. Die Wirbeltiere des rhienischen Devons. Teil 11. Berlin. *Abh. preuss. geol. Landesanst.* Heft **176**.
- GROSS, W., 1950. Die Paläontologische und Stratigraphische bedeutung der Wirbeltierfaunen des Old Reds und der Marinen Altpaläozoischen Schichten. *Jb. Akad. Wiss. Math. Nat. Klasse Berlin.* 1949 (1).
- GROSS, W., 1957. Mundzähne und Hautzähne der Acanthodier and Arthrodiren. *Palaeontographica*, **109**, Abt. A.
- GROSS, W., 1959. Arthrodiren aus dem Obersilur der Prager Mulde. *Palaeontographica*, **113**, Abt. A, 1-35.
- GROSS, W., 1962. Peut-on homologuer les os des Arthrodirés et des Téléostomes ? Problèmes actuels de Paléontologie. Evolution des Vertébrés. *Colloques Int. Cent. natn. Rech. scient.* no. **104**, Paris.
- HEINTZ, A., 1933. Some remarks about the structure of *Phlyctaenaspis acadica* Whiteaves. *Norsk geol. Tidsskr.*, **14**.
- HEINTZ, A., 1938. Notes on Arthrodira. *Norsk. geol. Tidsskr.*, **18**.
- JARVIK, E., 1959. Dermal fin rays and Holmgren's principle of delamination. *K. svenska Vetensk-Akad. Handl.*, ser. 4, **6** (1).
- LANKESTER, R.E., 1870. On a new *Cephalaspis* discovered in America. *Geol. Mag.*, no. LXXV, **7**: 397-398.
- LEHMAN, J.-P., 1959. L'évolution des Vertébrés inférieurs. Quelques problèmes. Dunod, Paris.
- LEHMAN, J.-P., 1964. À propos de quelques Arthrodirés et Ichthyodorulites sahariens. *Mélanges Ichthyologiques*.
- LOGAN, W.E., 1863. Géologie du Canada. *Commission géologique du Canada. Rapport des opérations jusqu'à 1863.* Rapport 50.
- MILES, R.S., 1962. « *Gemuendenaspis* » n. gen., an Arthrodiran fish from the lower devonian Hunsrückschiefer of Germany. *Trans. R. Soc. Edinb.*, **65** (3) : 59-7.
- MILES, R.S., 1965. Description of the fish plate from Lower Devonian Fauna of the Horlick Formation, Ohio Range, Antarctica, by G.H. Doumani and alii. Antarctic Research Series, 6, *American Geophysical Union*.

- MILES, R.S. et T.S. Westoll, Voir : WESTOLL.
- MILES, R.S., 1966. *Protitanichthys* and some other Coccoosteomorph arthrodires from the Devonian of North America. *K. svenska Vetensk-Akad. Handl.*, ser. 4, **10** (3): 1-49, 8 pl.
- ORVIG, T., 1951. Histological studies of Placoderms and fossil Elasmobranchs. 1.—The endoskeleton with remarks on the hard tissues of lower vertebrates in general. *Ark. Zool.* ser. 2, **2** (2) : 321-454.
- ORVIG, T., 1957. Remarks on the vertebrate faune of the lower upper devonian of Escuminac Bay, P.Q., Canada, with special reference to the Porolepiforms Crossopterygians. *Ark. Zool.* ser. 2, **10** (6) : 367-426.
- ORVIG, T., 1966. Histologic studies of Ostracoderms, Placoderms and fossil Elasmobranchs. 2. — On the dermal skeleton of two late Palaeozoic Elasmobranchs. *Ark. Zool.*, **19** (1) : 1-39, 5 pls.
- PAGEAU, Y., 1968. Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les Grès de Gaspé (Québec). 1 — Géologie et écologie. *Naturaliste can.*, **95**: 1459-1497 (n° 6)
- PAGEAU, Y., 1969. Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les Grès de Gaspé (Québec). 11. — Morphologie et systématique; Première section: Euryptérides. Ostracodermes, Acanthodiens. *Naturaliste can.*, **96**: (3): 399-478.
- RUSSELL, L.S., 1947. A new locality for fossil fishes and Euryterids in the middle devonian of Gaspé, Québec. *Contr. R. Ont. Mus. Palaeont.*, **12**: 1-6.
- RUSSELL, L.S., 1954. A new species of *Cephalaspis* from the devonian Gaspé Sandstone at D'Aiguillon. *Naturaliste can.*, **81** (12) : 245-254.
- STENSIÖ, E., 1944. Notes on two Arthrodires from the Downtonian of Podolia. *Ark. Zool.*, **35A** (9) : 1-83, 14 pl.
- STENSIÖ, E., 1945. On the heads of certain Arthrodires. 11. On the cranium and cervical joint of the Dolichothoraci (Acanthaspidia). *K. svenska Vetensk-Akad. Handl.*, ser. 3, **22** (1) : 1-70.
- STENSIÖ, E., 1959. On the pectoral fin and shoulder girdle of the Arthrodires. *K. svenska Vetensk-Akad. Handl.*, ser. 4, **8** (1) : 1-229, 25 pl.
- STENSIÖ, E., 1963. Anatomical studies of the Arthrodiran head. Part 1. *K. svenska Vetensk-Akad. Handl.*, ser. 4, **9** (2) : 1-419, 62 pl.
- STENSIÖ, E., 1968. Les Arthrodires. (manuscrit pour le Traité de Paléontologie, direction J. Piveteau, paru chez Masson, Paris, en 1969).
- STENSIÖ, E., 1969. Elasmobranchiomorphi. Placodermata. Arthrodires. in Traité de Paléontologie sous la direction de Jean Piveteau, traduction par J.-P. Lehman. pp. 71-692.
- TRAQUAIR, R.H., 1890a. Notes on the devonian fishes of Scaumenac Bay and Campbellton in Canada. *Geol. Mag.*, dec. 3, **7**: 15-22.
- TRAQUAIR, R.H., 1890b. On *Phlyctaenaspis*, a new genus of Coccosteidae. *Geol. Mag.*, dec. 3, **7**: 55-58. On *Phlyctaenius acadicus*.
- TRAQUAIR, R.H., 1893a. Notes on the devonian fishes of Campbellton and Scaumenac Bay in Canada. *Geol. Mag.*, dec. 3, **10**: 145-149.

- TRAQUAIR, R.H. 1893b. Notes on the devonian fishes of Campbellton and Scaumenac Bay in Canada. *Proc. R. Phys. Soc. Edinb.*, **12**
- WESTOLL, R.S. and R. Miles, 1963. On an Arctolepid fish from Gemünden. *Trans. R. Soc. Edinb.*, **65** (7) : 139-156.
- WÄNGSJO, G., 1952. The downtonian and devonian Vertebrates of Spitzbergen. 9-Morphologie and systematic studies of the Spitsbergen Cephalaspids. Results of Th. Vogt's expedition 1928 and the English-Norwegian-Swedish expedition 1939. Oslo. *Skr. norsk Polarinst.*, n° 97, A. — Text : 1-611 ; B-Plates : 41 et 117 pl.
- WHITE, E. I., 1952. Australian Arthrodiros. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. Geology*, **1** (9) : 249-304.
- WHITE, E.I., 1961. The Old Red Sandstone of Brown Clee Hill and the adjacent area. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. Geology*. Part 11 — *Paleontology*. **5** (7) : 245-308.
- WHITEAVES, J.F., 1881. On some fossil Fishes, Crustacea and Molusca from the devonian rocks of Campbellton, N.B., with descriptions of five new species. *Naturaliste can. N.S.*, **10** (2) : 93-101.
- WHITEAVES, J.F., (1888) 1889. Illustrations of the fossil Fishes of the devonian rocks of Canada (1-Scaumenac Bay ; 2 — Campbellton.) Part 11. *Trans. R. Soc. Can.*, (1888), section 4 : 77-96.
- WOODWARD, H., 1891. Catalogue of the fossil fishes in the British Museum (Nat. Hist.). Part 11. London.
- WOODWARD, H., 1892. a) On the Lower devonian Fish fauna of Campbellton, N.B. b) Further contributions to knowledge of the devonian fish-fauna of Canada. *Geol. Mag.*, dec. 3, **9** :

REVUE DES LIVRES

CHAUVIN, Rémy, 1969. **Psychophysiologie. II. Le comportement animal.** Précis de Sciences Biologiques publiés sous la direction du Professeur P. P. Grassé. Masson et Cie, Éditeurs, Paris. 418 pages, 126 figures, 15.5 X 24.5 cm, 72 F.

Le naturaliste d'expression française attendait la parution d'un livre traitant du comportement des animaux depuis déjà un bon moment. Depuis seize ans à vrai dire, il n'avait en sa bibliothèque que la copie défraîchie et peut-être déchiquetée de « *L'étude de l'instinct* » de Tinbergen en sa traduction de Zélicourt et Bourlière (Payot). Sa première réaction devant *Psychophysiologie* sera de se réjouir ; mais pour peu qu'il ait pris l'habitude de faire usage durant ces seize années des excellents textes américains et anglais disponibles sur le marché du livre, son ravissement sera de courte durée et l'inégalité de l'ouvrage du Professeur Chauvin lui apparaîtra bien vite.

L'organisation du traité suit le plan suivant : d'abord une première partie intitulée « Fonctions psychophysiologiques dans la série animale » (les tropismes, l'instinct et ses manifestations dans les patrons de comportement social, l'ontogénèse et la régulation des comportements) ; suit une seconde partie dans laquelle on examine les « Processus d'acquisition » (activité exploratrice et conditionnement) tandis qu'une troisième partie contient un catalogue des problèmes de comportement les plus intéressants dans les divers groupes zoologiques.

Dans le plan de tout ouvrage entre une somme variable d'arbitraire : mais ici, cette somme est très élevée. On s'explique mal pourquoi on doive, par exemple, dans un tout premier chapitre sur les tropismes et l'orientation d'après le soleil, éviter de vider la question de la navigation chez les animaux et revenir, au Chapitre IX, sur la question du retour au gîte chez les Pigeons et chez les oiseaux sauvages alors que les deux problèmes sont inextricablement liés. L'analyse des mécanismes de navigation chez les animaux serait beaucoup plus rigoureuse à mon avis si elle s'intégrait à un seul chapitre ou à une seule discussion cohérente et ordonnée plutôt que d'apparaître à trois ou quatre reprises dans l'ouvrage. Notons, encore, que sous un prétexte dont le fondement me semble soigneusement dissimulé, l'auteur trouve moyen de reprendre le thème des migrations dans une section sur les rassemblements d'animaux (Ch. II, pages 104 et suivantes), section dont l'utilité et l'à-propos laissent des doutes.

Au point de vue organisation, on s'explique mal pourquoi l'auteur accorde la même importance au Chapitre V, traitant de l'action des drogues sur le comportement et au Chapitre II réunissant les thèmes primordiaux de la psychophysiologie. (« Comportement sexuel, parental et social » : à ce propos, comportement social ne constitue-t-il pas une catégorie alors que parental et sexuel ne constituent que des sous-catégories de comportement ?).

De plus, dans la revue des grands types de comportement chez les vertébrés, qu'on ait choisi de consacrer tout autant d'importance à « L'influence de l'inné et de l'acquis dans l'apprentissage » qu'à la construction de berceaux par certains oiseaux d'Australie, qu'au phénomène général de la mémoire qu'à certains problèmes de communication chez les canidés me semble inacceptable. Le nombre de thèmes traités est en effet étendu ; mais l'organisation de ces thèmes autour de grands sujets est loin d'être faite. Ce livre est totalement dépourvu de ce caractère de synthèse qu'un lecteur recherche dans un traité de ce calibre.

Comme on devait s'y attendre de la part du Professeur Chauvin, les sections sur les Arthropodes et les Insectes sont bien rédigées et intéressantes au plus haut point. Intéressante aussi la section exposant en bref la théorie de la construction par coopé-

ration chez les termites (stigmergie) proposée par Grassé. On peut peut-être déplorer que dans une section importante sur le langage des abeilles (p. 387-95), Chauvin ne tienne pas compte des expériences de l'école de Santa Barbara ni de la controverse récente concernant l'utilisation de la danse dans la transmission d'information directionnelle chez ces animaux. Il est fort possible cependant que dans ce cas, les délais d'édition n'aient pas permis à l'auteur d'inclure ces éléments de controverse.

On ne trouve aucune analyse rigoureuse d'un phénomène; mécanismes de navigation, types d'organisation sociale, communication par signaux sonores dans divers milieux, etc. Tous ces sujets apparaissent ici et là mais de façon plus ou moins diffuse et souvent anecdotique.

Pour peu qu'on s'y adonne, il devient également facile de déceler une quantité impressionnante de contradictions dans ce livre. Pour n'en citer qu'une, en page 96, l'auteur dit: « Lorsque *les jeunes aident les parents à élever la portée suivante*, (italiques de Chauvin) on se trouve sans doute devant un autre terme de passage à la société vraie. Le fait est assez fréquent chez les Oiseaux. Une telle affirmation est déjà singulièrement discutable mais là où Chauvin étonne, c'est quand il continue « Les parents des Oies sauvages (on pourrait demander, qu'est ce qu'une Oie sauvage ???) accomplissent en famille, avec leurs jeunes, l'immense migration d'automne, et le groupe ne se sépare qu'au printemps suivant, lors du retour à la zone de nidification. » Quelqu'un va-t-il m'éclairer? je ne discerne pas la relation.

Le livre contient plusieurs coquilles (p. 307, « Kraemer »; p. 107, « Antarctide », etc.); les figures sont généralement bien choisies et bien reproduites mais les figures 8, 9, 10 et 43 constituent des exceptions notables qu'il y aurait intérêt à supprimer. Finalement, une remarque plus sévère qui s'adresse tout autant à l'éditeur qu'à l'auteur: tout au long du texte, le Professeur Chauvin réfère aux sources bibliographiques de façon standard, c'est-à-dire en donnant le nom propre d'un chercheur accompagné d'une date entre parenthèses. Mais l'incroyable, le renversant, est que ces citations ne correspondent à aucune liste bibliographique!!! Je répète, le livre ne contient aucune liste des travaux cités tout au long de l'ouvrage! On préférerait au fond que l'auteur s'abstienne de ces citations amputées. Quand je lis Christian (1955), s'agit-il de J. J., de C. S., ou de F. S. Christian? S'il s'agit du premier, auquel de ses articles parus en 1955 fait-on allusion? Qu'on lui impose un tel fardeau deviendra vite intolérable au lecteur. Qu'un éditeur publie en 1969 un manuel technique ne contenant aucune référence bibliographique est inconcevable et, pour un temps, j'ai eu envie de le retourner chez Masson avec la mention « Copie défectueuse, bibliographie manquante »...

Si notre naturaliste tient mordicus à un traité en français sur les problèmes de comportement animal, peut-être vaudrait-il mieux qu'il attende patiemment que quelqu'un traduise *Mechanisms of Animal Behaviour* de Marler et Hamilton (Wiley, 1967) ou qu'encore plus simplement, il fasse l'acquisition à prix modique d'une copie neuve de Tinbergen...

On pourrait signaler que le Professeur Chauvin écrit admirablement bien. Le style est alerte et ordinairement sans ambiguïté.

Jean BÉDARD

PIJL, L. Van Der, 1969. **Principles of Dispersal in Higher Plants**. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, VIII + 154 p., 4 tab., 26 fig., 15 x 22.5 cm. Relié.

Dans un ouvrage à la fois intéressant et irritant, le professeur van der Pijl s'attaque aux problèmes de la dissémination chez les plantes supérieures. C'est un sujet important: la dissémination est évidemment une étape essentielle de la colonisation de nouveaux sites aussi bien que de la survie d'une population dans un site donné. C'est aussi un

sujet fascinant par la grande variété des modifications structurales et physiologiques qui adaptent les diaspores à la dissémination par divers agents souvent très spécifiques. Au cours des deux dernières décades, l'étude des mécanismes de dissémination est redevenue populaire (elle l'avait été au XIX^{ème} siècle) à la suite surtout des travaux réalisés dans les régions tropicales par des chercheurs tels que van der Pijl. Les connaissances récentes acquises sur les plantes tropicales ont révolutionné plusieurs concepts qui avaient été élaborés en Europe en référence aux plantes tempérées. Il était donc important qu'une synthèse des données et des concepts les plus récents soit publiée. C'est ce que van der Pijl a voulu faire, en insistant plus spécialement sur les aspects écologiques et évolutifs de la dissémination plutôt qu'en accumulant des descriptions morphologiques des diaspores (organes de dissémination).

Van der Pijl considère son ouvrage comme un manuel (« textbook »). Dans les premiers chapitres (I – IV), il présente brièvement des notions générales sur l'histoire, la terminologie, la propagation végétative et les relations morphologiques entre fleurs, graines et fruits. Suit un long chapitre (V) consacré aux diverses classes écologiques de dissémination (« Ecological Dispersal Classes »); ces classes sont établies d'après les agents disséminateurs et non d'après la morphologie des diaspores. Les agents considérés comprennent entre autres les poissons, les reptiles, les oiseaux, les mammifères, le vent et l'eau; trois sous-chapitres sont consacrés à la dissémination par les fourmis (myrmécochorie), par le poids de la diaspore (barochorie) et par la plante elle-même (autochorie). Un des aspects les plus intéressants de ce chapitre est la clarification des syndromes généraux caractérisant les diaspores disséminées par un agent donné. Quelle que soit leur appartenance taxonomique, les diaspores disséminées par les oiseaux ont un certain nombre de caractères adaptatifs qui forment le syndrome des ornithochores. L'explicitation de ces syndromes et leur présentation en termes fonctionnels sont fort intéressantes.

Le chapitre VI est consacré à divers phénomènes spéciaux, par exemple aux mécanismes qui empêchent une trop grande dissémination dans des habitats particuliers comme les déserts, où la limitation de la dissémination aux sites avantageux déjà occupés par la plante représente une stratégie utile.

Les quatre derniers chapitres sont consacrés respectivement aux phénomènes de fixation, de dormance et de germination (VII), à l'évolution des organes de dissémination (VIII), aux diverses spécialisations écologiques des fruits des Légumineuses (IX) et aux plantes disséminées par l'homme (X).

Un éventail aussi vaste de problèmes peut difficilement être présenté adéquatement dans un court manuel de 150 pages. Presque tous les sujets sont traités trop brièvement. Néanmoins, l'auteur parvient à intéresser le lecteur à un fascinant champ de recherches, qui est en pleine évolution et où l'accumulation de données est en train de se faire à un rythme accéléré. Son livre reflète bien cet état mouvant où se trouve actuellement l'étude écologique de la dissémination chez les plantes supérieures. On y rencontre des exemples précis, des détails sur des mécanismes complexes récemment élucidés, des théories nouvelles, à travers une foule d'interrogations, d'incertitudes, de corrélations encore imprécises et de suppositions peu fondées. Le goût évident de van der Pijl pour la polémique y est peut-être pour quelque chose.

Dans tout le livre, l'auteur met l'accent sur les composantes écologiques de la dissémination et ne s'attarde aux descriptions morphologiques des diaspores que pour élucider leurs aspects fonctionnels. Il ne se prive pas non plus de spéculer sur les facteurs écologiques et évolutifs caractérisant certains modes de dissémination. L'intérêt du livre en est rehaussé bien que la clarté de l'expression en souffre peut-être trop souvent.

Un manuel a en effet pour but de présenter un sujet à des gens qui le connaissent peu. Van der Pijl s'acquitte fort mal de cette tâche. D'abord, son ouvrage manque beaucoup trop d'organisation et de clarté. Cette absence de clarté commence à la page 5, dans la section consacrée à la terminologie. L'auteur y discute l'origine de certains termes et les concepts de certains auteurs ; il insiste sur ses objections, mais il oublie de nous présenter clairement son propre système terminologique. À la page 8, il écrit que le moment n'est pas encore venu de critiquer le système de Dansereau et Lems mais il lui consacre quand même un long paragraphe ; lorsque le moment sera venu de critiquer ce système, à la page 93, il lui consacra 8 lignes. Comme il n'y a pas d'index pour les noms d'auteurs, j'ai dû feuilleter tout le volume pour retrouver ces 8 lignes.

Le livre est rempli de tels renvois plus ou moins précis qui rendent son utilisation comme manuel très difficile (en plus d'irriter le lecteur). Dans la seule page 23 il y a 6 renvois, aux pages 113, 110, 79, 78, 16 et 80 ; il y a aussi un renvoi à la page 292 d'un travail de Haberlandt (1910) qui n'est pas dans la bibliographie. Cinq des passages auxquels le lecteur est renvoyé doivent être consultés pour une compréhension adéquate de la page 23. Cette habitude n'est certainement pas très louable dans un ouvrage que l'auteur considère comme un « textbook ».

Une autre habitude désagréable est celle de nous avouer son désaccord avec certaines idées, sans cependant nous dire pourquoi. Un bon exemple se trouve à la page 36 où l'auteur commente une théorie de Sinnott et Bailey sur l'évolution du fruit. « *I have objections, écrit-il, but they are not those of Bancroft . . .* » Il nous présente alors les objections de Bancroft mais néglige d'ajouter quelles sont les siennes. À la page 20, il écrit : « *The data on Rafflesia seeds are for the time being mere presumptions* ». Quelles sont ces données ? Il ne le précise pas. Comme il n'y a pas de référence, il est impossible d'en apprendre plus. Je pourrais relever des centaines d'imprécisions semblables (sans exagération).

De plus, la langue dans laquelle est écrit le livre est abominable. On pourrait sans doute pardonner cette faute à un hollandais qui a beaucoup travaillé en Indonésie s'il n'en résultait des phrases très obscures presque à chaque page. Je ne donne pas d'exemples : ils sont trop nombreux. Une seconde édition devrait certainement être copieusement corrigée de ce point de vue.

D'autres omissions émaillent le livre. Il n'y a pas de lexique, ce qui serait essentiel pour un tel ouvrage. Certaines figures ont une légende incomplète, e. g. la figure 19 (p. 71). Certains tableaux n'ont pas de titre. Il n'y a ni liste de tableaux, ni liste de figures. Dans ce dernier cas, c'eut été utile : à la p. 129, on réfère à la figure 23 qui se trouve à la page 75.

On aimerait pouvoir consulter Wolfenbarger (1959) « *who gave a confused paper full of data on everything living* ». Malheureusement, la référence n'est pas dans la bibliographie finale, sort qu'elle partage avec au moins une douzaine d'autres travaux récents cités dans le texte.

Ces défauts peuvent sembler triviaux, mais ils sont si fréquents que la lecture de l'ouvrage de van der Pijl n'est pas facile. On reste surpris qu'un éditeur ait pu accepter de publier un manuscrit aussi confus, qui s'apparente fortement à des notes de cours.

Somme toute, ce livre est intéressant et irritant. Ceux qui s'intéressent à la dissémination des plantes et à l'évolution du fruit y trouveront des idées fascinantes. Les écologistes et les taxonomistes pourront le lire avec profit. Quant aux étudiants sous-gradués, il serait préférable de ne pas leur conseiller la lecture d'un ouvrage qui manque à ce point de clarté.

Pierre MORISSET

REVUES PUBLIÉES PAR L'UNIVERSITÉ LAVAL

RECHERCHES SOCIOGRAPHIQUES

Revue publiée par le département de sociologie et d'anthropologie de l'université Laval avec le concours du Centre de Recherches sociales. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$2.00 (3 numéros par an).

LAVAL THÉOLOGIQUE ET PHILOSOPHIQUE

Publiée par les facultés de théologie et de philosophie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$4.00, à l'étranger \$4.50, le numéro: \$2.00 (2 numéros par an).

SERVICE SOCIAL

Publiée par l'école de service social de l'université Laval. Elle traite de travail social, de bien-être, de médecine, de psychiatrie et de psychologie, de législation, d'administration publique et de sociologie. Abonnement annuel: au Canada \$3.00, à l'étranger \$3.50, le numéro: \$1.25 (3 numéros par an).

CAHIERS DE GÉOGRAPHIE DE QUÉBEC

Publiée par l'Institut de géographie de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$8.00, le numéro: \$3.00 (3 numéros par an).

RELATIONS INDUSTRIELLES / INDUSTRIAL RELATIONS

Publiée en français et en anglais par le département des relations industrielles de l'université Laval. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro: \$1.50 (revue trimestrielle).

L'ORIENTATION PROFESSIONNELLE / VOCATIONAL GUIDANCE

Publication officielle de la Corporation des Conseillers d'orientation professionnelle du Québec. Abonnement annuel: au Canada \$5.00, à l'étranger \$5.50, le numéro \$1.25 (5 numéros par an).

Pour abonnements, s'adresser au
Service des revues,
LES PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL,
C.P. 2447, Québec 2.

Sommaire

Une nouvelle espèce arctique de <i>Lathyrus</i>	JACQUES ROUSSEAU et MARCEL RAYMOND	735
Études sur la flore du Saguenay. II – Note sur la présence de <i>Aster laevis</i> L	RICHARD CAYOUE	743
Études sur la flore du comté de Lévis. I – Notes sur quelques espèces d'importance phytogéographique	DOMINIQUE DOYON et RICHARD CAYOUE	749
<i>Sarracenia purpurea</i> L. as host and carnivore at Lac Carré, Terrebonne Co., Québec	DOROTHY E. SWALES	759
Notes phytogéographiques et description d'un saule hybride	ERNEST LEPAGE	765
The Provancher species of Proctotrupeoidea (Hymenoptera)	LUBOMIR MASNER	775
Aspects de la régénération chez <i>Veretillum cynomorium</i> (Cnidaria, Pennatulacea)	BERNARD BUISSON	785
A comparison of the rates of apparent photosynthesis of the cranberry and the common lowbush blueberry	BEVERLEY BONN, F. R. FORSYTH and I. V. HALL	799
Nouvelle faune ichthyologique du dévonien moyen dans les grès de Gaspé (Québec). II – Morphologie et systématique	YVON PAGEAU	805
REVUE DES LIVRES		891

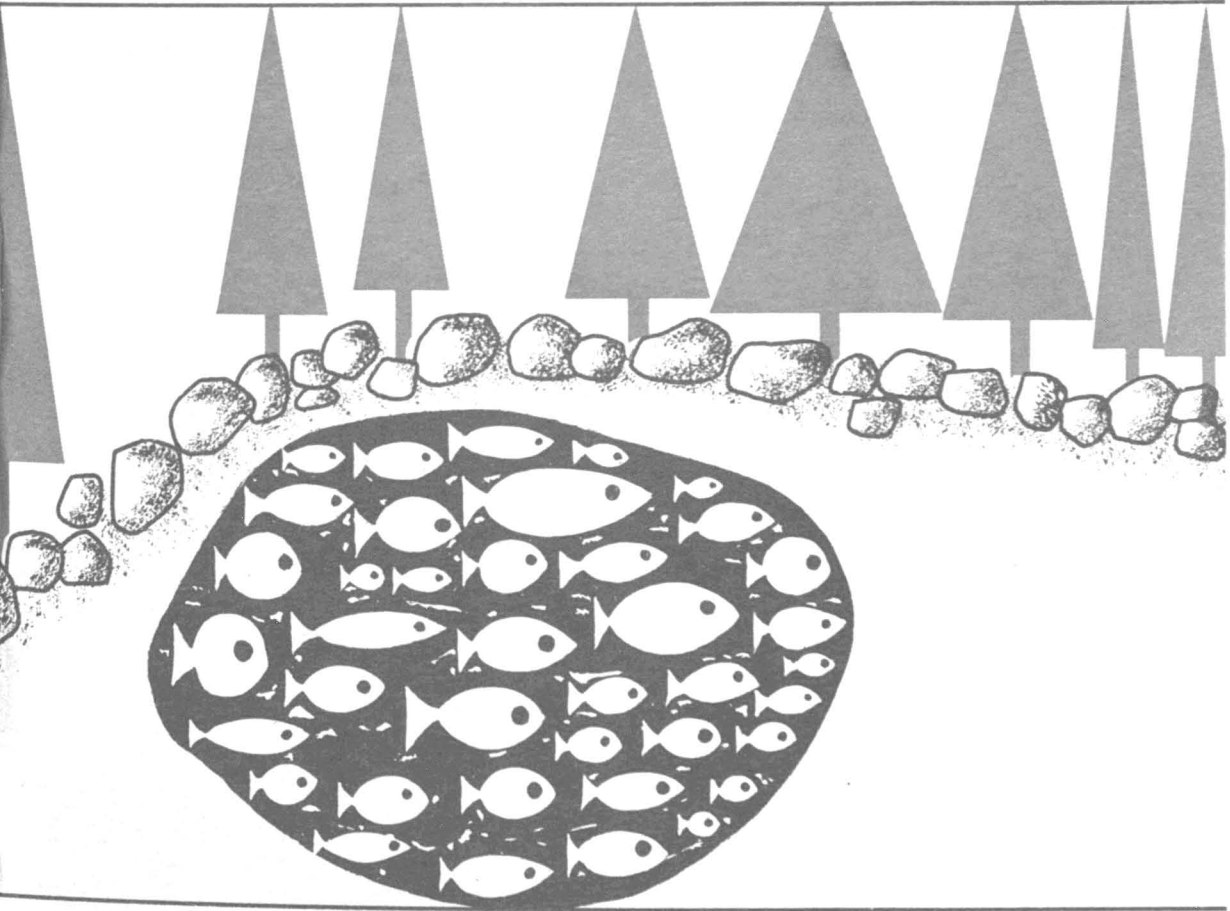
PROPRIÉTÉ DE LA BIBLIOTHÈQUE
DU MINISTÈRE DES TERRES ET
FORÊTS DU QUÉBEC.

Volume 96,

n° 6,

novembre - décembre 1969

e naturaliste canadien



Fondé en 1868
par l'abbé L. Provancher

Les Presses de l'Université Laval

LE NATURALISTE CANADIEN

PUBLICATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

DIRECTEUR

G.-WILFRID CORRIVAUT

DIRECTEUR-ADJOINT

MIROSLAV GRANDTNER

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION

GUY LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

RENÉ BÉLAND, *Université Laval*

RENÉ BÉIQUE, *Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Université Laval*

PAUL BERTHET, *Faculté des sciences
de Lyon*

LIONEL CINQ-MARS, *Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Université de Montréal*

MICHEL DELSOL, *Faculté catholique
de Lyon*

LLOYD M. DICKIE, *Institut océano-
graphique de Bedford*

ANDRÉ GAGNON, *Université Laval*

PAUL GERVAIS, *Université Laval*

ROGER HEIM, *Muséum national d'histoire
naturelle de Paris*

WILLIAM S. HOAR, *Université de la
Colombie-Britannique*

ROBERT LAGUEUX, *Université Laval*

VICTORIN LAVOIE, *Université Laval*

GASTON MOISAN, *Université Laval*

A. C. NEISH, *Conseil national des recher-
ches du Canada, Halifax*

W. E. RICKER, *Office des recherches sur
les pêcheries du Canada*

D. M. ROSS, *Université d'Alberta*

HENRI TINTANT, *Faculté des sciences
de Dijon*

ADMINISTRATION (abonnements, changements d'adresse, droits de reproduction) :

Les Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec (2^e), Québec

Abonnement annuel

au Canada : \$ 6.00

— à l'étranger : \$ 7.00

— le numéro : \$ 1.50

Publication bimestrielle de l'Université Laval, le **NATURALISTE CANADIEN** accepte les travaux **originaux** ayant trait aux sciences biologiques, géologiques, agronomiques et forestières, rédigés en français ou en anglais.

De brèves **communications scientifiques** seront acceptées pour publication rapide. Elles ne devront pas excéder 1 500 mots, titre et bibliographie compris. La préparation générale de ces notes doit être particulièrement soignée, car aucune épreuve n'est adressée aux auteurs, et ce, en vue d'en accélérer la publication.

Les **manuscrits** doivent être adressés au **Secrétaire de la rédaction, LE NATURALISTE CANADIEN**, Département de biologie, Faculté des Sciences, Université Laval, Québec (10^e), Québec.

LE **NATURALISTE CANADIEN** est publié avec l'aide du Ministère des Affaires culturelles du Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN

Volume 96

Novembre-Décembre

N° 6

MODIFICATION DU MÉTABOLISME DES PROTÉINES AU COURS DE L'ENDURCISSEMENT AU FROID DU BLÉ D'HIVER ¹

M.V. BRIQUET, H.P. THERRIEN ET E.A. ROCHAT

Faculté d'agriculture, Université Laval, Québec

Résumé

Les plantules de blé d'hiver au stade de pré-tallage s'endurcissent rapidement au froid par un traitement en conditions artificielles. L'endurcissement est accompagné d'une diminution de la vitesse d'incorporation de la L-leucine-¹⁴C dans les protéines solubles et ribosomiales des tissus prélevés à la base des plantules. La ralentissement de la synthèse des protéines s'accompagne d'une réduction de synthèse d'ARN.

Abstract

Modification of protein metabolism during hardening to cold has been studied in controlled environment on seedlings of winter wheat at the pre-tillering stage. In our experimental conditions, we have found a marked decrease of the rate of incorporation of L-leucine-¹⁴C in soluble and ribosomal proteins. The decrease was function of the time and, after 16 days of hardening (8 days at 9°C and 8 days at 1°C), the rate of incorporation of the amino-acid was already five times lower than at the beginning.

Introduction

L'adaptation au froid des variétés de blé d'hiver est connue depuis longtemps. Toutefois, nous sommes assez peu renseignés sur les modifications biochimiques qui accompagnent cette adaptation. Pour survivre à l'action des basses températures hivernales, ces variétés doivent être soumises à un conditionnement préalable naturel ou artificiel. Le potentiel de résistance est variétal sauf, semble-t-il, au stade coléoptile (Goujon, Maia et Doussinault, 1968), et dépend quantitativement du stade de croissance de la plante exposée aux conditions de l'endurcissement au froid.

¹ Contribution n° 66, Faculté d'agriculture, Université Laval, Québec 10^e, Canada.

On s'accorde généralement à admettre que le processus d'endurcissement du blé atteint son optimum dans la zone médullaire, à la partie supérieure du plateau de tallage (Goujon, Maia et Doussinault, 1968), et partiellement dans les feuilles (Schmutz, Sullivan et Levitt, 1961). Récemment, on a pu mettre en évidence chez certaines variétés de printemps sensibles au froid au stade foliaire, l'existence de gènes de réaction au froid au stade coléoptile (Goujon, Maia et Doussinault, 1968).

Dès lors, on peut se demander à quel stade de croissance et dans quelle mesure, à un stade déterminé, le potentiel de résistance de la plante peut-il s'exprimer d'une façon valable pour orienter le généticien dans la sélection d'un génotype d'hiver.

Dans ce contexte, il nous est apparu utile d'examiner la capacité d'endurcissement au froid du blé au stade intermédiaire entre le stade coléoptile et le stade de deux feuilles.

De nombreux auteurs (Heber, 1956; Siminovitch, 1963 et 1967; Zech et Pauli, 1962) ayant montré que le phénomène de l'adaptation au froid s'accompagnait de changements métaboliques importants, notamment en ce qui concerne la synthèse des protéines, nous avons examiné les modifications induites à ce niveau dans des segments de plantules de blé lors de l'endurcissement au froid.

Matériel et méthodes

ENDURCISSEMENT AU FROID

Du blé d'hiver, *Triticum vulgare*, variété: Kharkov, est semé en pots sur un mélange composé de $\frac{2}{3}$ de terre franche et $\frac{1}{3}$ de terreau et recouvert d'une couche de 1.5 cm de vermiculite humide.

Après 4 jours en serre à 23° C, les plantules, au stade de la première feuille, ont atteint une longueur de 4 cm. Elles sont alors placées en chambre de croissance où elles subissent le traitement d'endurcissement au froid dans les conditions décrites ci-dessous:

Températures d'endurcissement (°C)		Durée du traitement (jours)	Intensité lumineuse (lux)	Humidité relative (%)
<i>Jour</i>	<i>Nuit</i>			
9	5	8	21,500	60
1	1	24	2,400	90
- 3	- 3	8	700	100

La photopériode est de 10 heures.

Des tests de résistance au froid permettant de suivre l'évolution de l'endurcissement sont effectués tous les 4 jours à partir du début du traitement au froid. Pour chaque essai, 25 plantules sont soumises aux températures expérimentales respectives de -10° , -13° et -16°C pendant 1 heure.

Le passage de la température d'endurcissement aux températures du test de résistance est réalisé à la vitesse de 1°C par 30 minutes.

Après une heure aux températures expérimentales, les plantes sont ramenées, dans un premier temps, à $+1^{\circ}\text{C}$ pendant 12 heures, ensuite à $+7^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures, avant d'être replacées en serre, où le pourcentage de survie est déterminé après 21 jours.

INCORPORATION DE LA L-LEUCINE- ^{14}C DANS LES PROTÉINES

Cette étude a porté sur l'incorporation de la L-leucine- ^{14}C en présence ou en l'absence d'inhibiteurs de synthèse des ARN.

Des sections de 1.5 cm de longueur sont prélevées à la base des plantules, au-dessus de l'emplacement du plateau de tallage, et sont débarrassées du coléoptile. Les prélèvements sont effectués tous les 4 jours à partir du début de l'endurcissement.

Pour chaque essai, 4 g des sections de blé sont incubées dans 30 ml de milieu tampon tris 0.01M (pH 6.5), KCl 0.015M, MgCl_2 0.005M, saccharose 0.03M, contenant $5\mu\text{C}$ de L-leucine- ^{14}C (μl) (act. Sp: 263mc/m mole).

L'actinomycine D et le 5-fluorouracile sont utilisés aux concentrations respectives de $10\mu\text{g/ml}$ et $325\mu\text{g/ml}$ dans le milieu d'incubation.

EXTRACTION DES RIBOSOMES

Après 3 heures d'agitation à 25°C , l'incorporation de la L-leucine- ^{14}C dans les tissus est arrêtée par lavage rapide dans l'eau distillée et ensuite dans une solution aqueuse à 0.01% de L-leucine- ^{12}C à 2° - 3°C .

Le matériel végétal est alors rapidement broyé à froid dans 20 ml de milieu de pH 7.4, composé de tris 0.1M, KCl 0.01M, MgCl_2 0.01M, saccharose 0.25M, dans un mortier préalablement refroidi à -20°C . L'homogénat est filtré sur gaze. Le filtrat est alors centrifugé à $20,000 \times g$ pendant 30 minutes à 4° - 5°C dans le rotor SW27 (tubes de 38.5 ml), de l'ultracentrifuge Spinco Modèle L 2-50 H.V.. Le surnageant postmitochondrial (SPM) est traité par 0.1 volume de déoxycholate de sodium à 5%, avec agitation pendant 3 minutes à température ambiante. La fraction constituée de ribosomes et polysomes est obtenue par centrifugation de ce SPM à $88,000 \times g$ pendant 90 minutes à 4° -

5°C dans le rotor SW 27 Spinco (tubes de 17 ml). Le culot est ensuite remis en suspension dans le tampon tris 0.01M, KCl 0.015M, $MgCl_2$, 0.005M, de pH 6.5. On en prélève une fraction pour le dosage spectrophotométrique du ARN ribosomal à 260 $m\mu$ (Spectrophotomètre UNICAM SP 800) et une autre pour la mesure de radioactivité au spectromètre à scintillation liquide (Packard Tricarb, modèle 3375). L'efficacité de comptage est de 80% dans le liquide de Bray.

EXTRACTION DES PROTÉINES SOLUBLES

Les protéines solubles sont précipitées dans le surnageant post-ribosomal par traitement à l'acide trichloracétique (T.C.A.) à froid jusqu'à une concentration finale de 7%. Le précipité extrait par le T.C.A. chaud à 80° – 90°C pendant 30 minutes est alors refroidi à 2° – 3°C et recueilli sur filtre Millipore (pore de 0.45 μ). Les protéines sont lavées à froid 3 fois par le T.C.A. 7% et 3 fois par l'éthanol. Le filtre est séché à l'étuve et introduit dans le flacon de scintillation dans 15 ml de liquide de Bray. L'efficacité de comptage est de 85%.

Résultats et discussions

ENDURCISSEMENT AU FROID

L'acquisition de la résistance au froid après le stade coléoptile se manifeste dès le 8ème jour de la période de traitement en conditions artificielles à 9°C le jour et 5°C la nuit (figure 1). Dès ce moment, le blé est au stade des deux premières feuilles et s'y maintient jusqu'à la fin du traitement au froid.

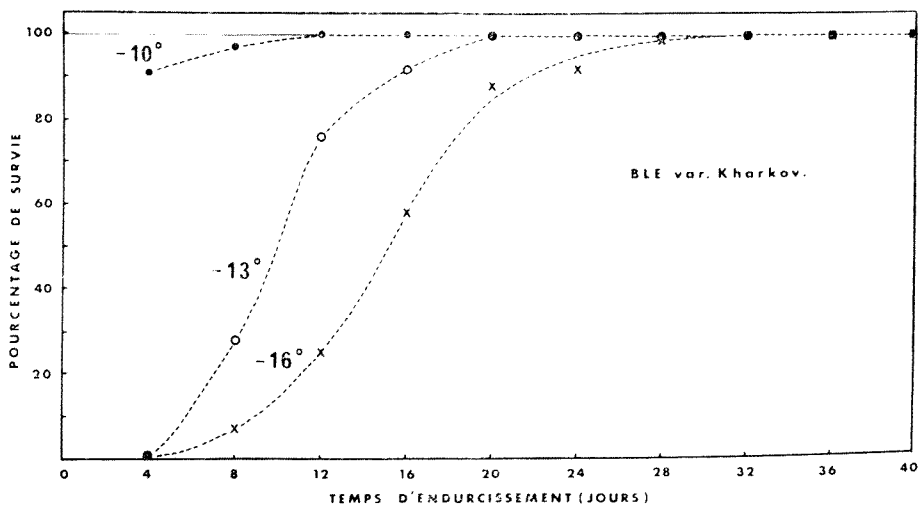


FIG. 1. Évolution de la résistance aux basses températures (-10°, -13°, -16°C) des plantules de blé d'hiver soumises aux conditions d'endurcissement au froid (voir matériel et méthodes).

Au 12^{ème} jour, la survie des plantes soumises à la température de -10°C est de 100%. Pour celles traitées à -13°C et -16°C , ce pourcentage est atteint respectivement le 20^{ème} et le 32^{ème} jours d'endurcissement.

INCORPORATION DE LA L-LEUCINE- ^{14}C DANS LES PROTÉINES

Dès le début de la période d'entraînement au froid, la vitesse d'incorporation de la L-leucine- ^{14}C dans les protéines solubles des segments de plantules utilisés diminue en fonction du temps pour atteindre un niveau 5 fois plus bas dès le 16^{ème} jour de traitement (figure 2). Par la suite, le taux d'incorporation se stabilise progressivement à la température de $+1^{\circ}\text{C}$ et n'est plus modifié par le traitement final à -3°C .

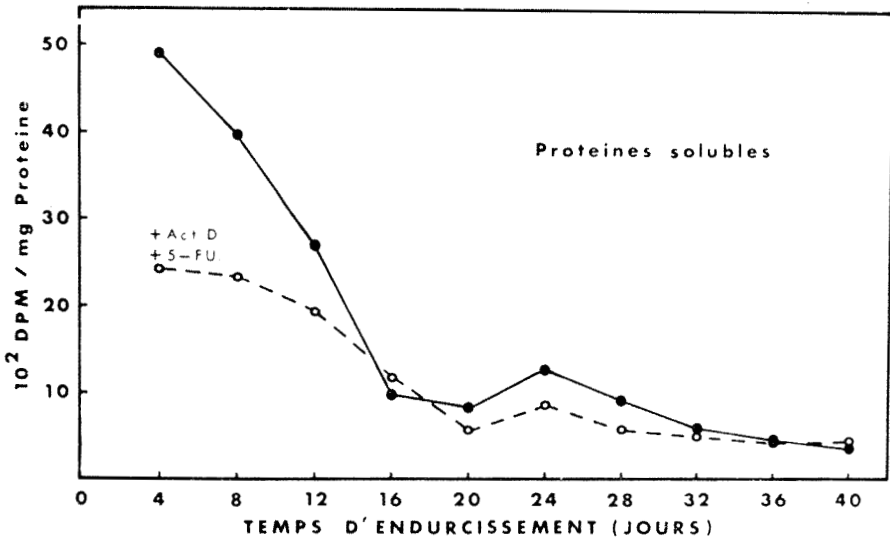


FIG. 2. Variations de la vitesse d'incorporation de la L-leucine- ^{14}C dans les protéines solubles des tissus de plantules de blé d'hiver soumises aux conditions d'endurcissement au froid.

En général, cette observation est également valable au niveau des protéines ribosomiales (figure 3). Toutefois, dans ce cas, on note une vitesse d'incorporation de l'acide aminé plus lente au début de l'endurcissement, la stabilisation intervenant 4 jours plus tard que dans les protéines solubles. Cet écart dans la vitesse d'incorporation du précurseur indique une plus grande sensibilité au froid du métabolisme des protéines solubles. Ceci est en accord avec le fait que les protéines ribosomiales ont une vitesse relative de renouvellement inférieure à celle des protéines solubles. Lorsque les tissus sont incubés en présence d'actinomycine D et de 5-fluorouracile, l'activité spécifique des 2 fractions protéiques est réduite dès le 4^{ème} jour du traitement au froid d'environ 50% pour les protéines solubles et 30% pour les protéines ribosomiales. Cette diffé-

rence dans le taux d'incorporation de la L-leucine- ^{14}C décroît progressivement et tend à s'annuler à la fin de la période de 40 jours au froid.

La diminution générale de l'activité spécifique des protéines (fig. 2 et 3) constatée dans nos conditions expérimentales, avec ou sans inhibiteurs, reflète un ralentissement considérable de la synthèse des protéines aussi bien que des ARN. En effet, à mesure que progresse l'endurcissement au froid, l'action de l'actinomycine D et du 5-fluorouracile, inhibiteurs spécifiques de synthèse des ARN (ARN m , ARN r , ARN t , D-ARN) (Key et Ingle, 1964) se fait moins sentir sur la synthèse protéique comme le montre la convergence des courbes des figures 2 et 3. Ce fait indique un ralentissement de la synthèse d'ARN en fin de traitement; la synthèse protéique résiduelle des 36ème et 40ème jours serait assurée essentiellement à partir des ARN préexistants.

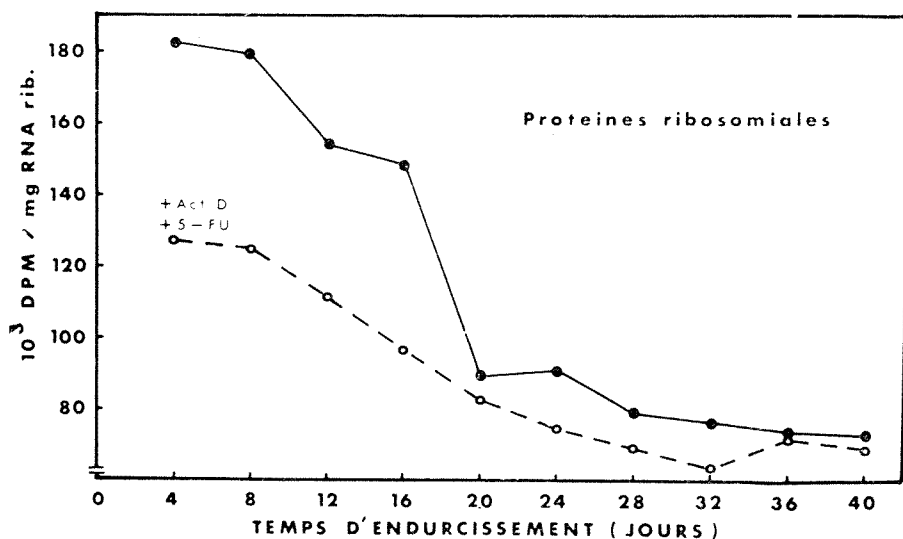


FIG. 3. Variations de la vitesse d'incorporation de la L-leucine- ^{14}C dans les protéines ribosomiales des tissus de plantules de blé d'hiver soumises aux conditions d'endurcissement au froid.

Remerciements

Le premier auteur, M. V. Briquet, de l'Université de Louvain, Belgique, exprime sa plus sincère gratitude à Monseigneur le Recteur de l'Université Laval, qui lui a accordé une bourse post-doctorale, ainsi qu'au Dr René-O. Lachance, doyen de la Faculté d'agriculture.

Les auteurs remercient sincèrement le Conseil des Recherches agricoles du Québec pour son assistance financière; messieurs G.M. Ola'h et Marton Tabi pour leur bienveillante collaboration; les firmes Merck, Sharpe et Dohme et Hoffman - La Roche qui leur ont très aimablement fourni l'actinomycine D et le 5-fluorouracile.

Références

- GOUJON, C., N. MAIA et G. DOUSSINAULT, 1968. Résistance au froid chez le blé. II. Réactions au stade coléoptiles étudiées en conditions artificielles. *Annls Amél. Pl.*, **18**: 49-57.
- HEBER, U., 1956. Ursachen der frostresistenz bei winterweizen. III. Die bedeutung von proteinen fur die frostresistenz. *Planta*, **54**: 34-67.
- KEY, J. L. and J. INGLE, 1964. Requirement for the synthesis of DNA-like RNA for growth of excised plant tissue. *Proc. natn. Acad. Sci.*, **52**: 1382-1388.
- SCHMUTZ, W., C. Y. SULLIVAN and J. LEVITT, 1961. Sulfhydryls – A new factor in frost resistance. II. Relation between sulfhydryls and relative resistance of fifteen wheat varieties. *Pl. Physiol.*, **36**: 617-620.
- SIMINOVITCH, D., 1963. Evidence from increase in ribonucleic acid and protein synthesis in autumn for increase in protoplasm during the frost-hardening of black locust bark cells. *Can J. Bot.*, **41**: 1301-1308.
- SIMINOVITCH, D., F. GFELLER and B. RHEAUME, 1967. The multiple character of the biochemical mechanism of freezing resistance of plant cells. *Proc. Int. Conf. low Temp. Sci. Sapporo, Japan*. **11**: 94-117.
- ZECH, A. C. and A. W. PAULI, 1962. Changes in total free amino nitrogen, free amino acids and amides of winter wheat crowns during cold hardening and dehardening. *Crop Sci*. **2**: 421-423.



COMPORTEMENT DE CERTAINES VARIÉTÉS DE TRÈFLE BLANC SOUS PAISSANCE SIMULÉE

PAUL GERVAIS ¹

Station de Recherches, Lennoxville, Québec.

Résumé

On a comparé sept variétés de trèfle blanc cultivé en association avec du mil sous paissance simulée durant 3 années à la Station de Recherches de Lennoxville, Québec. Le trèfle blanc ladino s'est révélé supérieur au trèfle blanc intermédiaire au point de production de matière sèche et de protéine à l'acre, étalement de la production au cours de la saison de végétation, force de concurrence et persistance. On n'a noté, cependant, aucune différence appréciable dans la composition chimique des variétés.

Abstract

Seven varieties of white clover grown in association with timothy under simulated grazing conditions were compared over a period of 3 years at the Research Station, Lennoxville, Québec. The ladino white clover outyielded the intermediate white clover in dry matter and protein per acre and showed a better distribution of production during the growing season, a higher competitive ability and a greater persistency. The chemical composition of the clover varieties, however, was quite similar.

Introduction

Le trèfle blanc croît naturellement dans la plupart des pâturages naturels et à long terme du Québec. Sa contribution au rendement est souvent appréciable, bien qu'elle puisse varier d'une année à l'autre et, parfois, à l'intérieur même d'une saison. De plus, l'apport du trèfle, étant donné sa valeur nutritive, à la qualité de l'herbe récoltée est loin d'être négligeable.

Il y a quelques décennies, un type géant de trèfle blanc – le trèfle ladino – a été introduit au Québec. Il a rapidement pris de la vogue et il est, maintenant, fréquemment ensemencé pour la pâture.

1. Adresse actuelle: Faculté d'Agriculture, Université Laval, Québec 10e.

Plusieurs études (8, 9, 11, 12, 13, 14, 19) ont déjà été publiées sur la culture du trèfle ladino au Québec, en particulier sur la régie, la fertilisation et le chaulage. On ne possède, cependant, aucune donnée comparative des divers types de trèfle blanc au point de vue productivité, étalement de la production, composition chimique, etc. Le présent travail réalisé à la Station de Recherches de Lennoxville, Québec, de 1958 à 1961, vise à fournir ces renseignements.

Revue de littérature

Martin (18) a passé en revue le rôle du trèfle blanc en agriculture herbagère. Troughton (24) affirme que la valeur d'une lignée de trèfle blanc dépend largement de son aptitude à s'associer à des graminées pour former un gazon qui livrera de grandes quantités d'herbe de haute valeur alimentaire. Plusieurs chercheurs (4, 5, 6, 7, 24) ont démontré qu'il y avait des variations notables parmi les divers types et variétés de trèfle blanc dans le mode de croissance, la persistance et la productivité.

Craigsmiles et Crowder (3) ont trouvé, dans une étude de 4 ans aux États-Unis, que le trèfle blanc de type ladino était supérieur à celui de type intermédiaire pour le rendement en fourrage, la teneur en protéine et la persistance. Davies (7) a rapporté que le trèfle ladino était inadapté en Grande-Bretagne; il manquait de persistance et son rendement était faible. Gervais (11) a démontré que le trèfle ladino était bien adapté aux conditions du Québec et qu'il pouvait demeurer productif durant plusieurs années sous des régies appropriées.

Méthodologie expérimentale

Cette étude a été effectuée sur loam limoneux de Coaticook, sol bien égoutté et de fertilité moyenne. Avant le semis, on a appliqué et incorporé au sol 800 livres de 2-8-16 plus 2% de borax à l'acre. On a semé le trèfle blanc, *Trifolium repens L.*, en mélange avec le mil Climax, *Phleum pratense L.*, à raison de 2 livres à l'acre pour le trèfle et de 8 livres pour le mil. On a utilisé, comme plante-abri, de l'avoine au taux de 1½ boisseau à l'acre. Le semis a eu lieu le 7 mai 1958. L'avoine a été coupée au stade épiaison et enlevée des parcelles.

L'expérience a été réalisée suivant la méthode des blocs randomisés avec quatre répétitions. Les parcelles mesuraient 5 pieds sur 20 pieds. Chaque année, on a fait quatre coupes à intervalles d'environ un mois, la première étant effectuée vers la fin de mai et la dernière avant septembre. Les dates moyennes

de coupe pour les 3 années ont été les suivantes : 27 mai, 26 juin, 28 juillet, 29 août. Cette régie correspondrait à une paissance modérée en rotation. À chaque récolte, on a prélevé et pesé une bande de fourrage de 41 pouces de largeur sur toute la longueur des parcelles. On a recueilli de chaque parcelle un échantillon représentatif que l'on a mis à sécher après l'avoir séparé à la main en ses parties composantes : espèces ensemencées (trèfle blanc, mil) et autres plantes. Les échantillons fractionnés ont servi à établir le rendement des espèces et la composition botanique du fourrage récolté. L'analyse chimique de la fraction trèfle a été faite, selon les méthodes décrites par Ward et Johnston (25), sur des échantillons composés tirés de 4 répétitions de chaque variété. Une évaluation de la quantité d'unités nutritives digestibles totales a été calculée selon la formule de Smith (21), formule adaptée de Holter et Reid (16), d'Axelsson (1) et de Swift (22).

On a appliqué une fertilisation de maintien de 500 livres de 0-20-20 à l'acre à l'automne 1959 et de 300 livres de 0-20-20 plus 2% de borax à l'automne 1960.

Les variétés à l'essai, d'après leur comportement sous nos conditions, se classent en deux types principaux au point de vue stature :

- a) le type géant qui comprend les trèfles ladino,
- b) le type intermédiaire qui inclut les trèfles blancs de Hollande, de Nouvelle-Zélande, Kersey, S-100 et Nora.

Plusieurs auteurs (2, 15, 17, 26) ont déjà décrit ces variétés.

Résultats et interprétation

RENDEMENTS EN FOURRAGE

Fraction trèfle. Les deux trèfles ladino ont nettement surpassé en rendement les autres trèfles blancs au cours d'une période de 3 ans (tableau I). À chaque année, le Pilgrim a produit plus que le ladino de Californie et, pour la moyenne des 3 années, la production de ce dernier a été de 23% inférieure à celle du Pilgrim. Il y a lieu de noter qu'à chaque année le ladino Pilgrim a occupé la première place, le ladino de Californie, la deuxième et le Kersey, la troisième. Sauf pour la première année de production, les trèfles blancs de Hollande, de Nouvelle-Zélande, S-100 et Nora ont occupé les 4e, 5e, 6e et 7e rangs respectivement. Des cinq variétés de trèfle blanc intermédiaire, seuls les trèfles de Hollande et de Nouvelle-Zélande sont occasionnellement ensemencés au Québec. Leur production respective, toutefois, n'a été que de 47% et de 43% celle du ladino Pilgrim dans cette étude.

TABLEAU I

Rendements en livres de matière sèche à l'acre de sept variétés de trèfle blanc cultivé en association avec du mil, 1959-1961.

Variétés	Années de production			
	1959	1960	1961	1959-1961
	Fraction trèfle			
Ladino Pilgrim	4829a	4591a	4150a	4523a
Ladino de Californie	3959 b	3039 b	3483ab	3494 b
Blanc Kersey	2934 c	1642 c	2734 bc	2437 c
Blanc de Hollande	2283 d	1609 c	2476 bc	2123 cd
Blanc de Nouvelle-Zélande	2437 cd	1176 cd	2231 c	1948 cd
Blanc S-100	2507 cd	1024 cd	1777 c	1769 cd
Blanc Nora	2777 cd	636 d	1575 c	1663 d
	Fraction mil			
Ladino Pilgrim	217 c	2129 c	1394 b	1247 c
Ladino de Californie	572 bc	3053 b	1973ab	1866 b
Blanc Kersey	1010a	3946a	2501a	2486a
Blanc de Hollande	1005ab	3920a	2570a	2498a
Blanc de Nouvelle-Zélande	982ab	3944a	2693a	2540a
Blanc S-100	1139a	3814a	2468a	2474a
Blanc Nora	1059a	3821a	2301a	2394a
	Production totale			
Ladino Pilgrim	5046a	6720a	5544a	5770a
Ladino de Californie	4531ab	6092ab	5456a	5360ab
Blanc Kersey	3944 bc	5588 b	5235a	4923 bc
Blanc de Hollande	3288 c	5529 bc	5046ab	4621 cd
Blanc de Nouvelle-Zélande	3419 c	5120 cd	4924ab	4488 cd
Blanc S-100	3646 c	4838 cd	4245 bc	4243 d
Blanc Nora	3836 bc	4457 d	3876 c	4057 d

Les rendements suivis de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $P = .05$ (10).

Fraction mil. Le rendement du mil associé au trèfle blanc a été sensiblement similaire pour les cinq variétés de type intermédiaire (tableau I). Toutefois, la force de concurrence des deux trèfles ladino a réduit significativement le rendement de la graminée-compagne; la compétition exercée par le ladino Pilgrim a été plus forte que celle du ladino de Californie.

Production totale. L'ordre de production (trèfle + mil) a été le même que dans la fraction trèfle (tableau I); les deux trèfles ladino ont gardé le premier rang.

ÉTALEMENT DE LA PRODUCTION

L'herbager est intéressé à cultiver des variétés à haut rendement. L'étalement de la production, au cours de la saison de croissance, revêt aussi une importance particulière pour la régularité de l'alimentation animale ou la charge que le pâturage peut porter.

La figure 1 illustre la distribution de la production par coupe. Il ressort clairement que les deux trèfles ladino, à chaque coupe, ont largement dépassé en rendement les autres trèfles. Les trèfles ladino Pilgrim et de Californie et les trèfles blancs Kersey et de Hollande ont maintenu ou augmenté leur production jusqu'à la 3^e coupe (fin de juillet) alors que les rendements des trèfles blancs de Nouvelle-Zélande, S-100 et Nora ont fléchi dès la 2^e coupe (fin de juin). Tous, cependant, ont montré une baisse prononcée de production vers la fin de la saison de végétation (en août). Il y a lieu de noter, toutefois, que

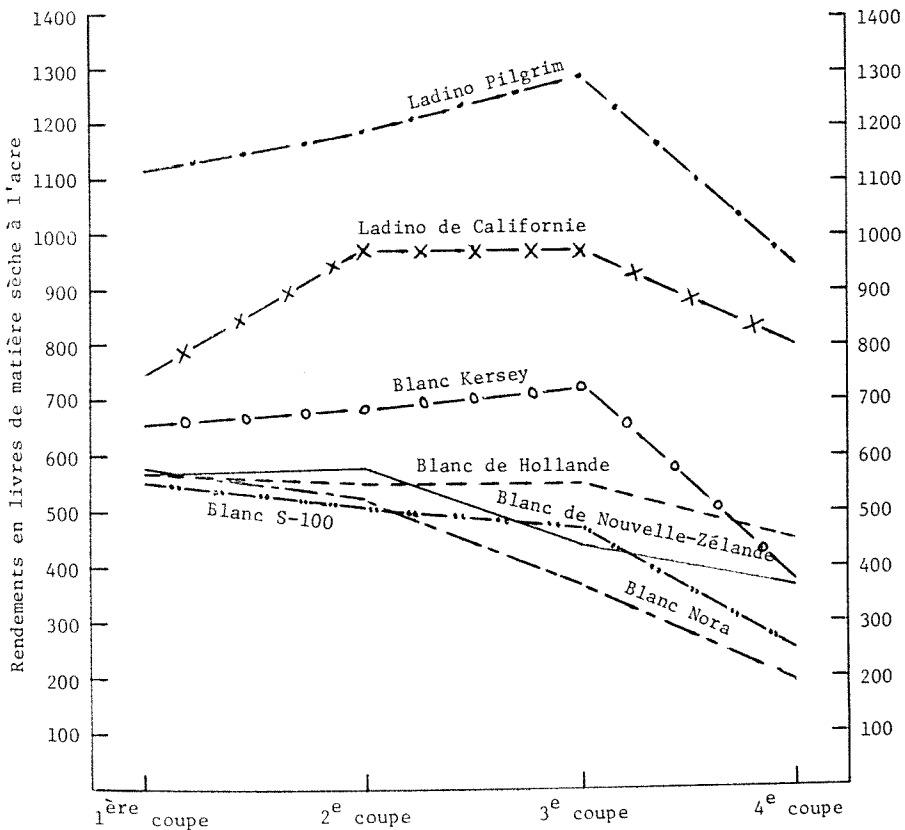


Fig. 1. Etalement de la production au cours de la saison de croissance de sept variétés de trèfle blanc, 1959-1961.

même les rendements les plus faibles des deux trèfles ladino ont été de beaucoup supérieurs aux rendements les plus élevés des cinq autres trèfles blancs. Ces données sur le niveau et l'étalement de la production de l'herbe indiquent que la culture du trèfle ladino permet, durant toute la saison de croissance, une alimentation plus uniforme et une charge de pâturage plus forte que celle du trèfle blanc intermédiaire.

COMPOSITION BOTANIQUE DU FOURRAGE

La composition botanique du fourrage récolté de 1959 à 1961 a été établie d'après les rendements en matière sèche des fractions trèfle, mil et autres plantes non semées.

Seuls les deux mélanges à base de ladino contenaient plus de trèfle que de mil (fig. 2). Le Pilgrim constituait 74% du fourrage récolté et le ladino de Californie 60%. De plus, le pourcentage de plantes non semées est demeuré très bas, ce qui indique que ces deux variétés ont tenu en échec les mauvaises herbes. Le mélange à base de Kersey renfermait une quantité presque égale de trèfle et de mil. Dans les autres mélanges, le pourcentage de mil a excédé celui du trèfle: la teneur en mil a varié de 48 à 51% et celle du trèfle de 35 à 41% selon les variétés. La contribution des autres plantes a fluctué de 9 à 14%.

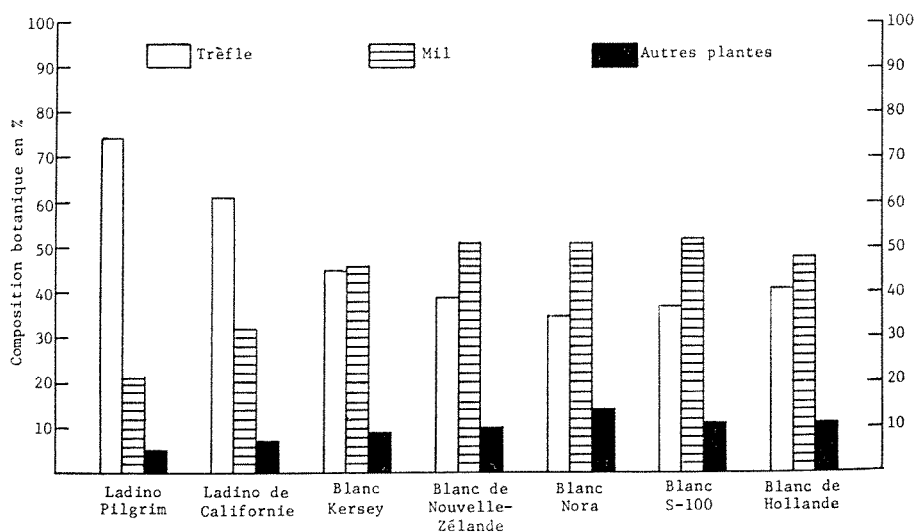


FIG. 2. Composition botanique de l'herbe récoltée de sept variétés de trèfle blanc cultivé en association avec du mil, 1959-1961.

PERSISTANCE DES TRÈFLES BLANCS

Il est établi depuis longtemps que le pourcentage de trèfle blanc qui croît dans un pâturage naturel fluctue d'une année à l'autre; tantôt il est élevé, tantôt il est faible. Dans un pâturage ensencé, on note d'habitude une variation similaire. Si l'on se base sur le pourcentage de trèfle présent dans le fourrage récolté, on constate que sa contribution a été très variable, tel que l'indiquent les données suivantes:

Types de trèfle blanc	% moyen de trèfle		
	1ère année de récolte	2e année de récolte	3e année de récolte
Blanc ladino	89.6	55.6	67.4
Blanc intermédiaire	67.9	21.2	39.5

Ces chiffres montrent aussi que le trèfle ladino s'est maintenu, chaque année, à un niveau plus élevé que le trèfle blanc intermédiaire. De plus, la contribution de celui-ci, lors de la troisième et dernière année de l'expérience, a été de 41% inférieure à celle du trèfle ladino.

COMPOSITION CHIMIQUE DES TRÈFLES

L'examen des données du tableau II laisse voir des variations minimes d'un trèfle à l'autre pour chacun des constituants rapportés. La composition chimique des différentes variétés a été très semblable et elle ne peut, par conséquent, servir de critère dans le choix de la variété à cultiver. On sait depuis longtemps que cette légumineuse a une haute valeur alimentaire (14, 20, 21, 23). Sa forte teneur en protéine et sa faible teneur en fibre (tableau II) et son pourcentage élevé, environ 80%, en unités nutritives digestibles totales (tableau III) en sont un indice valable.

Les quantités de protéines récoltées à l'acre sont le reflet du rendement en fourrage des variétés, étant donné que le pourcentage de protéine a été sensiblement le même pour chacune d'elles. Les trèfles Pilgrim et de Californie se sont particulièrement distingués ici encore (tableau III) en livrant beaucoup plus de protéines à l'acre que les autres trèfles; le ladino Pilgrim a excédé de 47 à 63% et le ladino de Californie de 31 à 52% la production des autres variétés.

TABLEAU II

Composition chimique de sept variétés de trèfle blanc, 1959-1961.

Variétés	Protéine brute	Fibre brute	Extractifs non azotés	Matières grasses	Cendres	Ca	P	K
	%	%	%	%	%	%	%	%
Ladino Pilgrim	25.76	17.49	46.17	1.88	8.70	1.70	0.33	1.81
Ladino de Californie	26.19	16.98	45.72	1.91	9.20	1.72	0.33	2.00
Blanc Kersey	26.10	16.80	46.24	2.11	8.75	1.64	0.34	1.91
Blanc de Hollande	25.98	16.90	46.51	1.94	8.67	1.66	0.33	1.84
Blanc de N.-Zélande	26.52	17.01	45.67	1.95	8.85	1.69	0.35	1.86
Blanc S-100	26.83	16.84	45.95	1.99	8.39	1.65	0.35	1.70
Blanc Nora	26.23	17.05	45.94	2.02	8.76	1.56	0.34	1.93

TABLEAU III

Quantités de protéines et unités nutritives digestibles totales obtenues de sept variétés de trèfle blanc, 1959-1961.

Variétés	Protéines	Unités nutritives digestibles totales
	lb./A.	%
Ladino Pilgrim	1167	79.9
Ladino de Californie	901	80.6
Blanc Kersey	623	80.8
Blanc de Hollande	547	80.7
Blanc de Nouvelle-Zélande	514	80.7
Blanc S-100	468	81.0
Blanc Nora	436	80.6

Conclusions

Les données chiffrées d'une étude de 3 ans sur le comportement de sept trèfles blancs cultivés en association avec du mil, sous paissance simulée, autorisent les conclusions suivantes:

1. La productivité du trèfle blanc ladino a été significativement supérieure à celle du trèfle blanc intermédiaire.
2. Le trèfle ladino a montré une force de concurrence plus élevée que le trèfle blanc intermédiaire, ce qui a donné lieu à une contribution réduite du mil et à une faible présence des mauvaises herbes.
3. Le trèfle ladino a exhibé un étalement de production plus désirable et s'est maintenu à un niveau plus élevé que le trèfle blanc intermédiaire.
4. La composition chimique des différentes variétés a été sensiblement la même et laisse voir la haute valeur alimentaire de cette légumineuse.
5. Le choix de la variété à cultiver doit être basé surtout sur la productivité, l'étalement de la production et la persistance.

Remerciements

L'auteur remercie MM. L. Lachance et A.-E. Ouellette, agronomes, de la Station de Recherches de Lennoxville, pour l'aide apportée dans la poursuite de cette recherche et le personnel du Service de la Recherche en Chimie Analytique, Direction de la Recherche, Ministère de l'Agriculture du Canada, Ottawa, pour l'analyse chimique des plantes.

Références

1. AXELSSON, J., 1953. Relationships between contents of metabolizable energy, total digestible nutrients, Scandinavian feed units, and starch units in foodstuffs. *Kungl. Landbruks Kögskoll. Ann.*, **19**: 145.
2. BARROWS, G. E., 1948. Kersey white - A new strain of white clover. *J. Min. Agr.*, **55**: 522-523.
3. CRAIGMILES, J. P. and L. V. CROWDER, 1960. Comparison of ladino and Louisiana white clovers in three grass sods. *Agron. J.*, **60**: 379-381.
4. CROWDER, L. V., 1960. The response of white clover varieties grown at high elevation in Colombia. *Agron. J.*, **52**: 608-609.
5. DAVIES, A. G. and M. M. COOPER, 1951. White clover trial. *J. Br. Grassld Soc.*, **6**: 229-243.
6. DAVIES, A. G. and M. M. COOPER, 1953. White clover trial. *J. Br. Grassld Soc.*, **8**: 115-130.

7. DAVIES, W. E., 1958. The yields of pure sown plots of eight white clover strains under cutting. *J. Br. Grassld Soc.*, **13**: 34-38.
8. DIONNE, J. L., Paul GERVAIS et W. S. RICHARDSON, 1962. Action du phosphore et du potassium sur le rendement et la composition chimique du trèfle ladino cultivé sur deux types de sol. *Can. J. Pl. Sci.*, **42**: 501-509.
9. DIONNE, J. L., 1966. Comportement différentiel du trèfle ladino en regard du chaulage sur cinq types de sol du Québec. *Can. J. Soil Sci.*, **46**: 261-270.
10. DUNCAN, D.B., 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, **11**: 1-42.
11. GERVAIS, Paul, 1950. Le trèfle ladino. *Publ. Min. Agr. Can.*, 845.
12. GERVAIS, Paul, 1960. Effects of varying levels of phosphorus and potassium applications on productivity, and botanical and chemical composition of a ladino-timothy association. *Can. J. Soil Sci.*, **40**: 185-198.
13. GERVAIS, Paul, 1960. Effects of cutting treatments on ladino clover grown alone and in mixture with grasses. I. Productivity and botanical composition of forage. *Can. J. Pl. Sci.*, **40**: 317-327.
14. GERVAIS, Paul, 1960. Effects of cutting treatments on ladino clover grown alone and in mixture with grasses. II. Chemical composition of forage. *Can. J. Pl. Sci.*, **40**: 328-334.
15. GIBSON, P. B. and E. A. HOLLOWELL, 1966. White clover. *Agric. Handb. U.S. Dep. Agric.*, 314.
16. HOLTER, J. A. and J. T. REID, 1959. Relationship between the concentrations of crude protein and apparently digestible protein in forages. *J. Anim. Sci.*, **18**: 1339-1349.
17. JENKIN, T. J., 1943. Aberystwyth strains of grasses and clovers. *J. Min. Agr.*, **50**: 343-349.
18. MARTIN, T. W., 1960. The role of white clover in grassland. *Herb. Abstr.*, **30**: 159-164.
19. OUELLETTE, G. J., 1963. Effects of lime, nitrogen and phosphorus on the response of ladino clover to molybdenum. *Can. J. Soil Sci.*, **43**: 117-122.
20. PLUMMER, B. E., Jr., 1953. Chemical composition of grasses and legumes in Maine. *Bull. Me agric. Exp. Stn*, **513**.
21. SMITH, Dale, 1964. Chemical composition of herbage with advance in maturity of alfalfa, medium red clover, ladino clover, and birdsfoot trefoil. *Res. Rep. agric. Exp. Stn Univ. Wisc.*, no. 16.
22. SWIFT, R.W., 1957. The nutritive value of forages. *Bull. Pa agric. Exp. Stn*, 615.
23. SWIFT, R. W., W. H. JAMES, L. F. MARCY, R. F. ELLIOTT, V. F. SMITH and H. W. HIGBEE, 1948. Monthly yields and composition of herbage composed of Kentucky bluegrass, *Poa pratensis* L., and white clover, *Trifolium repens* L., as affected by fertilizer treatments. *J. Am. Soc. Agron.*, **40**: 1051-1060.
24. TROUGHTON, A., 1955. A comparison of three strains of white clover. I. Herbage production. *J. Br. Grassld Soc.*, **10**: 197-212.
25. WARD, G. M. and F. B. JOHNSTON, 1962. Chemical methods of plant analysis. *Publ. Min. Agr. Can.*, 1064.
26. WILLIAMS, W., 1945. Varieties and strains of red and white clovers. British and Foreign. *Bull. Welsh Pl. Breed. Stn*, Ser. H., 16.

DÉNOMBREMENT DES CHROMOSOMES CHEZ QUELQUES CYPRINS ¹

PIERRE LEGENDRE ² ET DAVID M. STEVEN

Department of Zoology, McGill University, Montréal

Résumé

Pour déterminer le nombre chromosomique la méthode employée fut celle de McPhail et Jones (1966) modifiée de façon à augmenter le nombre de mitoses dans le tissu et à faire se contracter les chromosomes. Quarante-huit chromosomes (nombre somatique) furent trouvés chez *Exoglossum maxillingua*; 50 chez *Chrosomus eos*, *C. eos* x *C. neogaeus*, *Hybopsis plumbea* et *Semotilus margarita*; 52 chez *Pimephales notatus*, *S. atromaculatus* et *S. corporalis*.

Abstract

Diploid chromosome numbers were studied by the technique of McPhail and Jones (1966) modified in such a way as to increase the number of mitosis in the tissue and to obtain sharper images. Forty-eight chromosomes (diploid number) were found in *Exoglossum maxillingua*; 50 in *Chrosomus eos*, *C. eos* x *C. neogaeus*, *Hybopsis plumbea*, and *Semotilus margarita*; 52 in *Pimephales notatus*, *S. atromaculatus*, and *S. corporalis*.

Introduction

Les chromosomes des cyprins ont été surtout étudiés chez les espèces d'Europe et d'Asie (Matthey, 1949; Makino, 1951; Nogusa, 1960; Sharma, Parshad et Nayyar, 1960; Nayyar, 1962 et 1964; Post, 1965). Les auteurs (Post, 1965; Ohno, Wolf et Atkin, 1968) suggèrent que d'un nombre somatique de 48 chromosomes, certains groupes de cyprins en auraient obtenu 44, 46, 50, 52 ou 54, par bris ou par fusion de chromosomes, et de là 94, 96 ou 104 par polyploïdisation. Dans la tribu des Leuciscidi à laquelle appartiennent les espèces étudiées ici, la littérature ne mentionne, à notre connaissance, que les nombres chromosomiques de représentants de trois autres genres. Post (1965) rapporte que les genres *Leuciscus* et *Scardinius* portent un nombre somatique de 52 chromosomes. La seule mention nord-américaine que nous connaissions est celle de McPhail et Jones (1966) qui ont établi qu'un représentant du genre *Rhinichthys* a un nombre somatique de 50 chromosomes.

1. Partiellement tiré d'une thèse (Legendre, 1969).

2. Adresse actuelle : Department of Biology, University of Colorado, Boulder, Colorado 80302, U.S.A.

TABLEAU I

Lieu d'origine des spécimens

Taxon	Date	Lieu d'origine	Coordonnées
<i>Chrosomus eos</i>	23 mai 1968	Lac Caché ou Parond, Québec	74°29'25"W, 46°05'42"N
	18 juin 1968	Lac Caché ou Parond, Québec	74°29'25"W, 46°05'42"N
<i>C. eos</i> x <i>C. neogaeus</i>	14 mai 1968	Lac Triton, Québec	74°00'21"W, 45°59'18"N
	28 mai 1968	Lac Eos, Ontario	78°21'35"W, 45°35'35"N
	28 mai 1968	Lac Amikeus, Ontario	78°30'55"W, 45°35'20"N
<i>Exoglossum maxillingua</i>	18 juin 1968	Rivière La Diable, Québec	74°36'06"W, 46°07'05"N
<i>Hybopsis plumbea</i>	13 juin 1968	Lac Clarence Gagnon, Québec	71°31'53"W, 48°05'28"N
<i>Pimephales notatus</i>	18 juin 1968	Lac Duhamel, Québec	74°37'45"W, 46°08'17"N
<i>Semotilus atromaculatus</i>	14 mai 1968	Lac Triton, Québec	74°00'21"W, 45°59'18"N
	13 juin 1968	Lac Clarence Gagnon, Québec	71°31'53"W, 48°05'28"N
<i>S. corporalis</i>	12 juillet 1968	Lac Monroe, Québec	74°30'14"W, 46°19'24"N
<i>S. margarita</i>	13 juin 1968	Lac Clarence Gagnon, Québec	71°31'53"W, 46°05'28"N

Cette note s'adresse surtout aux biologistes de la faune qui, sans être des cytologistes experts, désirent procéder à des dénombrements de chromosomes. C'est pourquoi la méthode de travail est exposée en détail. Soulignons cependant que cette méthode permet seulement de dénombrer les chromosomes, et non de faire une étude complète du karyotype.

Matériel

Le lieu d'origine des spécimens étudiés constitue le tableau I. L'étude a porté sur des individus de 8 entités taxonomiques : 7 espèces et un hybride, appartenant à 5 genres. Les spécimens mesuraient de 3 à 15 cm environ.

Méthode

Quoique la méthode employée soit fondamentalement celle de McPhail et Jones (1966), qui utilise les cellules épithéliales des branchies bloquées en métaphase par l'injection de colchicine, il est utile d'en donner ici un résumé complet, tant elle a été modifiée. Les numéros 1, 2, 3, 7 et 10 portent sur les modifications, qui visent principalement à augmenter le nombre de mitoses dans le tissu et à faire se contracter les chromosomes. Les modifications 2, 7 et 10 ont été suggérées par le Dr F. M. Atton (*in litt.*) et mises au point dans le cadre de ce travail. Les étapes sont les suivantes :

- 1- Le spécimen est acclimaté à la température de la pièce. On choisit de préférence un jeune individu, chez lequel les divisions cellulaires sont plus fréquentes.
- 2- Le spécimen est placé pour 1 minute dans un bain bien aéré de formaline 1% V/V de la solution commerciale, dans le but d'irriter les branchies, afin d'induire des divisions cellulaires. Il faut cependant noter que certaines espèces ne tolèrent pas cette concentration de formaline. Dans ce cas, on peut réduire la concentration, ou encore éliminer l'opération et accroître à environ 4 heures la durée de l'opération # 5.
- 3- Le spécimen est anesthésié dans un bain bien aéré de MS-222 (Sandoz Pharmaceuticals, Division of Sandoz Canada Limited, Dorval) à une concentration de 0.5 gr : 4000 ml H₂O. Cette opération est nécessaire, car sans elle plusieurs spécimens subissent, durant l'injection subséquente, un état de stress qui les tue.
- 4- 0.1 ml de colchicine à la concentration de 0.01 g : 100 ml H₂O distillée est injecté dans la partie antérieure du dos. On peut augmenter la concentration jusqu'à 0.05 g : 100 ml H₂O, sur des spécimens plus gros.
- 5- Le spécimen injecté est alors placé dans un bain bien aéré pour au moins 1 à 2 heures.
- 6- Le spécimen est anesthésié de nouveau, et le dernier arc branchial est prélevé des deux côtés.
- 7- Les arcs branchiaux sont dialysés pendant 30 minutes dans une solution hypotonique de KCl 0.075 M (0.56 g : 100 ml H₂O distillée). Cette technique a, sur la simple

TABLEAU II

Résultats des dénombrements de chromosomes

Taxon	Nombre de lacs ou rivières	Nombre de mâles	Nombre de femelles	Nombre de figures comptées	Nombre chromosomique diploïde
<i>Chrosomus eos</i>	1	3	2	21	50
<i>C. eos</i> x <i>C. neogaeus</i>	3	4	3	23	50
<i>Exoglossum maxillingua</i>	1	————— 2 —————		15	48
<i>Hybopsis plumbea</i>	1	1	2	8	50
<i>Pimephales notatus</i>	1	0	2	6	52
<i>Semotilus atromaculatus</i>	2	3	2	10	52
<i>S. corporalis</i>	1	2	0	15	52
<i>S. margarita</i>	1	1	1	11	50

dialysation dans l'eau distillée, l'avantage de produire des métaphases plus faciles à compter, en faisant se contracter davantage les chromosomes et en augmentant leur capacité d'absorption du colorant (Hungerford, 1965).

8- Les arcs branchiaux sont ensuite fixés et colorés, pendant 15 minutes, dans de l'acéto-orcéine fraîche et filtrée sur papier très fin, spécialement fait pour les précipités cristallins (Darlington et La Cour, 1962).

9- Les arcs branchiaux sont frottés légèrement sur une lame de verre à microscopie propre, jusqu'à ce qu'une mince couche de cellules épithéliales se soient déposées sur la lame. Enlever toute pièce de tissu visible à l'oeil nu.

10- La préparation doit être couverte immédiatement d'une lamelle, la plus mince possible; puis elle est placée dans une serviette de papier brun repliée et pressée manuellement sous une pression d'environ 10 lbs/cm². La serviette de papier absorbera le surplus de colorant.

11- La préparation est alors scellée à la paraffine et entreposée au réfrigérateur. Ces préparations non permanentes se conserveront ainsi deux à trois semaines.

12- L'examen doit se faire à l'aide d'un microscope à contraste de phase. Il est nécessaire de faire un schéma des métaphases observées, puis de dénombrer les chromosomes sur le schéma, à cause du nombre élevé de chromosomes présents chez les cyprins. Il est aussi nécessaire d'effectuer le comptage sur un bon nombre de cellules pour établir le nombre exact de chromosomes. Souvent, les métaphases sont incomplètes ou manquent de clarté.

Résultats et discussion

109 cellules en métaphase ont été étudiées sur 28 spécimens, tel que l'indique le tableau II. Les nombres somatiques de chromosomes trouvés sont : 48, 50 et 52.

Signalons que le *Semotilus margarita* porte 50 chromosomes dans ses cellules somatiques. Ce nombre diffère de celui des deux autres espèces de *Semotilus* étudiées ici ($2n = 52$).

Nous connaissons maintenant les nombres chromosomiques de représentants de 8 genres de cyprins de la tribu des Leuciscidi. Un inventaire plus complet des nombres chromosomiques permettra sans doute de renforcer les hypothèses sur la phylogénie de ce groupe.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Dr F. M. Atton, Chief Biologist, Saskatchewan Fisheries Laboratory, pour ses suggestions quant aux méthodes à employer dans le dénombrement des chromosomes.

Ce travail a été rendu possible grâce à une subvention du Conseil National de Recherches du Canada au Dr D. M. Steven (no A-2598).

Références

- DARLINGTON, C. D. and L. F. LA COUR, 1962. The handling of chromosomes. George Allen & Unwin Ltd, London. 263 pages.
- HUNGERFORD, David A., 1965. Leukocytes cultured from small inocula of whole blood and the preparation of metaphase chromosomes by treatment with hypotonic KCl. *Stain Technol.*, **40** : 333-338.
- LEGENDRE, Pierre, 1969. Two natural hybrids of the cyprinid fish *Chrosomus eos*. M. Sc. thesis, Department of Zoology, McGill University, Montréal. 115 pages.
- MAKINO, Sajiro, 1951. An atlas of the chromosome numbers in animals. Second Edition. The Iowa State College Press, Ames, Iowa. 290 pages.
- MATTHEY, Robert, 1949. Les chromosomes des vertébrés. Librairie de l'Université, F. Rouge-Lausanne. 356 pages.
- MCPHAIL, J. D. and R. L. JONES, 1966. A simple technique for obtaining chromosomes from teleost fishes. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **23** (5) : 767-769.
- NAYYAR, R. P., 1962. Karyotype studies in two cyprinids. *Cytologia*, **27** : 229-231.
- NAYYAR, R. P., 1964. Karyotype studies in seven species of cyprinidae. *Genetica*, **35** : 95-104.
- NOGUSA, S., 1960 A comparative study of the chromosomes in fishes. *Mem. Hyogo Univ. of Agric.*, **3** (1) : 1-62.
- OHNO, Susumu, Ulrich WOLF and Niels B. ATKIN, 1968. Evolution from fish to mammals by gene duplication. *Hereditas*, **59** (1) : 169-187.
- POST, A., 1965. Vergleichende Untersuchungen der Chromosomenzahlen bei Süßwasser-Teleostern. *Z. zool. Syst. Evolutionsforsch.*, **3** : 47-93.
- SHARMA, G. P., R. PARSHAD and R. P. NAYYAR, 1960. Chromosome number and meiosis in three species of fishes. *Res. Bull. Punjab Univ.*, **11** : 99-103.

THE ARCTIC CHAR, *SALVELINUS ALPINUS* (LINNAEUS),
OF MATAMEK LAKE, QUÉBEC ¹

LLOYD H. SAUNDERS ² AND G. POWER

Department of Biology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario

Résumé

Au cours de 1967 et 1968, nous avons étudié, dans le lac Matamek (Québec), une population "reliquale" de *Salvelinus alpinus* (Linné), l'Omble chevalier.

Le taux de croissance est de 23.7 mm par année et certains individus vivent jusqu'à l'âge de 15 ans (15 +). L'âge moyen à la maturité est de 4.7 ans, mais le premier frai se produit présumément à un âge plus avancé. La femelle — longueur moyenne de 398 mm — pond en moyenne 1793 oeufs. L'examen des gonades semble indiquer que la période du frai se situe en novembre ou décembre.

La jeune omble se nourrit essentiellement d'invertébrés aquatiques, mais la nourriture des individus plus âgés est surtout constitué de poissons.

Les zones benthique et littorale profonde constituent l'habitat d'été de l'Omble chevalier, qui est l'espèce de poisson la moins abondante du lac Matamek.

Abstract

A relict population of Arctic char, *Salvelinus alpinus* (Linnaeus), from Matamek Lake, Québec, was studied during 1967-1968. The growth rate averaged 23.7 mm per year with some individuals surviving to age 15+. Mean age at maturity, determined from otoliths, was 4.7 years; but the age at first spawning was believed to be much later than this. Female char having a mean length of 398 mm produced an average of 1793 eggs. Examination of gonads suggested that spawning probably occurs in November or December. Juvenile char fed primarily upon aquatic invertebrates while the larger char were chiefly piscivorous. During summer the char inhabited the deep littoral and benthic areas of the lake. Arctic char appeared to be the least abundant fish in Matamek Lake.

Introduction

Recent fishery investigations in Québec have afforded the authors an opportunity to study a relict population of Arctic char. Both anadromous and

¹ Contribution No 2393 from the Woods Hole Oceanographic Institution.

² Present address: Department of Biology, University of New Brunswick Fredericton, N. B.

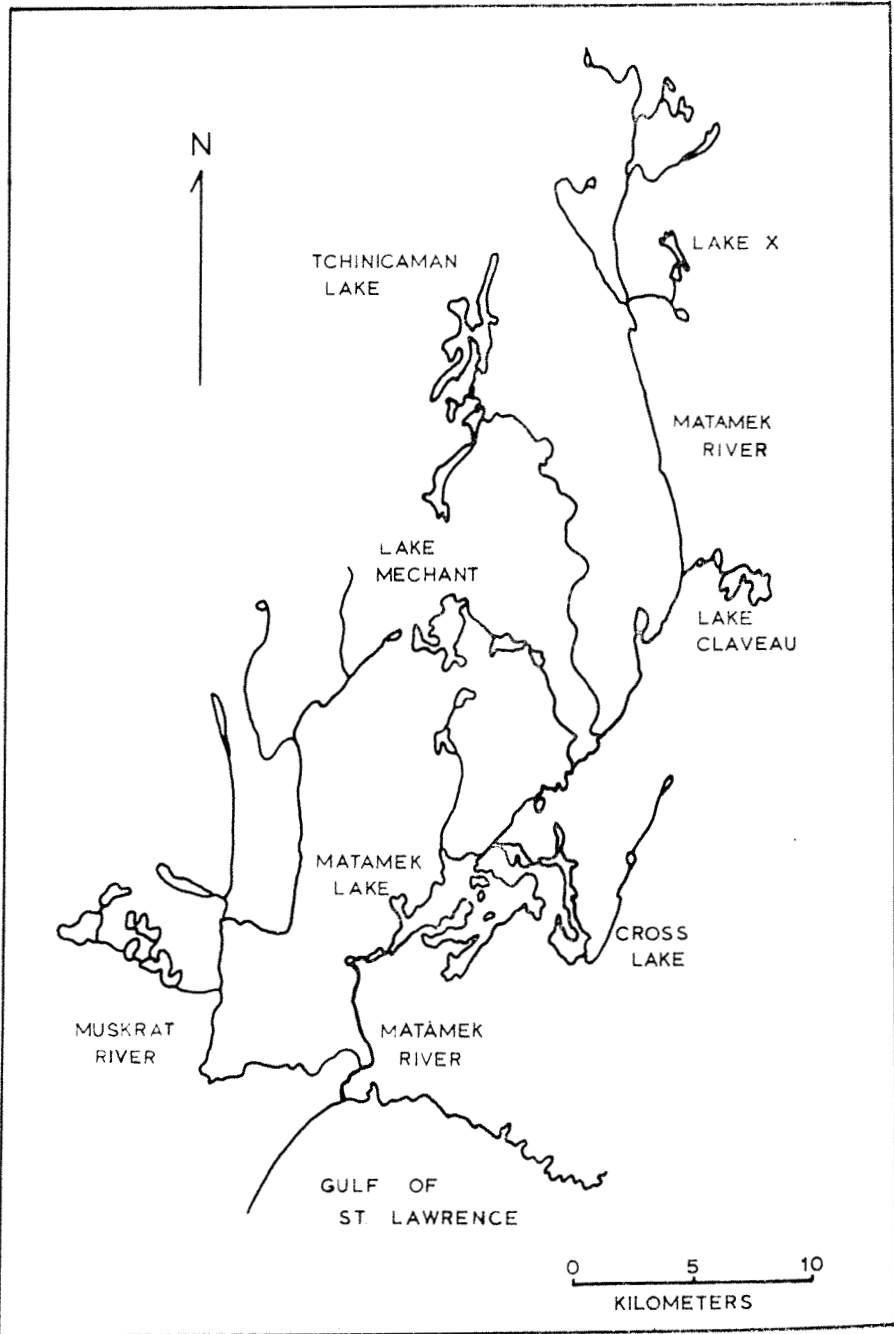


FIG. 1. The Matamek watershed.

landlocked populations of Arctic char, *Salvelinus alpinus* (Linnaeus), are plentiful in the cold waters of the Northern Hemisphere. The anadromous char is circumpolar in distribution and ranges to the northern limits of land. Landlocked populations exist in the far north and in areas to the south of the range of the sea-run form. Char are usually replaced by brook trout south of 58° N. latitude, but relict populations are found in lakes from Ottawa County, Québec, to northern Maine. Isolation of the many relict populations has resulted in the evolution of several distinct forms of Arctic char. Many of the biological forms have been described as separate species.

The southern range of the Arctic char lies north of that portion of the earth heavily settled by man. Consequently, Arctic char stocks have not been actively exploited by fishing and relatively little is known of the biology of the species. Sprules (1952), Grainger (1953) and Everhart (1965) have studied the biology of Arctic char in North America. In Europe, Frost (1946, 1951, 1955), Nordeng (1961) and Nilsson (1965) have published on the biology of the char. The problems inherent in char systematics have been approached by Vladykov (1954), McPhail (1961) and Savvaitova (1961).

The study of Arctic char has been hindered by its variability from one habitat to another and even within the same ecosystem. Dymond and Vladykov (1934) have included in the *Salvelinus alpinus* group sixteen subspecies which have been named in North America and Asia. Recent authors have been content to consider their particular char populations as variants of *S. alpinus* rather than create a subspecies (Backus, 1957). Recently McPhail (1961) has suggested that at least two distinct forms of *S. alpinus* exist in North America. Savvaitova (1961) stated that intraspecific biological forms of *S. alpinus* exist in Asia but no distinction was made among them. Frost (1951) found that two races of char inhabited Windermere. The two races were segregated by spawning time, growth rate, size and color. Racial segregation and ecological subspecies have added to the confusion over char, and research at Matamek Lake has not helped to alleviate this situation.

DESCRIPTION OF AREA

Matamek Lake is a large, deep, oligotrophic lake situated 35 km northeast of Sept-Iles, Québec. It lies within the St. Lawrence forest region which is characterized by stunted boreal forests found along lakes and rivers in the area (Rowe, 1959). The substrate is predominantly granite and gneiss which forms an acid soil upon disintegration. The lake has an area of 1620 ha and a maximum depth of 100 m. The water is dark brown, has a pH of 5.8, alkalinity of 5 ppm; and there is no indication of oxygen depletion at any depth. Littoral area is restricted to the exposed northern shore, river entrances and shallow bays.

Matamek Lake forms a natural reservoir in the Matamek River system as shown in Fig. 1. It is situated at an elevation of 122 m, and water leaving the lake passes down 5 waterfalls through 7 km before entering the Gulf of St. Lawrence. At present, anadromous species are unable to reach the lake from the Gulf of St. Lawrence.

Brook trout, *Salvelinus fontinalis*, dominate the littoral areas of the lake. Large populations of American smelt, *Osmerus mordax*, and threespine stickleback, *Gasterosteus aculeatus*, are also present. Arctic char, *Salvelinus alpinus*, inhabit the deeper reaches of the lake in small numbers. The ninespine stickleback, *Pungitius pungitius*, is found in small numbers where rivers and streams enter the lake.

Materials and methods

All specimens were collected during the summers of 1967-1968 with gill nets ranging from $\frac{3}{4}$ to 4" stretched mesh. All lengths used are fork lengths which were recorded to the nearest mm. Each specimen was weighed on an Ohaus spring scale and weight was recorded to the nearest g. Specimens were sexed and maturity was recorded using a scale from '0' to '5'. A '0' fish was immature and a '5' fish was recently outspawnd. Some ovaries were removed and preserved in 10% formalin. These were later examined for fecundity data using the method of Vladykov (1956). If the stomachs contained food the contents were removed, categorized and counted. Food habits were then noted using the point method of Hynes (1950). The sacculus otoliths were removed from each specimen and stored dry until preparation for aging.

The age of char was determined from the otoliths. Otoliths were dehydrated in absolute alcohol for 10 minutes and then allowed to dry at room temperature. Individual otoliths were placed in a small test tube with the convex side (lateral surface) turned toward the bottom of the tube. A few grains of benzoyl peroxide reagent were added, and the tube was filled to a depth of 1 cm with methyl methacrylate. The tube was corked and incubated in a waterbath at 75° C for 12 hours. The rest of the process followed that of Nordeng (1961). Ages were determined by counting the number of opaque bands present including any being formed. All otoliths were read at least two times. If agreement was reached at the second reading, the age was considered valid. If agreement was not reached at the second reading, the otolith was read a third time and the two readings in agreement were considered the true age. The percentage agreement between the first two readings was 73% for 178 specimens. There were no intances of three different ages with three readings.

Char were not examined for parasites, but routine examinations revealed that the gut and gonads of some specimens were heavily infested with helminth

parasites. There seemed to be an increase in intensity of infestation with age of the char.

Due to the large volume of data collected on several species, most empirical calculations were performed by the IBM 360/75 computer. Two programs, developed by A. N. Sheri (1968), were modified to process the fisheries data from Matamek Lake. These were valuable in determining the age-length, age-weight, age-sex-maturity and growth relationships.

Results and discussion

DESCRIPTION OF CHAR

The Arctic char at Matamek Lake exhibited a range of variation in color, body form and growth. Though there was an overlap in these characters in many cases, two distinct forms of char could be identified in the larger fish. These two forms were referred to as 'red' and 'silver' char in 1968.

Red char were large and robust. The body was deep when compared to the length. The head was large with a pointed snout. The color was dark with brown to black dorsum. The lateral surfaces were lighter than the dorsal, and the underside was usually an orange to red color. The ventral fins were dark with white anterior margins.

Silver char lacked the body depth and robustness observed in the other form. The fish were long and thin by comparison. The head was relatively smaller and less pointed. The position of the mouth suggested benthic feeding. The eyes and nostrils in some specimens were pronounced. The color of the dorsal surface varied from pale blue-green to grey. The lateral and ventral surfaces were invariably white. The ventral fins were pale, and no white margins were evident.

Examination indicated that the differences in these forms were not due to sexual dimorphism. Red char were more numerous in the catch during 1968 and are perhaps more abundant at Matamek Lake. There was some indication that growth rates and condition coefficients (K) were different in the two forms as shown by Table 1. Most small char and some of the larger ones could not be separated by the method previously described.

No work has been attempted on the systematics of the char at Matamek Lake, but it is possible that several factors may account for the variability within the population. This population exists on the southern boundary of its range where it is normally replaced by brook trout. Unfavorable environmental conditions, including competition with other species, may have a detrimental

TABLE I
Comparison in length-weight relationships of two forms of char at Matamek Lake, 1968

Age	Red Char				Silver Char			
	Length (mm)				Length (mm)			
	No.	Mean	Range	K	No.	Mean	Range	K
4+	1	125	125-	1.02				
5+	2	179	175-183	1.12				
6+	6	194	176-220	1.05				
7+	6	256	176-365	1.18	1	183	183-	1.06
8+	5	346	312-420	1.13				
9+	6	396	303-465	1.21	2	182	167-196	0.98
10+	6	420	355-480	1.21	2	239	186-292	1.05
11+	2	414	400-428	1.31	3	319	302-335	0.88
12+					2	347	287-407	1.18
13+	3	465	380-529	1.32	3	431	378-460	1.04

$$K = \frac{\sum \frac{100W}{L^3}}{n}$$

where W is weight in grams, L is length in millimeters and n is the number in the sample.

effect upon growth and mortality. The variations in color and condition could be due to sexual activity in mature fish. Char do not spawn annually in northern latitudes. It is reasonable to assume that pale fish with low condition coefficients have spawned in the preceding year while darker fish that are more robust are approaching the spawning period. If the sexual cycle extends over two or more years one would anticipate the mature fish to be represented in the population as they are at Matamek. Alternatively, racially segregated populations of char are known to occur sympatrically (Frost, 1951; McPhail, 1961). It is possible that this occurs in Matamek Lake, but it has not been demonstrated. Due to the inconclusive nature of the explanations presented, the char population has been treated as a unit in the following sections.

GROWTH

One hundred seventy-eight char were aged using otoliths in 1967-1968. Table 2 was prepared from the results of this data. The age-length data was then combined to prepare the graph depicted in Fig. 2. In dealing with char it was apparent that the sample size was much too small for the number of age groups represented. Age groups represented by small numbers of fish were thought to give at best minimal information on the growth of each year class. In the absence of larger more representative samples this information was included only as the best information available at the time of presentation.

The data presented in Table 2 and Fig. 2 indicates that growth in the char is slow and erratic. The average growth rate was 23.7 mm per year with growth being slower in the younger and older age groups. Males were longer than females in the older age groups suggesting a slightly faster growth rate.

The char at Matamek were much smaller than those of the same age in Maine (Everhart, 1965). The average growth rates for both populations were similar, but the Matamek population was dominated by fish which were older than those described from Maine. While age 6+ was maximal for the Maine population, 84% of all of the char taken from Matamek were older than 6+.

Char from the west coast of Hudson Bay (Sprules, 1952) have a life span similar to those at Matamek Lake. The average growth rate of these char was 16.8 mm per year for the ages represented in the study. Though the younger fish were larger than those at Matamek, this difference was reversed in the older fish as shown in Fig. 3.

REPRODUCTION

Sex ratios of the char sample included in Table 2 were nearly equal with the males being slightly more numerous. Age at maturity could not be determined

TABLE II

Age-length-sex relationships of char, Matamek Lake, 1967-68

Age	Male					Female				
	No. fish	Mean length (mm)	Range	Std. dev. of means	Std. error of means	No. fish	Mean length (mm)	Range	Std. dev. of means	Std. error of means
3+						1	118	118-118	—	—
4+	2	153	142-164	15.6	11.0	1	125	125-125	—	—
5+	9	172	156-192	11.5	3.8	5	187	176-194	6.7	2.9
6+	5	188	162-248	34.5	15.4	5	184	133-220	32.2	14.4
7+	10	232	176-330	52.4	16.5	5	280	184-420	106.3	47.5
8+	5	307	179-390	86.3	38.6	8	257	170-318	61.9	21.8
9+	12	328	167-465	97.4	23.1	16	301	161-418	84.5	21.1
10+	16	368	240-461	65.3	16.3	12	362	186-480	77.3	22.3
11+	13	414	302-507	55.8	15.4	19	381	263-442	50.9	11.6
12+	7	450	370-524	47.4	17.9	8	367	220-493	91.1	32.2
13+	9	425	242-529	83.7	27.9	2	411	402-420	12.8	9.0
14+	2	500	490-510	14.1	10.0	4	374	357-393	15.4	7.7
15+	2	432	350-513	115.3	81.5	1	353	353-353	—	—

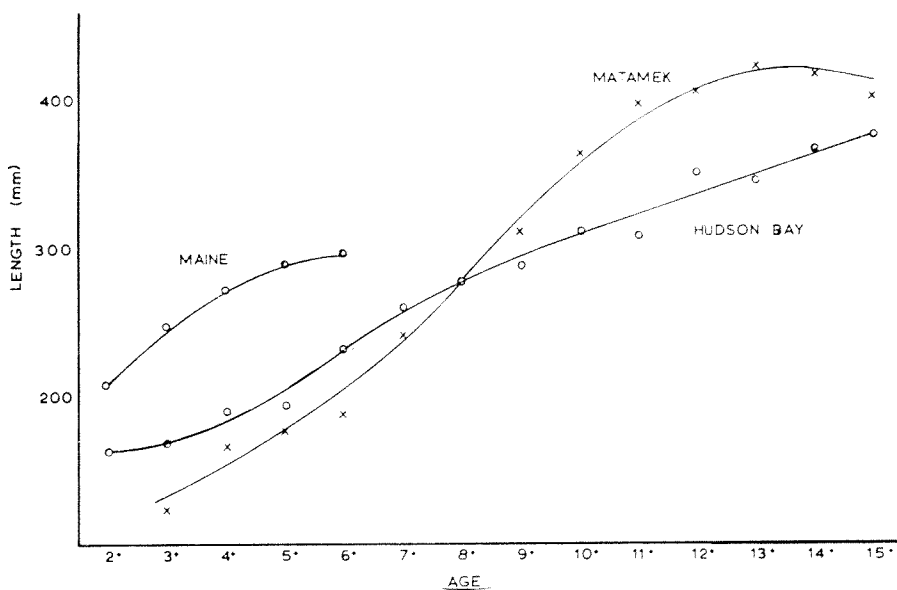


FIG. 3. Comparison of age and growth in three char populations.

by examination of the gonads. Many very large fish were not approaching the spawning condition, and smaller fish were not well represented in the sample. Age at maturity was estimated by reading the otoliths. The age at which growth slowed substantially was recorded as age at maturity (see Nordeng, 1961). A total of 58 otoliths indicated a reduction in growth, and the results are shown by:

<i>Age</i>	3	4	5	6	7	8
<i>Number</i>	5	20	22	8	2	1

The mean age at maturity was estimated as 4.7 years for char at Matamek Lake.

Female char which were approaching the spawning condition were examined for fecundity. Only 13 females were ripe enough for accurate egg counts, and the results are shown in Table 3. It can be seen from the table that larger fish produce more eggs. Both number of eggs per female and egg diameter are greater in char than in trout. The size of the smallest pre-spawning female was quite large, and there is some doubt that age at maturity and age at first spawning are the same in char at Matamek.

The time and place of char spawning at Matamek has not been determined. The gonads indicated that spawning probably occurs in late fall. No char were recovered from the rivers and streams in September when the trout were spawning. It is possible that char enter the tributaries of the lake after the trout have completed their spawning activities.

TABLE III
Fecundity of Arctic char at Matamek Lake, 1967-1968

Fork length (mm)	Weight (g)	Total eggs	Egg diameter (mm)	
299	330	598	3.9	
303	330	358	4.0	
375	645	1261	4.1	
377	560	3661	3.2	
386	690	1409	3.7	
387	650	1162	3.6	
400	840	2259	4.6	
418	840	2439	3.7	
420	900	3070	3.7	
428	1030	1522	4.4	
435	730	1563	3.7	
454	353	880	3.2	
480	1450	3126	3.3	
Mean:	398	720	1793	3.8

FOOD HABITS

The food habits of char were not studied in detail at Matamek Lake. Of the fish examined in the two years only 18 had food in the stomachs. Food habits are summarized in Table 4. The small char examined fed exclusively on invertebrates including small bivalves. There was no indication that trout or smelt utilized this resource. Large char were almost completely piscivorous, and smelt were consumed more often than other species. There was a transition to piscivorous diet with increase in size.

Everhart (1965) found that relict char in Maine lakes fed mainly upon plankton and benthic organisms. The juvenile char fed exclusively on plankton during the summer months. At Matamek the food habits of char younger than age 3+ have not been determined. Juvenile char fed upon benthic fauna, and large char were predominately piscivorous.

TABLE IV

Macroscopic examination of the stomach contents of Arctic char at Matamek Lake, 1968

Food Items	Length: Number:	Points	
		< 200 (3)	> 200 (15)
Diptera		3	
Trichoptera		3	
Ephemeroptera		6	
Bivalvia		8	
Debris		6	3
Sticklebacks			6
Smelt			88
Trout			25
Unidentified fish			2
% Fish		0	98

DISTRIBUTION

With the exception of two specimens all char were caught in gill nets. Some juvenile char were captured in the littoral areas with the trout, but all of the larger fish were caught in deep water. One char was caught at a depth of 35 m, and this net revealed no trout or smelt at that depth. Nets which were set deep specifically for char usually caught only char, but the occasional large trout or smelt was captured in the shallow end of the net.

It was concluded that the char inhabited the deep, cooler waters of the lake; but juvenile char entered the littoral areas in small numbers at night. No data has been obtained on pelagic distribution or spawning movements of the char at Matamek.

RELATIVE ABUNDANCE

Capture data at Matamek Lake indicated that Arctic char were the least abundant species present. The ratio of trout to char in the catch was 48:1. The brook trout normally replaces Arctic char at this latitude, but the depth of Matamek Lake may be a factor in allowing the two species to live sympatrically. The size of the char population may be limited by the brook trout through competition for food.

INTERSPECIFIC RELATIONS

American smelt and brook trout also inhabit Matamek Lake, and a study of the Arctic char would be incomplete without suggesting how these sympatric species interact with each other and their environment. Aside from the purely ecological implications of interaction, the extent to which one species may limit the abundance of another may be quite important in future management.

Three factors were considered in examining the interspecific relations of the fishes of Matamek Lake. The analysis of stomach contents gave an indication of the diet of each species. Capture data provided an insight into the distribution of fish within the lake as well as their spawning sites. Spawning times were determined from the examination of gonads and field observations.

Capture data indicated that brook trout were most abundant in the shallow, littoral areas of the lake. There was a positive correlation between the size of the trout and the depth of the water in which they were captured, larger trout being taken in deeper water.

Larval smelt were captured pelagically in horizontal plankton tows. Juvenile smelt were taken in the shallow littoral areas at night, but were not found there during the day. Mature smelt were captured pelagically, and some were found in the deep littoral areas at night. The combined observations suggested that the smelt population was primarily pelagic, but on cool nights ventured into the inshore areas as suggested by Johnson (1963). The extent to which different age groups entered the shallow water suggested a lower temperature preference in older smelt.

Capture data indicated that Arctic char inhabited the deeper areas of the lake. Everhart (1963) has demonstrated the habitat segregation between char and brook trout in Maine lakes. Char were found in the same areas as trout, but the activity of char was restricted to greater depths. A similar distribution was observed for char at Matamek, but juvenile char sporadically entered the shallow areas at night. The geographical distribution of char in North America and its restricted habitat in Matamek Lake suggested that temperature preferences may influence the segregation of trout and char. The physiological capacity of char to inhabit greater depths than trout may also be a factor in habitat segregation (Tait, 1959).

The food habits of char have been treated elsewhere. Table 5 has been prepared from additional stomach analyses in order to compare the diets of the three species.

Larger smelt were primarily cannibalistic, but littoral invertebrates were consumed during the nocturnal forays into shallow water. Although specific

TABLE V

Percentage composition by bulk of food items in fish stomachs at Matamek Lake, 1968

Food Items	Species		
	Trout	Smelt	Char
Hirudinea		0.7	
Hydracarina	0.2		
Amphipoda		0.4	
Ephemeroptera nymphs	35.5	7.2	4.0
Trichoptera larvae	13.8	3.3	2.0
Coleoptera	0.5		
Diptera larvae	6.1		2.0
Plecoptera nymphs	1.4		
Odonata nymphs	7.2		
Aerial insects	12.1		
Bivalvia			5.3
Vegetation	0.7		
Debris	5.1		6.0
Sticklebacks	1.2		4.0
Smelt	16.1	88.4	60.0
Trout			16.7

information is lacking, the presence of smelt larvae in the zooplankton samples and the absence of macroscopic food items in the gut of juvenile smelt would suggest that the younger age groups feed on plankton. Ferguson (1965) reported that smelt in Lake Erie fed primarily upon planktonic crustacea.

Char were mainly piscivorous, and smelt were the principal forage of older fish. Juvenile char appeared to feed primarily upon benthic invertebrates.

Brook trout were observed spawning on the shallow gravel bars in the major tributaries during the second week in September. Examination of female char indicated that they spawn in late fall, probably in November and December. No data was available on char spawning sites, but they are suspected to spawn on the deep gravel bars in the tributary streams. Examination of female smelt indicated that they spawn during the spring, but the spawning sites have not been determined. The spawning activities of the three species were temporally

segregated, and very little interference could be expected from competition for spawning sites.

Acknowledgements

This research was supported by the University of Waterloo through a grant provided by the Woods Hole Oceanographic Institute. Partial assistance was provided by the Department of Biology, University of Waterloo.

References

- BACKUS, R. H., 1957. The fishes of Labrador. *Bull. Am. Mus. nat. Hist.*, **113**: 277-337.
- DYMOND, J. R. and V. D. VLADYKOV, 1934. The distribution and relationship of the salmonid fishes of North America and north Asia. *Proc. Fifth Pacif. Sci. Congr.*, 3741-3750.
- EVERHART, W. H. and C. A. WATERS, 1965. Life history of the blue-back trout (*Salvelinus alpinus*) in Maine. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **94**: 393-397.
- FERGUSON, R. G., 1965. Bathymetric distribution of American smelt, *Osmerus mordax*, in Lake Erie. *Great Lakes Res. Div. Univ. of Michigan*, Publ. **13**: 47-60.
- FROST, W. E., 1946. On the food relationships of fish in Windermere. *13th Biol. Jaarb., Dodonaea*, p. 216-231.
- FROST, W. E., 1951. Some observations on the biology of the char, *Salvelinus willughbii*, of Windermere. *Proc. int. Ass. theor. appl. Limnol.*, **11**: 105-110.
- FROST, W. E., 1955. An historical account of the char in Windermere. *Salm. Trout*. January, 1955: 15-24.
- GRAINGER, E. H. 1953. On the age, growth, migration, reproductive potential and feeding habits of the Arctic char (*Salvelinus alpinus*) of Frobisher Bay, Baffin Island. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **10**: 326-370.
- HYNES, H. B. N., 1950. The food of freshwater sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus*, and *Pygosteus pungitius*, with a review of the methods used in the studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.*, **19**: 36-58.
- JOHNSON, F., 1963. The status of the smelt (*Osmerus mordax*) and the native fish populations in Kennedy Lake, Itasca County, four years after the first appearance of smelt. *Minn. Dept. Conserv. Invest. Rept.* **272**, 7 p.
- McPHAIL, J. D., 1961. A systematic study of the *Salvelinus alpinus* complex in North America. *J. Fish Res. Bd. Can.*, **18**: 793-816.
- NILSSON, Nils-Arvid, 1965. Food segregation between salmonid species in north Sweden. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm*, **46**: 58-78.
- NORDENG, H., 1961. On the biology of the char (*Salmo alpinus* L.) in Salangren, north Norway. 1. Age and spawning frequency determined from scales and otoliths. *Nytt Mag. Zool.*, **10**: 67-123.

- ROWE, J. S., 1959. Forest regions of Canada. *Dept. of Northern Affairs and Nat. Res. Forestry Br. Bull.*, **123**: 1-71.
- SAVVAITOVA, K. A., 1961. Intraspecific biological forms of *Salvelinus alpinus* L. in Kamchatka. *Sport Fishery Abstr.* (1963), **8**: 5566.
- SHERI, A. N., 1968. Growth dynamics of white perch, *Roccus americanus*, during colonization of Bay of Quinte, Lake Ontario. Ph. D. Thesis, Univ. of Waterloo. 366 p.
- SPRULES, W. M., 1952. The Arctic char of the west coast of Hudson Bay. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **9**: 1-15.
- TAIT, J. S., 1959. Swimbladder studies in salmonids relating to problems of depth. Ph. D. Thesis, Univ. of Toronto. 69 p.
- VLADYKOV, V. D., 1954. Taxonomic characters of the eastern North American chars (*Salvelinus* and *Cristivomer*). *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **11**: 904-932.
- VLADYKOV, V. D., 1956. Fecundity of wild speckled trout (*Salvelinus fontinalis*) in Quebec lakes. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **13**: 799-841.

SYNOPSIS OF NEARCTIC ICHNEUMONINAE STENOPNEUSTICAE
WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE NORTHEASTERN REGION
(HYMENOPTERA) — SUPPLEMENT 1

GERD H. HEINRICH,
Dryden, Maine U. S. A.

Résumé

Avec les descriptions originales présentées, trois espèces nouvelles, du genre *Ichneumon* viennent s'ajouter à la faune des hyménoptères nord-américains : *Ichneumon hiltoni*, *I. lacunae*, et *I. browniops*, toutes trois du Maine. Deux nouvelles sous-espèces de *Diphyus variegatus* (Cresson) y sont aussi décrites : *D. variegatus euxoae* d'Alberta et de Colombie-Britannique ainsi que *D. variegatus orientis* du Maine.

La description originale des mâles de quatre espèces, jusque là connues seulement par les femelles, s'ajoute à ce travail. Il s'agit de *Coelichneumon nudus* Heinrich, *Ichneumon stagniphilos* Heinrich, *I. homorus* Heinrich et *I. feriens* Heinrich.

Après cette étude deux changements s'imposent à la nomenclature; ainsi *Coelichneumon tauma* Heinrich appartient désormais au genre *Syspasis* Townes (1965) et l'association de *Obtusodonta montana* Heinrich, femelle avec le mâle de *Ichneumon restrictus* Cresson, amène conséquemment la synonymie de *O. montana* à *I. restrictus*.

L'étude d'un matériel plus abondant a permis une critique réaliste de la variation chromatique des trois espèces suivantes : *Coelichneumon eximius* (Stephens), *Ichneumon tritus* Heinrich et *I. mendax* Cresson.

Ce travail est complété par de nouvelles données sur la biologie et la distribution de 13 espèces d'Ichneumoninae.

Abstract

Three new species of the genus *Ichneumon* Linnaeus are added to the fauna of eastern North America : *Ichneumon hiltoni*, new species, *Ichneumon lacunae*, new species, and *Ichneumon browniops*, new species, all from Maine. Furthermore two new subspecies of the species *Diphyus variegatus* (Cresson) are named : *euxoae*, new subspecies from Alberta and British Columbia and *orientis*, new subspecies from Maine.

To four species, originally based on the female sex only, *Coelichneumon nudus* Heinrich, *Ichneumon stagniphilos* Heinrich, *Ichneumon homorus* Heinrich, and *Ichneumon feriens* Heinrich, the associated males are described for the first time.

The species, *Obtusodonta montana* Heinrich ♀ was recognized as the associated sex of *Ichneumon restrictus* Cresson ♂, 1877, and consequently the species name synonymized.

A chromatic variability greater than originally delimited has been found and discussed for the three species: *Coelichneumon eximius* (Stephens), *Ichneumon tritus* Heinrich, and *Ichneumon mendax* Cresson.

New biological observations or additions to the known ranges of distribution are given for 13 species.

The species *Coelichneumon tauma* Heinrich is transferred to the genus *Syspasis* Townes (1965).

The East American species *Diphyus comes* (Cresson), ♂, by mistake omitted in the author's *Synopsis of Nearctic Ichneumoninae*, is described and discussed in detail.

Introduction

Eight years have gone by since the manuscript of my "*Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae*" was concluded. During these years a number of new species has been discovered, missing sexes have been found, and distributional records were completed. It is the aim of this publication to present all these new informations, as far as they contribute to our knowledge of the subfamily and represent valuable additions and corrections to the content of the synopsis mentioned above.

As it is planned to publish a special monograph on the Ichneumoninae of Florida in near future, the fauna of that state has been excluded here; this exclusion comprehends the entire genus *Protichneumon* Thomson, which is going to be revised in the Florida monograph.

For the terminology and nomenclature used in this supplement see the introduction to the "*Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae...*" p. 5-11.

The abbreviations used here also agree with the ones used in the *Synopsis*; they are the following:

C.N.C.	.....	Canadian National Collection, Ottawa, Ontario.
U.S.N.M.	.....	United States National Museum, Washington, D.C.
A.N.S.	.....	Academy of Natural Sciences, Philadelphia, Pa.
M.C.Z.	.....	Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Mass.
C.H.T.	.....	Collection Henry Townes, Ann Arbor, Michigan.
C.G.H. II.	.....	Collection Gerd Heinrich, Dryden, Maine.

One additional abbreviation will be used in this publication: S.N.I.S. for "*Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region*" by Gerd Heinrich, 1961-1963.

Certain changes in the tribal and subtribal classification of the Ichneumoninae published in my "*Synopsis and Reclassification of the Ichneumoninae Stenopneusticae of Africa South of the Sahara*" have been used in this publica-

tion. Consequently the sequence of genera will not agree completely with the generic sequence as appeared in S.N.I.S. The species, however, already in the latter monograph, as far as rementioned here (for completion or correction of the former treatment) are arranged in exactly the same sequence and under the same numbers as used in the S.N.I.S. New species named after appearance of the S.N.I.S. and quoted here will, in each genus, follow the section of references to species already treated in the S.N.I.S. under new numbers, subsequent to the last number used in the S.N.I.S. Species numbers given in parenthesis are quotations from S.N.I.S., numbers without parenthesis denote species not treated in the S.N.I.S.

I. Tribe *Protichneumonini*

PREAMBLE

The majority of species of this tribe is already fairly well understood and easily identifiable. Only the classification of the *Protichneumon* species and of the metallic-blue forms of the genus *Coelichneumon* Thomson still meets considerable difficulties. These two groups (and also the metallic-blue *Platylabus* species) offer the greatest taxonomic problems within the north-american fauna of the Ichneumoninae. It will take many years, great patience, and relentless research before a clear diagnosis of the numerous species and subspecies of these groups will be achieved, and I doubt that this aim can be reached by the morphological approach alone without the support and confirmation based on biological characters. I recommend these groups and their taxonomic challenge to the attention of my successors, warning at the same time against rash synonymizations, which, if not based on new facts and proof, are apt to obscure the truth rather than to find it.

1. Genus *Protichneumon* Thomson

The presentation of the speciation of this genus in North America, as given in my Synopsis of the Nearctic Ichneumoninae is incomplete. As a revision of the genus is planned for publication in the frame of a monograph on the Ichneumoninae of Florida, the treatment of the genus is omitted here.

2. Genus *Coelichneumon* Thomson

(10.) *Coelichneumon nudus* Heinrich

Coelichneumon nudus Heinrich, 1961. S.N.I.S., p. 43-44. ♀ only.

TYPES

Holotype.—♀, U.S.N.M.

Neallotype.—♂, North Berwick, southern Maine, U.S.A., July 1964.
C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Georgia : Summerville (type locality).

NEW RECORDS

Southern Maine : North Berwick (1 ♀ and 4 ♂♂) and central Maine : Chesterville (♀).

ECOLOGY

Forests with admixture of oaks.

PREAMBLE

The female is chromatically characterized by metallic-blue basic color of the entire body including the thorax (which separates it at once from *eximius* Stephens) and by extensively white pronotal ridge, subalarum, collare, sides of scutellum, and orbits, combined with lack of white markings on the middle of mesoscutum and end of postpetiole. The white pattern of the female thus is similar to *leucographus* Heinrich, which differs clearly as a species by presence of a scopa (of moderate size) and particularly by considerably stouter femora.

The complete lack of any trace of a scopa on coxae III, now confirmed already in 3 specimens, represents an unique character among the blue-black species of northeastern America. It apparently can be considered as constant, the more so as the entire ventral surface of coxae III, including the area of the (lacking) scopa, is quite evenly (coarsely and densely) punctured.

The series of 4 males collected along with one female of *nudus* in North Berwick, can either belong to *magniscopa* Heinrich or to *nudus*. The latter alternative seems to have the greater probability and is therefore assumed here. The most distinctive chromatic character of this male is the extensive white color of prescutellar carinae and of tegulae.

MALE

Metallic-blue ; white are : mandibles (except their lower border and teeth), clypeus, face (except part or most of median field), frontal orbits up to vertex, large marks on vertical orbits, outer orbits below temple region (the white band gradually widening below over the entire width of cheeks before mandible base), collare, pronotal ridge broadly, subalarum, tegulae entirely, prescutellar carinae entirely, sides of scutellum extensively, mark on exterior part of prepectus, dot on apex of prosternum, interior side of coxae I, apex of coxae II, apical margins of first trochanters partially, anterior side of femora I and of tibiae I and II, anterior side of femora II (except about basal third), anterior side of segments 1-4 of tarsi I and 1-3 of tarsi II, rarely a small dorsal mark on base of tibiae III and a mark on their exterior side beyond base ; flagellum black, scape ventrally white ; length 16-17 mm.

Flagellum.—With 44-45 segments and with small, narrow-oval tyloids on segments 8-20.

REMARK

Similar to the male of *sassacus* Viereck, from which it differs by entirely white prescutellar carinae, tegulae, apex of cheeks (down to the base of mandibles), and ventral side of scape, while the first trochanters I and II are ventrally not white-marked.

(15.) *Coelichneumon eximius* (Stephens)

Ichneumon eximius Stephens, 1835, Illustr. of Brit. Ent.: Mandibulata, 7, p. 486, ♀.

TYPES

Holotype.—♀, B.M., N^o. 3 b -1817.

Neallotype.—♂, C.G.H. II.

VARIABILITY

Female :

The scopa of coxae III is more or less distinct and not all too rarely entirely lacking, but in the latter case the region of the scopa is nevertheless indicated by fine sculpture and somewhat flattened surface of the coxa.

Male :

White markings on legs III variable, on outer side of femora III and tarsi III more or less extensive and sometimes entirely lacking, on outer side of tibiae III sometimes strongly reduced.

3. Genus *Syspasis* Townes

Syspasis Townes, 1965, Cat. Recl. Eastern Pal. Ichn., p. 603.

Type species. — *Ichneumon scutellator* Gravenhorst; monobasic.

1. *Syspasis tauma* (Heinrich), new combination

Coelichneumon tauma Heinrich, 1951, Bonner Zool. Beitr., II, p. 253, ♀.

Coelichneumon tauma Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 57 - 58, ♀ ♂.

TYPES

Holotype.—♀, Austria : Steiermark, 1100 m. C.G.H. II.

Neallotype.—♂, Ontario : Regan. C.N.C.

DISTRIBUTION

Holarctic ; in North America : Ontario, Québec, Maine, New York, Minnesota.

NEW RECORD

South Carolina : Wattacoo, Pickens Co. C.H.T.

II. Tribe *Ichneumonini*A. Subtribe *Ichneumonina*1. Genus *Ichneumon* Linnaeus(11.) *Ichneumon stagniphilos* Heinrich

Ichneumon stagniphilos Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 249-250, ♀ only.

TYPES

Holotype.— ♀, C.G.H. II.

Neallotype.— ♂, "Maine, U.S.A., Chesterville, 26.9.65." C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Canada : near Ottawa, Ontario (type locality).

NEW RECORDS

Central Maine : Chesterville, Crono, and foot of Mt. Katahdin.

ECOLOGY

Confined to open spruce peat bogs with extensive growth of *Vaccinium* and *Sphaagnum*.

FEMALE

The eleven specimens collected in Maine agree well with the original description and show a rather high degree of chromatic constancy, particularly in the yellow markings on tergites 1-2 and 6-7. None of them, however, has a yellowish middle of tibiae, the basic color of all tibiae being uniformly ferruginous. This character (perhaps caused by fading in the type specimen) consequently should be eliminated from the diagnosis of the species. The black basal band on tergites 3 and 4 is constant, although always more or less restricted on the 4th tergite. As in the male, at least the apex of tibiae II (rarely also of tibiae I) is ventrally black-marked and the 5th segment, sometimes segments 4 and 5, of tarsi III are slightly infuscated ; collare sometimes yellowish-tinged ;

in one specimen propodeum predominantly black, only arae dentiparae ferruginous; the basal 3-6 segments of the flagellum are black with ferruginous apices or, rarely, predominantly so colored.

MALE

The association of the male described below seems to be sufficiently secure as both sexes were found at the same time only in the same, very special habitat.

Very similar to *canadensis* Cresson ♂ (as interpreted by Heinrich, 1961), but distinguishable by structure of the carina oralis which is fairly strongly raised before and shortly behind carinal junction, forming at this place a slightly projecting lamella. In addition two other, though more subtle, differences can be recognized: the hypopygium is slightly more protruding apically and the tyloids are slightly more elongate. Chromatically distinctive is the more or less extensive and intensive infuscation of the tarsi III combined with black apical marks on ventral side of tibiae I and II and with more or less extensive yellow marks on apices of araeae dentiparae.

Black, with extensive yellow markings; yellow are: face, clypeus, frontal orbits, sometimes a small mark on lower end of outer orbits, collare, subalarum, pronotal ridge (toward apex or for entire length), scutellum, postscutellum, more or less extensive marks on posterior part of araeae dentiparae (extending onto adjacent parts of araeae posteroexternae and spiraculiferae), broad apical bands on tergites 1-4 (rarely the one on 4th tergite medially infuscated or interrupted), all trochanters, coxae I and II more or less extensively (except bases), exceptionally small mark on dorsal side of coxae III, tibiae and tarsi I and II (the tibiae except an apical black mark on ventral side, the tarsi usually except a moderate infuscation on apex of tarsi II), tibiae III (except broadly black apex and very narrowly, infuscated base), ventral side and apex of femora I, ventral side of femora II more or less extensively toward apex, metatarsus III except apex, and often base of second segment of tarsi III; segments 2 or 3 to 5 of tarsi III always more or less strongly and extensively infuscated or black; length 14-16 mm.

Flagellum.—With 35-37 segments, and with elongate, bacilliform tyloids on segments 5-14, the longest (on segments 7-11) reaching almost to the bases and fairly close to the apices of segments. Black, ventrally light brown to almost orange; scape ventrally yellow.

(13.) *Ichneumon heterocampae* (Cushman)

Amblyteles heterocampae Cushman, 1933, U.S.N.M. Proc., 82, p. 2. ♀.

TYPES

Holotype.—♀, U.S.N.M.

DISTRIBUTION

Massachusetts, New York, New Jersey, Maryland, Ohio, Pennsylvania, Ontario.

NEW RECORDS

Central Maine : Chesterville, Mt. Blue (near Weld), Jefferson, Livermore.

ECOLOGY

Deciduous forests with admixture of oaks. Very common during the years 1966-1968.

FEMALE

The character "all tibiae medially yellowish" as given by Heinrich 1961 should be amended as follows : usually all tibiae, at least I and II, medially yellowish.

(17.) *Ichneumon tritus* Heinrich

Ichneumon tritus Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 256, ♀.

Holotype.— ♀, C.N.C., N° 7090.

DISTRIBUTION

Québec, Ontario, New York.

NEW RECORDS

Central Maine : Mt. Blue, near Weld (7 ♀ ♀ and one intersex, 29.VI.-30.VII., and hibernating).

FEMALE

Only two out of 7 specimens from Maine have ferruginous lateral lobes of mesoscutum as described in the original description. The description should be amended as follows : mesoscutum uniformly black or with ferruginous lateral lobes ; seventh tergite with or without distinct yellowish apical mark.

The ferruginous markings of the head agree generally with the original description. Clypeus, frontal and vertical orbits are always ferruginous, sometimes also frontal orbits and middle of face ; the outer orbits are usually only medially ferruginous, rarely entirely ferruginous or entirely black.

(26.) *Ichneumon terminatus* Provancher

Ichneumon terminatus Provancher, 1882, *Naturaliste can.*, XIII, p. 335, 357, ♀.

Holotype.— ♀, Provincial Museum Québec.

DISTRIBUTION

Québec (type locality), Ontario, Maine, Michigan.

ECOLOGY

In central Maine the species was caught only on peat bogs where it also has been found in hibernation in the stump of a small tree.

FEMALE

The number of flagellar segments of 6 specimens from Maine varied from 21 to 23.

The coxae are ferruginous, coxae III usually slightly to markedly infuscated.

(29.) *Ichneumon pusillamoenus* Heinrich

Ichneumon pusillamoenus Heinrich, 1961, *S.N.I.S.*, p. 272-273, ♀.

Holotype.— ♀, C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Québec (type locality), Ontario.

NEW RECORD

Maine : Mt. Blue near Weld ; numerous females.

ECOLOGY

Hibernates in Maine gregariously in mountain forests at moderate altitudes, always in moss covered stumps in humid locations as along forest brooks with grassy banks.

(35.) *Ichneumon maius* Cresson

Ichneumon maius Cresson, 1867, *Amer. Ent. Soc. Trans.*, I, p. 307, ♀.

Holotype.— ♀, A.N.S.

DISTRIBUTION

Massachusetts (type locality), Québec, Ontario.

NEW RECORDS

Central Maine : Chesterville (female) ; Livermore and Mt. Blue (females, hibernating).

ECOLOGY

Found in Québec in vaccinetum on dry land, in Maine also on vaccinetum but on peat bog.

(69.) *Ichneumon feriens* Heinrich

Ichneumon feriens Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 321-322, ♀ ♂.

TYPES

Holotype.— ♀, C.G.H. II.

Allotype.— ♂, C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Transcontinental in Transition and Canadian Zones.

ECOLOGY

Found in all types of forests, deciduous as well as evergreen. In Maine one of the most common species.

MALE

The male is distinguished by one structural character not mentioned in the original description : the oral carina is distinctly elevated, slightly less so than in *stagniphilos* Heinrich, slightly more than in *annulatorius* Fabricius. These differences are, however, too subtle to be used for distinguishing *feriens* ♂ from the two, otherwise very similar species. Here, as so often in the Ichneumoninae, certain chromatic characters are the most useful and trustworthy ones for identification. The male of *feriens* differs from *annulatorius* male and also from *stagniphilos* male by the ventrally, as well as dorsally deep black flagellum and by the white (ivory) instead of yellow color of the abdominal bands and other light markings. In addition the tyloids are shorter than in the two above-mentioned species, even the longest ones not reaching nearly to the bases of segments and leaving the apical third uncovered.

The light pattern is almost in all details identical with that of *stagniphilos* ; the following, are the only differences : lower part of pronotal base usually with an inconspicuous ivory mark or line ; ivory mark on lower outer orbits more frequently present and tending to extend over the cheeks to the carina genalis, but almost never covering the extreme apex of cheeks at mandible base ; coxae I and II more extensively, often almost entirely ivory ; ivory marks on propodeum, on the average, more extensive.

(70.) *Ichneumon homorus* Heinrich

Ichneumon homorus Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 322-323, ♀ only.

TYPES

Holotype.—♀, C.G.H. II.

Neallotype.—♂ (described below), "Mt. Blue (Maine), U.S.A., 23. VII. 65." C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Québec (type locality), Ontario, Maine, Vermont, New Brunswick, New York.

ECOLOGY

Forest mixed with evergreens, particularly in moderate elevations ; often together with *feriens* Heinrich.

MALE

Until 1964 only a few specimens of this species have been collected in New England. In 1965 *homorus* suddenly appeared in great numbers in central Maine, where together with the females a male was frequently found ; with all probability this male, as described below, is the associated sex. This hypothesis is also supported by chromatic characters, as the white bands of the abdomen of the male are confined to the second and third tergite, in a parallel to the strong reduction of the white markings on anterior tergites in the female.

Rather well distinguished by the combination of the following characters : (1) light markings are white (ivory) as in *feriens*, but restricted to apical bands on tergites 2 and 3 and sometimes small latero-apical marks on the postpetiole ; (2) flagellum dorsally black, ventrally brownish or black ; (3) tyloids on segments 4 or 5 to 12 or 13 very long, fairly narrow, the longest (on segments 6-10) nearly reaching to bases and apices of segments ; (4) carina oralis not raised ; (5) cheeks and propodeum uniformly black, first trochanters I and II at least dorsally black ; (6) upper mandible tooth longer than usual as compared to the lower.

Black, with white (ivory) markings ; white are : clypeus, face, almost always frontal orbits, mandibles except teeth, collare, subalarum, pronotal ridge (usually for whole length), tegulae predominantly, scutellum, postscutellum (at least apically), less than apical half of second tergite, more than apical half of third, sometimes latero-apical marks on postpetiole, interior side of coxae I, coxae II apically, all second trochanters, ventral side of first trochanters I and II, ventral side, apices, and extreme base of femora I and II, tibiae I and II (except black or infuscated apical mark on ventral side), tibiae III except

about apical fourth, tarsi I and II, and metatarsus III except apex; sometimes restricted irregular whitish markings on apical half of 4th tergite; segments 2-5 of tarsi III predominantly black or blackish, rarely only slightly infuscated on dorsal side; flagellum black, usually ventrally brownish; length 15-16 mm.

Flagelum.—With 37-40 segments and with tyloids (as described above) on segments 4 or 5 to 12 or 13 or (rarely) 14. Black, usually ventrally brownish; scape ventrally white.

REMARK

A population of males collected on a peat bog near Chesterville, Maine, agrees in every detail with the population from Mt. Blue (neallotype locality), but has constantly smaller and shorter tyloids.

(73.) *Ichneumon eurypus* Heinrich

Ichneumon eurypus Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 325-326, ♀.

Holotype.—♀, C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Ontario (type locality), Québec, Alberta, Northwest Territories.

NEW RECORD

Central Maine: Mt. Blue (near Weld); hibernating, 1 ♀.

DESCRIPTIVE NOTES

The specimen from Maine agrees with the holotype, except that it has a white apical dot on the 5th tergite also (as recorded already for a specimen from Alberta), and that the two lateral marks on the postpetiole are connected medially by a narrow white band.

(77.) *Ichneumon neomolitor* Heinrich

Ichneumon neomolitor Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 329, ♀.

Holotype.—♀, C.N.C., N° 7127.

DISTRIBUTION

Alberta (type locality).

NEW RECORD

Central Maine: Chesterville, ♀.

ECOLOGY

One specimen (compared with type) on black spruce peat bog, a second hibernating in stump on border of bog.

DESCRIPTIVE NOTES

Female : The two specimens from Maine are identical with the holotype from Alberta, except for the color of tarsi III, which are black (except base of metatarsus) and for the lack of the minute yellowish mark on facial orbits. These differences seem to be too subtle for subspecific separation of the eastern and western population. Number of flagellar segments in both specimens from Maine is 33.

(81.) *Ichneumon mendax* Cresson

Ichneumon mendax Cresson, 1877, Am. Ent. Soc. Trans., VI, p. 149, ♀.

TYPES

Holotype.— ♀, A.N.S.

Neallotype.— ♂, C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Atlantic to 100° west in Transition and Upper Austral Zones.

VARIABILITY

Female : Exceptionally the abdomen is not uniformly black but bears a small longitudinal apical white mark on the 7th tergite (1 ♀, Maine, Mt. Blue).

Male : According to description by Heinrich (S.N.I.S., 1961) the mesoscutum of the male is uniformly black ; this is, however, not a constant character ; 5 specimens from Maine (North Berwick and Chesterville) display two short median white lines on the mesoscutum.

(82.) *Ichneumon saucius* Cresson

Ichneumon saucius Cresson, 1864, Ent. Soc. Phila. Proc., III, p. 137, ♀.

TYPES

Holotype.— ♀, A.N.S.

♂ (*Ichneumon torvus* Cresson), A.N.S.

DISTRIBUTION

Massachusetts to North Carolina, west to Michigan ; Québec.

NEW RECORD

Maine : Greenville (A.E. Brower, ♂ caught in night trap.)

(85.) *Ichneumon walleyi* Heinrich

Ichneumon walleyi Heinrich, 1961, S.N.I.S., p. 338, ♀.

Holotype.— ♀, C.N.C., N°. 7082.

DISTRIBUTION

Ontario (type locality).

NEW RECORD

Central Maine : Mt. Blue, at foot of the peak, ♀ hibernating in birch stump.

The specimen was compared with type and found to be indistinguishable from it.

92. *Ichneumon restrictus* Cresson

Ichneumon restrictus Cresson, 1877, Amer. Ent. Soc. Trans., VI, p. 109, ♂.

Holotype.— ♂, New York. A.N.S.

This species has been transferred in this paper to the genus *Obtusodonta* Heinrich, with *Obtusodonta montana* Heinrich as synonym.

98. *Ichneumon dillerorum* Heinrich

Ichneumon dillerorum Heinrich, 1968, Naturaliste can., 95, p. 720-721, ♀.

Holotype.— ♀, Central Maine, Mt. Blue. C.G.H. II.

Female : See description, loc. cit. 1968.

99. *Ichneumon lacunae*, new species

TYPES

Holotype.— ♀, "Dryden (Maine), U.S.A., hibernating". C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Central Maine : near Dryden (type locality).

ECOLOGY

The female was found in hibernation, in a stump at the swampy border of a pond surrounded by forest.

PREAMBLE

A smallish species with very short, stout femora and short, exactly filiform flagellum; related in general structure to *nigrovariegatus* Provancher, but somewhat larger and clearly different as a species not only in color but also by the structure of the flagellum, which is not in the least attenuated at apex, the apical segments being all markedly wider than long (in *nigrovariegatus* longer than wide).

Chromatically distinguished by bright yellow basic color of all tibiae, uniformly black thorax and coxae, with only the scutellum white, and by large apical white marks on tergites 6 and 7.

FEMALE

Head and thorax black, scutellum white, frontal and vertical orbits narrowly ferruginous; abdomen tricolored: postpetiole and tergites 2 and 3 red, the latter with broad basal black band, tergites 4-7 black, and 6 and 7 with large apical white marks; legs black, including all coxae; all tibiae pale yellow, the apex of tibiae III broadly black, of tibiae II brownish; all tarsi pale ferruginous; flagellum tricolored, with pale ferruginous base and white annulus; length 10 mm.

Flagellum.—Short, exactly filiform, not the least attenuated apically, with 28 segments, the basal segments very short, the first about 1.3 times as long as apically wide, in lateral view the 4th square, the widest, seen on the flat side, about 1.5 times as wide as long, the last segments before the end-cone wider than long. Segments 1-5 light ferruginous, white annulus on segments 6-12 (ventrally faintly ferruginous-tinged), section beyond annulus black; scape and pedicel black, ventrally pale ferruginous.

Head.—Temple profile slightly curved and slightly narrowed toward mandible base; cheeks in lateral view broad and strongly convex; malar space a trifle shorter than width of mandible base; mandibles fairly wide, parallel-sided, with short, blunted apical teeth, the upper not much longer than the lower; clypeus short and wide, about 4 times as wide as medially long, shiny, with a few coarse, scattered punctures on basal part; median field of face and lower parts of lateral fields distinctly protruding; face coarsely, irregularly, and very densely, frons and vertex densely punctured. Black; clypeus obscure-ferruginous, frontal and vertical orbits narrowly light ferruginous.

Thorax.—Mesoscutum distinctly longer than wide, but clearly less elongate and wider than in *nigrovariegatus*, rather flat, moderately densely punctured; notauli obsolete; scutellum flat, not raised above postscutellum; area supermedia rectangular, markedly longer than wide, parallel-sided. Black, scutellum white, tegulae and collare dull ferruginous.

Legs.—Stout, similar in structure to *nigrovariegatus*; femora very short and thick, femora III in lateral view little more than 3 times as long as medially wide; coxae III ventrally on inner side finely and densely punctured, but without scopae; otherwise densely and moderately coarsely punctured. Color as described above; apical margin of first trochanters indistinctly whitish, all second trochanters ferruginous; all tibiae pale-ferruginous-tinged at the extreme base, tibiae I also apically pale-ferruginous-tinged.

Abdomen.—Elongate-oval; median field of postpetiole clearly defined, densely aciculate; gastrocoeli rather shallow, approximately triangular, the space between them about twice as wide as one of them. Color as described above; petiole predominantly black.

REMARK

In the key to the females of the genus *Ichneumon* (Heinrich, S.N.I.S., 1961) this species runs to couplet 109, where it has to be separated from *hospitus* Cresson chromatically by basic yellow color of tibiae and black color of all femora and coxae, and in structure by more abbreviated basal segments of flagellum, much stouter femora, tibiae, and tarsi, and wider temples and cheeks.

100. *Ichneumon browniops*, new species

TYPES

Holotype.— ♀ “Chesterville, Maine, U.S.A., 29.VIII.1966, peat bog.”
C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Central Maine : Chesterville (type locality).

ECOLOGY

Black spruce peat bog, with dense cover of *Vaccinium*.

PREAMBLE

The holotype has been compared with that of *browni* Heinrich (from Québec, Mt. Lyall, Gaspé, 1500 ft.). The two specimens are without doubt closely related, but obviously either subspecifically or specifically differentiated.

The latter hypothesis is tentatively accepted here. The following lists the differences between the two forms :

- | <i>browni</i> ♀ | <i>browniops</i> ♀ |
|--|---|
| 1. Femora III very stout, less than 3 times as long as medially wide (lateral view). | 1. Femora III not quite that stout, more than 3 times as long as medially wide. |
| 2. Flagellum exactly filiform, 3 segments before apical cone distinctly wider than long. | 2. Flagellum not quite filiform, 3 segments before apical cone not wider than long. |
| 3. Propodeum uniformly black. | 3. Propodeum predominantly ferruginous. |
| 4. Head uniformly ferruginous. | 4. Head extensively black. |
| 5. Femora III laterally blackish-infuscated. | 5. Femora III black, except basal third. |
| 6. Flagellum without recognizable annulus. | 6. Flagellum with recognizable, though not very distinct, dorsal white annulus. |

Female

Head black with ferruginous median part of clypeus and with orbits broadly ferruginous around eyes, ferruginous on outer orbits extending almost over entire surface of cheeks; thorax ferruginous, except the following black: prosternum, mesosternum, prepectus, mesopleura (except ferruginous area of speculum and subalarum), propleura (except about upper third), sutures around propodeum, including areae coxales and base of carina metapleuralis; abdomen uniformly ferruginous; legs ferruginous, with the following black parts: apical two-thirds of femora III, apex of tibiae III, all coxae (except dorsal surface of coxae III), all first trochanters (except dorsal surface of trochanters III entirely and of trochanters I and II apically); flagellum tricolored, with narrow white annulus; length 9 mm.

Flagellum.—Subfiliform, distinctly tapering toward apex, with 32 segments, the first twice as long as apically wide, in lateral view the 8th square, none wider than long, including the last three segments before apical cone. Ferruginous, with dorsal white annulus on segments 9-12, the following 4 segments ferruginous, shading gradually into black, the rest black; scape black, apically ferruginous.

Head.—Temple profile moderately narrowed behind eyes, curved; cheek profile in front view distinctly narrowed toward mandible base, with almost straight outline; malar space somewhat longer than width of mandible base; mandibles normal; clypeus with a few scattered punctures; upper part of lateral fields of face transversely rugose and punctate, median field distinctly protruding,

coarsely and sparsely punctured ; frons densely punctured, coriaceous between punctures, subopaque. Color as described above.

Thorax.—Mesoscutum slightly longer than wide, moderately strongly and densely punctured, finely coriaceous between punctures somewhat shiny ; scutellum only slightly convex ; area superomedia rectangular, somewhat longer than wide ; costulae lacking. Color as described above.

Legs.—Fairly stout and short ; coxae III very densely punctured on ventral side, without scopa. Color as described above.

Abdomen.—Fairly narrow, somewhat elongate ; median field of postpetiole ill-defined, aciculate ; gastrocoeli triangular, shallow, gradually narrowed and pointed toward middle of base of second tergite ; the latter fairly strongly and very densely, the third tergite likewise very densely but slightly less strongly punctured, both coriaceous between punctures and moderately shiny. Uniformly ferruginous.

101. *Ichneumon hiltoni*, new species

TYPES

Holotype.—♀. "U.S.A., Maine, Mt. Blue, 8.VII.1968." C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Central Maine : Mt. Blue, near Weld, Hilton-estate (type locality).

ECOLOGY

Mountain meadow.

PREAMBLE

A well distinguished species, related to *winkleyi* Viereck and *valdopacus* Heinrich, sharing with these two species the deep, transverse gastrocoeli and the bristle-shaped, long, and slender flagellum ; from the latter species distinguished at once in head structure by the still more strongly narrowed and straight, not at all curved temple profile, and by the wider and deeper gastrocoeli, with narrow, aciculate space between them. Differs chromatically from *valdopacus* by white scutellum and distinct, large white anal marks on tergites 6 and 7. Agrees in structure of head and gastrocoeli with *winkleyi*, differing from that species by apically somewhat less strongly attenuated flagellum, the last three segments before apical cone of the latter being square and even a trifle wider than long (in *winkleyi* longer than wide), by somewhat shorter femora III, and by (at 60 times magnification) not punctured but only extremely finely

coriaceous fourth tergite ; besides smaller in size and abdomen more elongate and slender than in *winkleyi*. In color different from *winkleyi* by almost uniformly light red head, predominantly red femora, and by presence of two large apical white marks on abdomen.

FEMALE

Head, mesoscutum, and abdomen (except large apical white marks on tergites 6 and 7) light ferruginous-red ; scutellum white, rest of thorax black ; all coxae black ; rest of legs ferruginous, with restricted black markings ; flagellum tricolored, with white annulus ; length 10 mm.

Flagellum.—Long, slender, bristle-shaped, apically strongly but not extremely strongly attenuated, with 32 segments, the first about 2.5 times as long as apically wide, in lateral view the 13th square, the widest barely wider than long, the three last segments before apical cone not longer than wide but rather a trifle wider than long. Tricolored : segments 1-6 light ferruginous, 7-12 with nearly complete white annulus, the 13th segment again light ferruginous, the following segments black, ventrally brown ; scape light ferruginous.

Head.—In vertical view about three times as wide as medially long, the temple profile markedly narrowed behind eyes and practically straight ; cheek profile in frontal view fairly strongly narrowed toward mandible base, barely curved ; lower part of checks in lateral view moderately convex ; malar space fully 1.5 times as long as width of mandible base ; median field of face distinctly, lower parts of lateral fields slightly protruding ; face moderately strongly and moderately densely punctured, very finely coriaceous between punctures ; frons rather coarsely, irregularly, and densely punctured, finely coriaceous, subopaque. Uniformly ferruginous.

Thorax.—Mesoscutum fairly strongly and very densely punctured, finely coriaceous between punctures, somewhat shiny ; notauli faintly indicated at the extreme base ; scutellum a trifle convex, sparsely punctured ; area supermedia approximately square ; propodeum and pleura coarsely and very densely punctate or rugose-punctate, including speculum. Black, scutellum white ; light ferruginous are : mesoscutum, about upper third of propleura, subalarum, tegulae, and collare, the latter faintly yellowish-tinged.

Legs.—Predominantly ferruginous, coxae black ; blackish-infuscated are : all first trochanters entirely, femora III on exterior and interior side (except about basal third and apex) ; apex of tibiae III slightly infuscated.

Abdomen.—Somewhat elongate, gradually narrowed toward apex ; post-petiole aciculate, with sharply defined median field ; gastrocoeli large and deep,

with pronounced thyridia, triangular, strongly transverse, with very narrow, aciculate interspace ; 2nd tergite coarsely and very densely punctured all over, coriaceous between punctures, slightly shiny, the 3rd tergite somewhat finer and toward apex not quite as densely punctured, likewise coriaceous between punctures and slightly shiny ; the fourth tergite extremely finely coriaceous, without distinct puncturation. Uniformly light ferruginous, tergites 6 and 7 with large, apical white marks, the one on the 6th tergite nearly triangular. with the anterior tip of the triangle reaching close to the anterior border of the tergite.

2. Genus *Patrocloides* Heinrich

BIOLOGY

At the end of the treatment of *Patrocloides* (S.N.I.S., pp. 512-513) I mentioned that the collecting data suggest that females of this genus do hibernate, but that this fact could not be regarded as definitely proven yet. Since then undubitable proof has been found. In Europe, R. Hinz collected hibernating females of *Patrocloides chalybeatus* Gravenhorst, and in Maine I found a fair number of *Patrocloides perluctuosus* Prov. in hibernating quarters.

B. Subtribe *Amblytellina* Heinrich

1. Genus *Diphyus* Kriechbaumer

PREAMBLE

The genus *Pseudamblyteles* Ashmead was synonymized by Townes in 1965 (Cat. Recl. Pla. Ichn., p. 488). See also "Remarks" at the end of my treatment of the genus *Pseudamblyteles* in the S.N.I.S., 1961, p. 399.

BIOLOGY

In the paragraph "Biology" I mentioned in the treatment of this genus (loc. cit., p. 399) that presumably all species may hibernate, pointing out, however, that many of them had never been found in hibernation. Since then, the final proof has been produced by R. Hinz in Germany that at least some species, among them the type species of *Pseudamblyteles*, do not hibernate. According to informations given to me by Hinz, he has raised the two (very closely related) species *palliatorius* Gravenhorst and *trifasciatus* Gravenhorst from caterpillars, which have been collected during the fall, before hibernation. I myself have found, on the other hand, several species (placed at present in *Diphyus*) hibernating during the early spring in stumps and logs. Such species were for example *indocilis* Wesm. (in considerable numbers) in Europe and *ormenus* Cresson, *flebilis* Cresson, *distinctipes* Heinrich, and *interstinctus* Heinrich in the Nearctic Zone (Maine). Hence, for the time being we have to accept

it as a matter of fact that out of the many species placed in the genus *Diphyus*, some do not hibernate and others do. This is a very unusual discrepancy in adaptation and life cycles for the species of one and the same genus. Possibly further research will reveal that the two biologically so strongly divided groups can also be distinguished morphologically.

It may be noted at this point that A. Rasnitsyn, Moscow (Russia), found a number of specimens of *Diphyus* species most closely related to *palliatorius*, in hibernation. This seems to be in contrast to Hinz's finding that *palliatorius* itself does not hibernate in central Germany. These facts raise the question whether species of this particular group could perhaps be "facultative hibernators".

(12.) *Diphyus nigritergops* Heinrich

Pseudamblyteles nigritergops Heinrich, 1961, N.S.I.S., p. 47, ♀.

Holotype.—♀, C.N.C., N°. 7229.

DISTRIBUTION

Ontario (type locality) and Québec.

NEW RECORD

Central Maine: Dryden (leg. Inge Diller), ♀.

The specimen from Maine shows the same striking color of the abdomen as the Canadian specimen, the first tergite being light ferruginous, all the following tergites deep black. Otherwise agrees with the original description also, except that the coxae I too are predominantly black and the femora III almost entirely.

(16.) *Diphyus zebraticolor* (Heinrich)

Pseudamblyteles zebraticolor Heinrich, 1962, S.N.I.S., pp. 882-883, ♂.

Holotype.—♂, C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Canada : Ontario (type locality) and Québec.

NEW RECORD

Maine : Mt. Blue, near Weld (leg. Inge Diller), 2 ♂ ♂.

DESCRIPTIVE NOTES

The two specimens from Maine agree completely with the original description, except that one of them has, in addition to the yellow markings mentioned in the original description, a small yellow mark on the lower end of the mesopleura as well as of the metapleura. The collare is yellow in one specimen, black in the other. The row of tyloids extends in one specimen to the 8th segment.

17. *Diphyus comes* (Cresson)

Ichneumon comes Cresson, 1864, Ent. Soc. Phil. Proc., III, p. 158, ♂.

TYPES

Holotype.—♂, no locality. A.N.S., N°. 946.1. (Sternites and hypopygium destroyed by dermestids)

DISTRIBUTION

According to Townes ("Hymenoptera of America North of Mexico") 1951 : New York, Pennsylvania, Delaware, Michigan.

PREAMBLE

I failed to include this species in the S.N.I.S. by an oversight. It is treated therefore now in this supplement. The following description is based on the type specimen, which I examined recently, and on another specimen (from Pennsylvania) kindly given to me by H. Townes.

There is no doubt about the generic position of the two males and there is likewise no doubt that they match none of the female species newly named in the S.N.I.S. It seems possible to me that they belong to *bizonatus* Cresson as the associated sex, particularly as the latter species has a similar distribution. But this is so far a mere hypothesis without any proof.

MALE

A fair-sized species, in general appearance similar to *robustus* Cresson, but somewhat smaller, and distinguished chromatically by extensively yellow-marked propodeum in combination with yellow markings on mesoscutum and mesopleura. Femora III rather long and slender compared with other, similarly sized and colored species of the genus.

Black ; yellow are (among other parts) : latero-apical marks on postpetiole, more than basal half of second and the entire third tergite, longitudinal median lines on mesoscutum (confluent before scutellar region), marks on prescutellar carinae, scutella, apical part of propodeum extensively, and a more or less

extensive longitudinal band on lower half of mesopleura; legs predominantly yellow, the following black: femora III, apical third of tibiae III, femora I and II on posterior side in part, and coxae III nearly entirely; flagellum without annulus; length 18-19 mm.

Flagellum.—With 44 segments and with fairly narrow lanceolate tyloids on segments 7-19, the longest, on segments 10-15, reaching approximately to bases but not quite to apices of segments. Black, ventrally brown; scape ventrally yellow.

Head.—Temple profile moderately narrowed behind eyes, slightly curved; malar space more than half as long as width of mandible base; mandibles normal, the apical tooth large and pointed, the subapical tooth very small but distinct, moderately far removed from tip of mandible; frons, occiput, and cheeks rather coarsely and densely punctured, face slightly less so. Black, the following yellow: clypeus, face, frontal orbits up to vertex, mandibles except teeth, and a mark on cheeks at mandible base (not covering malar space).

Thorax.—Scutellum distinctly convex dorsally, markedly raised above postscutellum, truncate apically, with steeply downward curved apical slope; carination of propodeum very strong and complete except partially indistinct carinae coxales; costulae shortly behind middle of area superomedia, the latter slightly wider than long; areae dentiparae and posteromedia coarsely and irregularly, mainly transversely rugose; mesoscutum coarsely and, particularly on median lobe, very densely punctured. Black, the following yellow: collare, pronotal ridge, subalarum, tegulae, a small mark on lower end of propleura, two longitudinal bands on mesoscutum (as described above), marks on pre-scutellar carinae, scutella, a more or less extensive longitudinal band on lower half of mesopleura, about apical half of areae spiraculiferae and dentiparea, areae posteroexternae, and the upper part of area posteromedia.

Legs.—Femora III long and rather slender (much slenderer than for example in *flebilis* Cresson). Yellow; the following black: apical third of tibiae III, femora III, posterior side of femora I and II extensively, coxae III (except sometimes restricted yellow markings on ventral side at apex), bases of coxae I and II, and dorsal side of first trochanters III basally.

Abdomen.—Postpetiole with distinct median field, strongly aciculate, the lateral fields apically also irregularly punctured; gastrocoeli slightly longer than basally wide, with indistinct thyridia and distinct longitudinal ribs, the space between them longitudinally striate; rest of second tergite coarsely and very densely punctured, subopaque; hypogygium slightly, broadly, and bluntly produced apically, sternites 1-4 with plica. Color as described above; sternites 1-4 yellowish, 5-7 almost entirely black.

18. *Diphyus variegatus* (Cresson)

Ichneumon variegatus Cresson, 1864, Ent. Soc. Phila. Proc., III, p. 153, ♂.
Pseudamblyteles variegatus Townes, 1951, Hym. Amer. N. of Mexico,
p. 294, ♂ (quotations until 1951; distribution).

Holotype.—♂, A.N.S.

DISTRIBUTION

Colorado (type locality). (Alberta, British Columbia, Washington, New Mexico so far included in the range of the species will need confirmation in case of a revision of the complex).

PREAMBLE

This is apparently the oldest named form of one of North America's most complex group of Ichneumoninae. Any attempt to advance the classification of this group has consequently to start with this species.

The most important morphological character of the above-mentioned group is probably the shape of the mandibles, which are seemingly unidentate, the subapical tooth being only weakly indicated by a small notch; this structure hints toward a relationship with the palaeartic genus *Triptognathus* Berthoumieu, but as the hypopygium of the males of the american group is normal, without the pointed projection characterizing *Triptognathus*, it can not be included in that genus.

The male of *variegatus* is supposed to be chromatically very variable, as Cresson indicated by his choice of the name, and later on (1877) mentioned again: "scarcely any two specimens being colored alike". I do not doubt a certain degree of variability of the *variegatus* males, but I suspect that the characteristic (tricolored) pattern of the abdomen of this species represents a kind of regional "uniform", displayed by a number of different species and subspecies of the (particularly western) *variegatus* group. If so, it will take much time, endeavour, and—last not least—caution to separate the forms involved, properly and correctly.

MALE

(Description based on a homotype from Colorado in C.H.T.)

Head and thorax black, with the following yellow parts: clypeus, face, mandibles except tip, frontal orbits up to level with lower ocellus, collare, pronotal ridge (more broadly at tegulae than in front), subalarum, tegulae, scutellum, postscutellum, and an extensive W-pattern on propodeum covering

the upper half of area posteromedia, entire areae posteroexternae, apical half of areae dentiparae, and about apical third of areae spiraculiferae; abdomen tricolored, orange-ferruginous, yellow, and black; black are: first segment entirely, basal margin of second with gastrocoeli, apical margin of second tergite, and basal bands on tergites 3-5; tergites 4-7 and about apical third of second tergite ferruginous-orange, the rest yellow; legs yellow, the following black: femora III and coxae III entirely, base of coxae I and II extensively, dot on dorsal and ventral side of first trochanters III, and apex of tibiae III; tarsi III orange-tinged; flagellum without annulus; length 15 mm.

Flagellum.—With conspicuous, almost parallel-sided (= “beam-shaped”) tyloids on segments 7-20, the longest, on segments 10-15, reaching from bases to apices of segments. Black; scape ventrally yellow.

Head.—Malar space fully as long as width of mandible base; face and clypeus strongly and fairly densely punctured; frons coarsely and very densely (partially rugose-) punctate, with faint indication of longitudinal median depression; notch indicating lower mandible tooth not very far removed from tip of upper tooth: about as far as width of upper tooth at notch (the constancy of this character has still to be confirmed, as it may be the consequence of wear of the mandible).

Thorax.—Scutellum rather strongly convex, distinctly raised above post-scutellum; area superomedia large, approximately square (a trifle longer than wide); carination strong and complete, only costulae and carinae coxales indistinct; areae coxales coarsely longitudinally rugose.

Legs.—Femora III comparatively long and fairly slender, distinctly and densely punctured all over, except on the narrow ventral stripe; metatarsus I ventrally on exterior side rather distinctly flattened and toward apex concave, its exterior apical corner thus distinctly projecting in dorsal view. Color as described above.

Wings.—Nervulus slightly postfurcal; areolet pentagonal; radius long, very slightly sinuate. Practically clear.

Abdomen.—Median field of postpetiole strongly aciculate, lateral field rugose and punctate; gastrocoeli shallow, small, about twice as long as medially wide, with a few longitudinal ribs and with faint indication of very narrow thyridia; space between gastrocoeli shortly longitudinally rugose; rest of second tergite and tergites 3-4 finely and very densely punctured, opaque, the following tergites more finely and less densely punctured, coriaceous between punctures, slightly shiny.

18 b. *Diphyus variegatus euxoae*, new subspecies

TYPES

Holotype.—♀, Canada : Alberta ; ex *Euxoa ochrogaster*. C.G.H. II.

Allotype.—♂, Canada : Alberta ; ex *Euxoa ochrogaster*. C.G.H. II.

Paratypes.—1 ♂, 2 ♀♀, same data ; 1 ♀, British Columbia, ex *Euxoa messeria*. C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Canada : Alberta (type locality) ; British Columbia.

PREAMBLE

This form holds a key position in the classification of the *variegatus* group as it is the only one in which both associated sexes are known beyond a shadow of a doubt, males and females being reared at the same locality and time from the same host. Unfortunately the males, although extremely similar to the holotype of *variegatus*, are not completely identical with it. This circumstances, combined with the fact that the female of *variegatus* is still unknown, makes the taxonomic position of this form rather precarious. I have chosen to treat it tentatively as a subspecies of *variegatus*, although the subtle differentiating characters of the males may turn out to be within the limits of individual rather than geographical variability of this species, or, on the contrary, the discovery of the female of *variegatus* may indicate specific distinction.

FEMALE

Morphologically distinguished by the long, usually slender, not only bristle-shaped but also almost bristle-thin flagellum, combined with the long and fairly slender, seemingly unidentate mandibles, with rudimentary subapical tooth far removed from tip of mandible. Chromatically characterized by lack of a distinct white annulus on the flagellum and by predominantly ferruginous color of the entire body with restricted black markings on thorax and abdomen only, almost none on the legs and on the head.

Ferruginous, with black but without white or yellow markings ; black are : small mark on antennal concavity, ocellar triangle, narrow band or small marks on middle of pronotum, posternum in varying extent (sometimes only basal third, often entirely), prepectus entirely, mesosternum (usually except mark along sternauli or space between sternauli and mesopleura), longitudinal band on uppermost part of mesopleura (including area of speculum), lower hind corner of mesopleura, basal furrow of scutellum, basal furrow of propodeum (laterally down at least to coxae II, the black band sometimes extending all around propodeum to base of petiole), lateral slopes of scutellum, anterior tip of mesoscutum and its narrow lateral margin at and before tegulae, base of coxae

III on ventral side, ventral side of petiole, and narrow median basal bands on tergites 3 and 4, sometimes 2-4; flagellum light ferruginous with blackish apical section; length 10-14 mm.

Flagellum.—As described above; with 48-50 segments, the first somewhat less than 3 times as long as apically wide, in lateral view about the 12th square, the widest, seen on the flat side, also approximately square, more than 20 segments, counted from the end, very narrow and distinctly longer than wide. Segments 1 to about 16 pale ferruginous, the rest blackish; scape ferruginous.

Head.—Temple profile moderately narrowed behind eyes, nearly straight, as is also the cheek profile in front view; malar space approximately as long as width of mandible base; cheeks in lateral view fairly wide, their lower part moderately convex; carina genalis subparallel to posterior margin of eyes, meeting carina oralis shortly before mandible base in a distance equal to nearly half the width of the latter; mandibles as described above; median field of face distinctly, lower parts of lateral fields slightly protruding, the former well separated from clypeus by transverse depression; clypeus a trifle convex; face and clypeus fairly coarsely and densely punctate, frons densely, mainly transversely rugose and irregularly punctate.

Thorax.—Notauli basally faintly indicated by a shallow depression, sternauli scarcely indicated; mesoscutum distinctly and moderately densely punctured, smooth and shiny between punctures; scutellum finely and sparsely punctured, shiny, somewhat raised above postscutellum; carination of propodeum prominent and complete except carinae coxales; area superomedia longer than wide, usually with parallel sides and approximately rectangular; lower part of propleura and of metapleura coarsely longitudinally rugose; upper part of mesopleura coarsely and moderately densely punctured, shiny, the lower part coarsely and very densely punctured, the punctures running into irregular longitudinal striation; the small speculum sparsely punctured and shiny.

Abdomen.—Oval, second tergite apically wider than medially long, the third tergite at least twice as wide as long; median field of postpetiole delimited, densely aciculate, lateral fields also aciculate; gastrocoeli small and shallow, with longitudinal ribs and narrow, fairly indistinct, thyridia, their interspace finely longitudinally striate; rest of second tergite uniformly, moderately finely and extremely densely punctured, opaque, the third tergite more finely and toward the end less densely punctured, finely coriaceous between punctures, subopaque; the fourth tergite sparsely and extremely finely, toward the end indistinctly (60 x magnification) punctured and extremely finely coriaceous, somewhat shiny.

Male

Differs chromatically barely from *variegatus* by black color of less than basal half of posterior side of femora I and II, by yellow parts on tergites 2 and

3 only indistinctly yellow-tinged and by black basal bands on tergites usually including the 6th tergite. Besides, the row of tyloids is longer and the rudimental lower mandible tooth is markedly further removed from the tip of the upper tooth than in the examined homotype of *variegatus*. The distinctive value of all these characters will depend upon the confirmation of their constancy in *variegatus*.

Flagellum.—With 48 segments and with conspicuous, parallel-sided (= "beam-shaped") tyloids on segments 6 to 22 or 23, the longest, on segments 8-21, reaching from bases to apices of segments. Black, scape ventrally yellow.

18 c. *Diphyus variegatus orientis*, new subspecies

TYPES

Holotype.—♀, "Mt. Blue, Maine, U.S.A., 4.VII.1968." C.G.H. II.

DISTRIBUTION

Maine : Mt. Blue, near Weld.

PREAMBLE

This is the first and only specimen of this species I have seen from eastern North America. Its specific identity with *variegatus euxoae* Heinrich seems to be indubitable, the subspecific difference from that form being only slight. The relationship to *variegatus variegatus* from Colorado remains unknown until topotypical females of the latter form and/or males of *orientis* will be found. So far no male comparable with *variegatus* has been discovered in eastern North America, a fact which suggests to me that the male of *orientis* may be chromatically quite different from *variegatus*.

FEMALE

Flagellum still a trifle slenderer than in *variegatus euxoae*, otherwise in structure and sculpture identical with that subspecies. Differs chromatically from the latter subspecies by less extensive black markings, particularly on the thorax, the mesosternum being almost entirely ferruginous, and furthermore by black apex of tibiae III.

Ferruginous, with black but without white or yellow markings ; black are : ocellar region, small spot on each side of pronotum on epomiae, extreme base of prosternum, prepectus (except broadly ferruginous exterior belt all around), median furrow of mesosternum, a mark before coxae II, a short band on posterior, uppermost part of mesopleura (surrounding speculum), basal furrow of scutellum, basal furrow of propodeum (the black stripe continuing laterally around areae coxales), lateral slopes of scutella, a minute band on anterior median border of mesoscutum, very narrowly exterior margin of mesoscutum

at tegulae, base of coxae III on ventral side, ventral side of petiole, apex of tibiae III, narrow basal and apical bands on tergite 2 and the extreme base of tergite 3 in the middle; length 13 mm.

Flagellum.—Extremely slender, with 46 segments, the first slightly less than 3 times as long as apically wide, in lateral view the 16th approximately square, on the flat side all segments longer than wide. Segments 1-14 pale ferruginous, the rest black, scape ferruginous.

Head, thorax, legs, and abdomen.—Structure and sculpture as described for *variegatus euxoae*; color as described above.

References

- HEINRICH, Gerd H., 1960. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part I. Introduction, Key to Nearctic Genera of Ichneumoninae Stenopneusticae, and Synopsis of the Protichneumonini North of Mexico. *Can. Ent.*, **92**, Suppl. 15, 5-87.
- HEINRICH, Gerd H., 1960. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part II. Synopsis of the Ichneumonini: Genera *Orgichneumon*, *Cratichneumon*, *Homotherus*, *Aculichneumon*, *Spilichneumon*. *Can. Ent.*, **92**, Suppl. 18, 91-205.
- HEINRICH, Gerd H., 1961. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part III. Synopsis of the Ichneumonini: Genera *Ichneumon* and *Thyrateles*. *Can. Ent.*, **93**, Suppl. 21, 209-368.
- HEINRICH, Gerd H., 1961. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part IV. Synopsis of the Ichneumonini: Genera *Chasmias*, *Neamblymorpha*, *Anisopygus*, *Limerodops*, *Eupalamus*, *Tricholabus*, *Pseudamblyteles*, *Euramyacra*, *Ctenichneumon*, *Exephanes*, *Ectopimorpha*, *Pseudoamblyteles*. *Can. Ent.*, **93**, Suppl. 23, 371-505.
- HEINRICH, Gerd H., 1961. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part V. Synopsis of the Ichneumonini: Genera *Protopelmus*, *Patrocloides*, *Probolus*, *Stenichneumon*, *Aoplus*, *Limonethe*, *Hybophorellus*, *Rubicundiella*, *Melanichneumon*, *Stenobarichneumon*, *Platylabops*, *Hoplismenus*, *Hemihoplis*, *Trogomorpha*. *Can. Ent.*, **93**, Suppl. 26, 509-671.
- HEINRICH, Gerd H., 1962. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part VI. Synopsis of the Ichneumonini (Genus *Plagiotrypes*), *Acanthojoppini*, *Listrodromini* and *Platylabini*. *Can. Ent.*, **93**, Suppl. 27, 677-802.
- HEINRICH, Gerd H., 1962. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part VII. Synopsis of the Trogini Addenda and Corrigenda. *Can. Ent.*, **94**, Suppl. 29, 805-886.
- PECK, Oswald, 1964. Synopsis of Nearctic Ichneumoninae Stenopneusticae with Particular Reference to the Northeastern Region (Hymenoptera). Part VIII. Addenda and Corrigenda, Host-Parasite List and Generic Host Index. Index to Ichneumonid Names. *Mem. ent. Soc. Can.* No. 35, 889-925.



LIFE-FORM SPECTRA OF CONTRASTING SLOPES OF THE GRAZED PASTURES OF NORTHERN NEW JERSEY ¹

JEAN-MARC DESCHÊNES ²

Botany Department, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey.

Abstract

Life-form spectra based on cover data, from contrasting north- and south-facing slopes of grazed pastures of Northern New Jersey, show greater differences between the vegetation slopes than the life-form spectra based on species list.

There is a somewhat greater proportion of the more-protected life-forms (hemicryptophytes and geophytes) on the south-facing slopes as compared with the north-facing slopes suggesting that on these pastures, the south-facing slopes are relatively less suitable for plants.

The successional trends are toward an increase of geophytes to the detriment of chamephytes, hemicryptophytes and therophytes on the south-facing slopes. The opposite, except for the therophytes, holds true on the north-facing slopes. Grazing, trampling as well as microclimate may be responsible for the differences that exist between the two slopes.

The widely accepted idea that grasslands, prairies and pastures are hemicryptophytic habitats, holds true here. The establishment of perennial plants (especially hemicryptophytes and geophytes) is accomplished to the detriment of annuals (therophytes). Their role (therophytes) is difficult to resolve. Their high number on the old pastures may be the result of introduction and spread of weedy grasses and forbs of this life-form due to grazing and trampling while their quantitative decrease as the pastures mature can be attributed to the return to a more stable community made up of hemicryptophytes and geophytes.

From this study, it is concluded that the greater number of freeze-thaw cycles especially in the spring, the shorter duration of snow cover, and the hot afternoon summer sun contributed to make the south-facing slope pastures a difficult environment for the less-protected plants. Because the well-protected plants are better equipped to overcome these difficult conditions it is reasonable to observe a greater proportion of these plants on the south-facing slopes.

1. Part of a thesis submitted by the author to the Graduate School, Rutgers — The State University, New Brunswick, New Jersey, in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science.

2. Present address : Station de Recherches, Ministère de l'Agriculture du Canada, La Pocatière, Québec.

Résumé

Le spectre biologique basé sur les données de couverture révèle des différences plus évidentes pour les pâturages situés sur les pentes nord et sud du nord du New Jersey que le spectre biologique basé simplement sur la liste floristique.

Une plus grande proportion d'hémicryptophytes et de géophytes est notée sur les pentes sud que sur les pentes nord suggérant ainsi que les pâturages sur les pentes sud sont relativement moins avantageux pour les plantes.

La succession semble se faire vers une augmentation des géophytes au détriment des chaméphytes, des hémicryptophytes et des thérophytes sur les pentes sud. L'inverse, excepté pour les thérophytes, est évident sur les pentes nord.

La paissance, le piétinement et le microclimat semblent être responsables des différences qui existent entre les deux orientations des pentes.

L'idée que les pâturages et les prairies sont des habitats hémicryptophitiques est ici prouvée. L'établissement des plantes vivaces (spécialement les hémicryptophytes et les géophytes) se fait au détriment des annuelles (thérophytes). Le rôle de ces dernières est difficile à expliquer. Leur nombre assez élevé dans les vieux pâturages peut être le résultat de l'introduction et la dispersion des mauvaises herbes graminoides et à feuilles larges appartenant à cette forme biologique. Leur introduction et leur dispersion peuvent être attribuées à la paissance et au piétinement. Par contre la diminution quantitative des annuelles qui suit le vieillissement des pâturages peut être attribuée à une condition plus ou moins stable de la végétation laquelle est constituée d'hémicryptophytes et de géophytes.

De cette étude nous pouvons conclure qu'un plus grand nombre de gels-dégels, spécialement au printemps, une couverture de neige à courte durée et le chaud soleil de l'été contribuent à faire des pâturages sur pentes sud un habitat difficile pour les plantes les moins protégées. Parce que les plantes très bien protégées sont mieux équipées pour supporter ces conditions difficiles, il est normal d'observer une plus grande proportion de ces dernières sur les pentes sud.

Introduction

Among the methods used for characterizing vegetation, life-forms are particularly useful. They refer to the vegetative forms of the plant body which are assumed by ecologists to be a result of morphological adjustments to the environment.

Contrasting slope exposures result in pronounced differences in microclimate, these differences being reflected in the vegetation (Oosting, 1942, and Cantlon 1953). These authors found a lower proportion of the least protected life-forms (phanerophytes) on the south-facing slopes together with a higher

proportion of hemicryptophytes and therophytes. Their spectra suggest that the south-facing slope is a more severe habitat. However, not in harmony with this, is the higher proportion of geophytes (well-protected life-forms) on the north-facing slopes.

Cooper (1961) in Michigan pointed out that the hemicryptophytes had a greater cover on the south-facing slopes or in xeric environments while the geophytes had a greater cover on the north-facing slopes or in mesic environments. The chamephytes and the therophytes were very similar on both slopes. He also found that the cespitose hemicryptophytes (Hc) were more important on the south-facing slopes while the rosette hemicryptophytes (Hr) were more important on the north-facing slopes. Concerning the scapose (Hs) and decumbent (Hg) hemicryptophytes, he found no dissimilarities between the slopes.

Other workers such as Miller and Buell (1956) in Minnesota, found a greater cover of chamephytes, hemicryptophytes and geophytes on south-facing slopes.

Two methods of representing life-form spectra have been used in the past. Life-form spectra based on flora, that is a simple listing in which any one species had the same importance as any other species, was used by Oosting (1942), Cantlon (1953), Miller and Buell (1956) to represent the vegetation differences for the north- and the south-facing slopes. Recently there has been an increasing use of quantitative data as a basis for constructing life-form spectra. Cain (1945) used frequency points, Buell and Wilbur (1948) and Buell and Cantlon (1951) used frequency, Dansereau and Gille (1949) used frequency and abundance, while Stern and Buell (1951), Bard (1952), Archard and Buell (1954), Miller and Buell (1956) and Cooper (1961) used cover data.

Pronounced differences were obtained when comparing these two methods as illustrated by Miller and Buell (1956). They found that chamephytes and geophytes were more important on the south-facing slopes when using quantitative data while they were more important on the north-facing slopes when using a simple listing of species.

Upon studying the results of various authors who used quantitative data to construct their life-form spectra it was decided that the use of cover should give a more reliable picture of the differences that may exist between the two slopes. As suggested by Cain (1950) the effect of local environment (microclimate and edaphic conditions) are best revealed when the spectra are modified by using quantitative data on the role of various species in the respective local communities. He added that coverage data seem perhaps the most useful because cover is more nearly independent of sample-plot size than are density and frequency, provided that the sample areas are large enough to include the typical flora in its characteristic structural development for the community.

TABLE I

Life-forms according to Braun-Blanquet (1932), to Raunkiaer (1934) and to Dansereau (1945, 1957, 1959). Two examples from Eastern North America are given in each case.

Symbols :

- Ch- CHAMEPHYTES : Plants with regenerating buds not much above soil level
(*Cerastium vulgatum*, *Potentilla intermedia*)
- H - HEMICRYPTOPHYTES : Plants that die down to soil level during the unfavorable season.
- Hs- Scapose hemicryptophytes : With a well-developed stem branching quite profusely.
(*Trifolium pratense*, *Linaria vulgaris*)
- Hr- Rosette hemicryptophytes : With a crown of leaves at soil level.
(*Taraxacum officinale*, *Trifolium repens*)
- Hg- Decumbent hemicryptophytes : With a weak plagiotropic stem.
(*Vicia cracca*, *Veronica serpyllifolia*)
- Hc- Cespitose hemicryptophytes : With tufts or short branches arising at ground level.
(*Bromus inermis*, *Danthonia spicata*)
- G - GEOPHYTES : Plants with regenerating buds well under soil level.
(*Poa pratensis*, *Agropyron repens*)
- Th- THEROPHYTES : Annuals in which the whole plant dies and the species is carried through the unfavorable season by the seeds only.
(*Cirsium vulgare*, *Chenopodium album*)

On pastures or grasslands, few studies have been carried out and none known to the author have dealt with slope exposure. The only data available on pasture life-forms are those of Dansereau and Gille (1949) in Québec, Evans and Cain (1952) in Michigan, and Dansereau (1957, 1959) in the Laurentian Valley, Québec.

The present study was undertaken to obtain quantitative measurements (specifically cover) on contrasting north- and south-facing slopes of grazed pastures of Northern New Jersey and to use them in the construction of life-form spectra. Even though the region was an area of low relief, it was thought that appreciable differences could be detected in the vegetation and in turn in the life-forms based on data on microclimate and grazing animals (Deschênes 1966). Others such as Buell (personal communication) may reason that the combination of grazing pressure added to the influence of microclimate differences might not influence the expression of life-forms. This paper will attempt to test these two hypotheses.

Location of study

The work was done during the summer of 1964 on grazed pastures of Northern New Jersey (Sussex County). The area studied is located in the Kittatiny valley of the Ridge and Valley Province. It is underlain chiefly by limestone and shale of Cambrian and Ordovician age. The soils of the area are of glacial origin formed on glacial till composed of gray slaty shale which produced mildly acid soils.

Eighteen south-facing slope pastures and 17 north-facing slope pastures, ranging in age from 5 to more than 30 years, were chosen and analysed. The steepness of the slopes varied from 16% to 34% on both exposures.

Methods

On each pasture, 50 to 70 one-square foot quadrats were laid down. On each quadrat, the contribution of each species to cover was arrived at by ocular estimates. Assignment of life-forms was made after study of representative specimens. Raunkiaer's (1934) system of classification modified by Dansereau (1945, 1957 and 1959) was used in the construction of the spectra of this study. The system is based upon the position of the perennating bud with respect to the soil surface during the unfavorable season. Of the five major life-form classes of Raunkiaer, only the phanerophytes are absent from the sites. They are listed in order of increasing protection in Table I.

Two types of life-form spectra are presented: the spectra based on the list of species (flora) which give the same weight for each species and the

TABLE II

List of all the species recorded in this survey on both northern and southern exposures, with their respective life-form. For explanation of each symbol see Table I.

<i>Species</i>	<i>Life-form</i>	<i>Northern Exposure</i>	<i>Southern Exposure</i>
Legumes :			
<i>Medicago lupulina</i>	Hg	x	
<i>Medicago sativa</i>	Hs		x
<i>Trifolium pratense</i>	Hs	x	x
<i>Trifolium repens</i>	Hr	x	x
<i>Vicia cracca</i>	Hg		x
Grasses :			
<i>Agrostis tenuis</i>	Hc	x	x
<i>Bromus inermis</i>	Hc	x	x
<i>Dactylis glomerata</i>	Hc	x	x
<i>Festuca rubra</i>	Hc	x	x
<i>Phleum pratense</i>	Hc	x	x
<i>Agrostis alba</i>	G	x	x
<i>Poa pratensis</i>	G	x	x
Weedy Grasses :			
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Hc	x	x
<i>Carex spicata</i>	Hc	x	x
<i>Danthonia spicata</i>	Hc	x	x
<i>Juncus tenuis</i>	Hc	x	x
<i>Panicum sp.</i>	Hc	x	x
Broadleaf Weeds :			
<i>Antennaria canadensis</i>	Ch	x	
<i>Euphorbia maculata</i>	Ch	x	x
<i>Polygonum aviculare</i>	Ch	x	x
<i>Potentilla intermedia</i>	Ch	x	x
<i>Veronica officinalis</i>	Ch		x
<i>Cerastium vulgatum</i>	Hg	x	x
<i>Galium tinctorum</i>	Hg	x	x
<i>Stellaria graminea</i>	Hg		x
<i>Veronica serpyllifolia</i>	Hg	x	x
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Hr	x	x
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	Hr	x	x
<i>Chrysanthemum parthenum</i>	Hr	x	x
<i>Hieracium pilosella</i>	Hr	x	x
<i>Hieracium pratense</i>	Hr	x	
<i>Plantago lanceolata</i>	Hr	x	x
<i>Plantago major</i>	Hr	x	x
<i>Prunella vulgaris</i>	Hr	x	
<i>Taraxacum officinale</i>	Hr	x	x
<i>Achillea millefolium</i>	Hs	x	
<i>Artemisia absinthium</i>	Hs	x	x
<i>Hieracium florentinum</i>	Hs	x	x

TABLE II (Cont'd)

<i>Species</i>	<i>Life-form</i>	<i>Northern Exposure</i>	<i>Southern Exposure</i>
<i>Linaria vulgaris</i>	Hs	x	x
<i>Oxalis europea</i>	Hs	x	x
<i>Potentilla recta</i>	Hs	x	x
<i>Ranunculus acris</i>	Hs	x	x
<i>Rudbeckia hirta</i>	Hs	x	
<i>Saponaria officinalis</i>	Hs		x
<i>Silene cucubalus</i>	Hs	x	x
<i>Solanum carolinense</i>	Hs		x
<i>Solidago nemoralis</i>	Hs	x	
<i>Solidago sp.</i>	Hs	x	
<i>Cirsium arvense</i>	G	x	x
<i>Rumex acetosella</i>	G	x	x
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Th	x	x
<i>Arctium minus</i>	Th	x	
<i>Arthemis canadensis</i>	Th	x	x
<i>Barbarea vulgaris</i>	Th	x	x
<i>Brassica arvensis</i>	Th	x	x
<i>Chenopodium album</i>	Th	x	x
<i>Cichorium intybus</i>	Th	x	x
<i>Cirsium vulgare</i>	Th	x	x
<i>Daucus carota</i>	Th	x	x
<i>Dianthus armeria</i>	Th	x	x
<i>Galeopsis tetrahit</i>	Th	x	
<i>Lactuca scariola</i>	Th	x	
<i>Mentha arvensis</i>	Th		x
<i>Polygonum convolvulus</i>	Th	x	
<i>Verbascum thapsus</i>	Th	x	x

spectra based on cover, constructed according to the method used by Stern and Buell (1951) and Archard and Buell (1954). The total percentage cover of each life-form was computed by adding the percentage cover of all species comprising it. The resulting individual life-form totals were then converted to percentage of the sum of all life-forms.

Results

A total of 66 species were recorded independently of the exposures. They are listed with their respective life-form in Table II. Seven species were exclusive to the south-facing slopes while 12 species were exclusive to the north-facing slopes.

Only 5 species made a major contribution to the vegetation of the pastures. In decreasing importance they are *Poa pratensis*, *Agrostis tenuis*, *Agropyron repens*, *Dactylis glomerata* and *Bromus inermis*.

Another feature of the vegetation of the grazed pastures was the decrease in the number of species on the south-facing slope pastures as they became

TABLE III

Life-form spectra based on the list of species present on quadrats, according to exposures and to age of pastures. (Ch) – chamaephytes, (H) – hemicryptophytes, (Hc) – caespitose hemicryptophytes, (Hg) – decumbent hemicryptophytes, (Hr) – rosette hemicryptophytes, (Hs) – scapose hemicryptophytes, (G) – geophytes, and (Th) – therophytes (annuals). The number of species is indicated within the parenthesis. Life-form values are in percentage.

age (years) Life-form	Southern Exposures				Northern Exposures			
	5	10	over 30	average	5	10	over 30	average
Ch	6.6 (3)	10.2 (4)	5.6 (2)	7.5	5.4 (2)	4.6 (2)	6.6 (3)	5.5
H	65.4 (29)	64.2 (25)	72.1 (26)	67.2	57.7 (21)	62.9 (27)	66.6 (30)	61.7
Hc	17.8 (8)	18.0 (7)	25.0 (9)	20.3	13.5 (5)	21.0 (9)	17.8 (8)	17.4
Hg	8.9 (4)	5.1 (2)	11.1 (4)	8.4	5.4 (2)	7.0 (3)	6.6 (3)	6.3
Hr	13.3 (6)	18.0 (7)	17.4 (7)	16.9	21.6 (8)	16.3 (7)	17.8 (8)	18.6
Hs	24.4 (11)	23.1 (9)	16.6 (6)	21.4	19.9 (7)	18.6 (8)	24.4 (11)	21.0
G	11.1 (5)	10.2 (4)	11.1 (4)	10.8	13.5 (5)	11.5 (5)	11.1 (5)	12.0
Th	17.8 (8)	15.3 (6)	11.1 (4)	14.7	27.0 (10)	21.0 (9)	15.5 (7)	21.2
Total number of species	45	39	36		39	43	45	

older. This decrease was observed mainly in the hemicryptophytes, especially scapose hemicryptophytes and in the therophytes. The north-facing slope pastures, on the other hand, showed an increase in the number of species as they mature. Contrary to the south-facing slope pastures, the increase was observed in the hemicryptophytes especially scapose and cespitose hemicryptophytes. Like the south-facing slope pastures, the therophytes decreased as the pastures matured (Table III).

The life-form spectra based on the list of the species occurring on the quadrats reveal only small differences between the slopes. Table III shows slopes while therophytes were higher on the north-facing slopes. The geophytes, on the other hand, were identical on both slopes. Cespitose and decumbent hemicryptophytes were somewhat higher on the south-facing slopes while rosette hemicryptophytes were higher on the north-facing slopes.

The application of cover data to the construction of the life-form spectra revealed greater differences between the slopes than the use of species list. The differences between the two slopes were mainly noticeable in the importance of the individual life-forms such as a decrease of hemicryptophytes and therophytes in favor of geophytes (Table IV). Comparing the north- and the south-facing slopes, the chamephytes and the therophytes, although unimportant, were higher on north-facing slopes while the hemicryptophytes and the geophytes were very similar on both slopes (Table IV). The high values for the geophytes were due to the dominance of *Poa pratensis*, a geophyte, on these pastures. Cespitose and decumbent hemicryptophytes were somewhat higher on the south-facing slopes while rosette hemicryptophytes were higher on the north-facing slopes.

Using the life-form spectra based on cover data to analyse the effect of succession of life-forms, the tendency on the south-facing slopes was toward a decrease of chamephytes, hemicryptophytes, and therophytes and an increase in geophytes. On the north-facing slopes, however, the tendency was toward an increase in chamephytes and hemicryptophytes and a decrease in geophytes and therophytes. Except for the therophytes, which decreased independently of the slopes, an opposite trend between the two slopes was observed for chamephytes, hemicryptophytes and geophytes (Table IV).

Discussion

Since the area under investigation is a region of low relief, few differences were noted between the slopes, as far as vegetation and life-forms are concerned. There exist, however, some differences that can be explained by the effect of the exposures.

If one considers the older pastures and if one assumes that their vegetation is relatively more stable than the young pastures, one can generally observe

TABLE IV

Life-form spectra on relative cover (in percentage) according to exposures and age of pastures. (Ch – chamephytes, (H) – hemicryptophytes, (Hc) – cespitose hemicryptophytes, (Hg) – decumbent hemicryptophytes, (Hr) – rosette hemicryptophytes, (Hs) – scarose hemicryptophytes, (G) – geophytes, and (Th) – therophytes (annuals).

age (years) life-forms	Southern Exposures				Northern Exposures			
	5	10	over 30	average	5	10	over 30	average
Ch	0.25 (3)	0.52 (4)	0.18 (2)	0.32	0.12 (2)	0.50 (2)	1.43 (3)	0.68
H	58.58 (29)	36.22 (25)	50.71 (26)	48.50	50.51 (21)	41.34 (27)	53.96 (30)	48.60
Hc	40.64 (8)	28.73 (7)	35.79 (9)	35.05	29.83 (5)	23.20 (9)	40.50 (8)	31.18
Hg	0.24 (4)	0.41 (2)	4.00 (4)	1.55	1.26 (2)	0.44 (3)	1.10 (3)	0.93
Hr	6.02 (6)	5.20 (7)	8.96 (7)	5.73	12.99 (8)	13.94 (7)	7.99 (8)	11.64
Hs	11.68 (11)	1.88 (9)	1.96 (6)	5.17	6.43 (7)	3.66 (8)	4.37 (11)	4.82
G	39.89 (5)	62.93 (4)	48.39 (4)	50.40	45.62 (5)	57.18 (5)	42.80 (5)	48.53
Th	1.26 (8)	0.42 (6)	0.64 (4)	0.77	3.78 (10)	1.06 (9)	0.69 (7)	1.84
Total number of species	45	39	36		39	43	45	

that the plants with the least protected regenerating buds (chamephytes and hemicryptophytes) are more important on the north-facing slopes while the plants with the more protected regenerating buds (geophytes) are more important on the south-facing slopes (Tables III and IV).

Considering the results based on a simple listing of species, the tendency is somewhat different from those presented by Oosting (1942), Cantlon (1953), Miller and Buell (1956) and Cooper (1961), especially for geophytes and therophytes (Tables III and V).

The results based on quantitative data are also somewhat different from those presented by Miller and Buel (1956) and Cooper (1961). In the present study a greater cover of chamephytes and therophytes was obtained on the north-facing slopes while the hemicryptophytes and the geophytes were very similar on both slopes (Table IV).

Microclimate as well as grazing and trampling can explain the differences that exist between the two slopes when considering the successional trends on these pastures.

Deschênes (1966) found some differences in insolation, soil temperature and soil moisture content between north-facing and south-facing slopes. Soil temperature was higher on south-facing slopes while the opposite was true for the soil moisture content.

Because of the microclimatic conditions which are more severe on the south-facing slopes it is reasonable to accept the fact that, as the pastures mature, the least protected life-forms decrease on the south-facing slopes. The opposite can be said for the more protected life-forms (geophytes) which are better protected to sustain this difficult environment.

Because grazing and trampling were much less intense on the south-facing slopes (Deschênes 1966) the geophytes were less subjected to injury by the grazing animals.

On the north-facing slopes, on the other hand, the environmental conditions are more favorable but grazing and trampling are more intense (Deschênes 1966). This may explain the reasons for a decrease in rosette and decumbent hemicryptophytes as well as in geophytes whoses regenerating buds can be affected by the grazing animals, especially by trampling. As far as therophytes are concerned Cain (1950) stated that they are especially favored in weedy communities which develop where native vegetation has been disturbed. Since the young pastures can be considered as disturbed environments, it is reasonable to find a higher proportion of annuals on these young pastures. As the pastures mature, their quantitative decrease on both slopes can be

TABLE V

Life-form spectra based on species lists of the north- and the south-facing slopes of some regions of the Eastern North America deciduous forest. For explanation of symbols see Table I. Life-form values are in percentage.

Location	No. of species	P	Ch	H	G	Th	Authors
Piedmont, N.C.							
South-facing slopes	45	26.6	0.0	51.1	4.4	17.8	Oosting (1942)
North-facing slopes	84	45.2	3.6	25.0	27.4	0.0	
Cushetunk Mountain, N.J.							
South-facing slopes	112	32.1	1.8	46.4	12.5	7.1	Cantlon (1953)
North-facing slopes	86	41.8	1.2	41.8	15.2	0.0	
Itaska Park, Minnesota							
South-facing slopes	50	25.0	2.0	55.0	18.0	0.0	Miller & Buell (1956)
North-facing slopes	62	41.0	2.0	33.0	23.0	0.0	
Southeastern Michigan							
South-facing slopes	94	25.5	2.1	57.5	8.5	6.4	Cooper (1961) preliminary investigation
North-facing slopes	89	35.9	1.1	49.5	13.5	0.0	

attributed to the return of a more stable community while their high number, especially on the north-facing slopes, can be attributed to the effect of grazing which permits the introduction of this life-form (Cain 1950). Considering the pastures as a whole, they reflect an hemicryptophytic habitat as suggested by Cain (1950).

The great proportion of geophytes, especially on the south-facing slopes, is due to the dominance of *Poa pratensis*. Their prevalence on the south-facing slopes can be attributed to their protected regenerating buds which can overcome the severe conditions of these slopes.

The annuals play a variable role which can be difficult to resolve because, as stated by Cain (1950), "over-grazing and trampling which is so prevalent on grasslands, tend to increase the percentage of therophytes through the introduction and spread of weedy grasses and forbs of this life-form". The explanation for the great number of therophytes on pastures, especially on the north-facing slopes, can be the result of grazing and trampling. Deschênes (1966) found that the intensity of grazing and trampling was higher on the north-facing slopes consequently favoring the introduction of plants of this life-form.

Conclusion

The conclusions reached by Miller and Buell (1956) can also apply for the pastures. They stated that it is a reasonable assumption that the north-facing slopes are more suitable for plants than the south-facing slopes and it is also reasonable to find a higher proportion of plants with more protected perennating buds on the southerly slopes, the slopes with the more difficult climate. Miller and Buell (1956) added that several conditions tend to moderate the environmental conditions on the north-facing slopes during the colder seasons. The soil of northerly slopes is less subjected to freezing and thawing in fall and especially in spring. The snow cover remains for a longer period of time on the north-facing slopes thus modifying the soil conditions at and near the ground level. The insolation is much less intense on northerly slopes thus preventing high evaporation. These effects are especially important in the spring as shown by Aikman (1941) and Cantlon (1953).

Acknowledgment

The author is indebted to Dr. Murray F. Buell of Rutgers University, New Jersey for his guidance, assistance and helpful criticisms during the preparation of this manuscript, to Mr. J.-M. Girard for the correction of the manuscript and to the Conseil des Recherches Agricoles du Québec for its financial assistance.

References

- AIKMAN, J.-M., 1941. The effect of aspect of slope on climatic factors. *Iowa St. Coll. J. Sci.*, **15**: 161-167.
- ARCHARD, H. O. and M. F. BUELL, 1954. Life-form spectra of four New Jersey pitch pine communities. *Bull. Torrey bot. Club*, **81**: 169-175.
- BARD, G. E., 1952. Secondary succession on the Piedmont of New Jersey. *Ecol. Monogr.*, **22**: 195-215.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1932. Plant sociology (Transl. by H. S. Conard and C. D. Fuller). McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 439 pp.
- BUELL, M. F. and R. L. WILBUR, 1948. Life-form spectra of the hardwood forests of the Itaska Park region, Minnesota. *Ecology* **29**: 252-259.
- BUELL, M. F. and J. E. CANTLON, 1951. A study of two communities of the New Jersey pine barrens and a comparison of methods. *Ecology*, **31**: 567-586.
- CAIN, S. A., 1945. A biological spectrum of the flora of the Great Smoky Mountain National Park. *Butler Univ. bot. Stud.*, **7**: 11-24.
- CAIN, S. A., 1950. Life forms and phytoclimate. *Bot. Rev.*, **16**: 1-32.
- CANTLON, J. E., 1953. Vegetation and microclimate on north and south slopes of Cushe-tunk Mountain, New Jersey. *Ecol. Monogr.*, **23**: 241-270.
- COOPER, H. J., 1961. Relationship between plant life-forms and microclimate in south-eastern Michigan. *Ecol. Monogr.*, **31**: 31-59.
- DANSEREAU, P., 1945. Essai de corrélation sociologique entre les plantes supérieures et les poissons de la beine du lac Saint-Louis. *Revue can. Biol.*, **4** (3): 369-417.
- DANSEREAU, P., 1957. Biogeography, an ecological perspective. Ronald Press, New York, 394 pp.
- DANSEREAU, P., 1959. Phytogeographia laurentiana. II. The principal plant associations of the Saint Lawrence Valley. *Contr. Inst. bot. Univ. Montréal*, **75**: 1-147.
- DESCHÉNES, J.-M., 1966. Vegetation differences of north and south slopes of grazed pastures of Sussex County New Jersey. *Bull. N. J. Acad. Sci.*, **11** (1): 22-29.
- EVANS, F. C. and S. A. CAIN, 1952. Preliminary studies of the vegetation of an old-field community in southeastern Michigan. *Contr. Lab. vertebr. Biol. Univ. Mich.*, **51**.
- MILLER, H. C. and M. F. BUELL, 1956. Life-form spectra of contrasting slopes in Itaska Park, Minnesota. *Bot. Gaz.*, **117**: 259-263.
- OOSTING, H. J., 1942. Plant communities of Piedmont, North Carolina, *Am. Midl. Nat.*, **28**: 1-126.
- RAUNKIAER, C. 1934. The life-forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press, Oxford, 632 pp.
- STERN, W. L. and M. F. BUELL, 1951. Life-form spectra of New Jersey pine barrens forest and Minnesota jack pine forest. *Bull. Torrey bot. Club*, **78**: 61-65.

LA SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE QUÉBEC

Ses 40 ans de vie active

Les périodes d'après-guerre sont généralement propices au renouveau dans tous les domaines, particulièrement dans celui des sciences. C'est ainsi qu'au lendemain de la première grande guerre, des scientifiques de la région de Québec donnent un élan à la fois à la biologie, à la botanique, à l'entomologie et à la chimie. En effet, vers 1920, à la suite de la vulgarisation accrue des travaux de Carl von Linné (1707-1778), quelques québécois versés en sciences naturelles songent à se grouper pour fonder un cercle d'études dont le but principal est justement de répandre auprès des jeunes l'amour de la nature. Après rencontres, discussions et communications d'optimisme de toutes parts, la *Société Linnéenne de Québec* est fondée le 6 décembre 1929.

La réunion de fondation a lieu dans l'une des salles de l'Académie commerciale d'alors, au 20 de la rue Chauveau. Elle est due à l'initiative de M. Germain Beaulieu, avocat, dont le violon d'Ingres est l'entomologie. Un journal québécois publie le 13 décembre 1929 que « des naturalistes de la région de Québec fondent un nouveau cercle d'études ». Il mentionne qu'il existe à Québec depuis déjà de nombreuses années, plusieurs naturalistes qui travaillent seuls, sans appui et sans encouragement. Groupés dans un organisme de ralliement, ces naturalistes auront à l'avenir l'avantage de faire part à des confrères de leurs observations précieuses, de rencontrer des collègues doués du même feu sacré pour la nature et de partager avec eux la connaissance de la flore et de la faune du pays. À cette époque, il existe déjà à Québec une *Société Provancher d'histoire naturelle* et une *Société des Arts, Sciences et Lettres*, mais les membres de la *Société Linnéenne* veulent consacrer leurs efforts à la biologie, l'écologie, la zoologie, l'entomologie et la botanique. On désire également étudier la géologie et la minéralogie. En somme, la *Société Linnéenne* est une société qui désire non seulement étudier les sciences naturelles, mais les faire connaître par une vulgarisation appropriée auprès des jeunes.

Le premier conseil d'administration comprend Mgr Elias Roy, P.D., supérieur du Collège de Lévis, président, M. Germain Beaulieu, avocat, vice-président, et M. Omer Caron, botaniste, secrétaire-trésorier.

La nouvelle société décrit ainsi ses buts: « (1) l'étude et la vulgarisation des sciences naturelles au Canada, (2) le développement des travaux de recherches, (3) l'établissement de rapports scientifiques entre les naturalistes canadiens et étrangers ». Un article de la constitution prévoit l'affiliation de la *Société Linnéenne* à l'*Association Canadienne Française pour l'Avancement des*

Sciences et à tout autre groupe canadien ou étranger. On prévoit également la création d'une bibliothèque scientifique et d'un musée d'histoire naturelle. Enfin, on convient que *Le Naturaliste canadien* pourrait être l'organe officiel de la Société.

L'ardeur des fondateurs et de leurs disciples ne tarde donc pas à porter des fruits. Dès le 20 décembre 1929, la *Société Linnéenne de Québec* présente une conférence de M. Omer Caron sur l'histoire de la botanique dans la région de Québec. Le secrétaire-trésorier de la nouvelle société devient ainsi le premier d'une longue liste de conférenciers qui viendront régulièrement durant 40 ans intéresser les auditoires québécois.

C'est le premier octobre 1930 que la *Société Linnéenne de Québec* est acceptée dans les cadres de l'*Association Canadienne-Française pour l'Avancement des Sciences*. Le document est signé par M. Jacques Rousseau, secrétaire de l'ACFAS, qui viendra par la suite et plus particulièrement en 1969 participer aux activités de cette *Société Linnéenne*.

En 1931, M. Omer Caron représente la *Société Linnéenne* à la réunion annuelle de l'ACFAS et rapporte que la Société dont il est secrétaire compte 38 membres, dont neuf s'occupent de botanique, huit de zoologie ou entomologie, trois de minéralogie et de géologie, quatre de biochimie et trois de biologie générale. La *Société Linnéenne* est donc bien lancée. Il est vrai que ses effectifs comptent des hommes exceptionnels comme MM. Georges Maheux, entomologiste, Arthur Robitaille, prêtre du Séminaire de Québec et professeur de sciences naturelles, Carl Faessler, chimiste, professeur à Laval, Elphège Bois, chimiste, professeur à Laval, Pellerin Lagloire, agronome, le frère Germain, directeur de l'Académie de Québec et le frère Joachim, géologue, professeur à l'Académie de Québec. Sont également membres de la *Société Linnéenne*, MM. A. Bourget, ing. f., Fernand Boutin, ing. f., A. Bussière, entomologiste, Elzéar Campagna, agronome, J.H. Lavoie, ing. f., Edmond Yourans, agronome, Auguste Scott, agronome, L.Z. Rousseau, ing. f., Robert Gagnon, J. Lessard, P. C. Robitaille et Moïse Gagnon.

Au tout début de ses activités, la jeune société organise une exposition d'histoire naturelle qui contribue à faire connaître ses membres et leurs diverses disciplines à la population de Québec. Puis, les causeries par des scientifiques se succèdent à un rythme souvent accéléré. M. Carl Faessler traite des minerais métallurgiques; M. Lionel Daviault parle de l'utilisation des insectes entomophages; M. Georges Préfontaine décrit les merveilles de la faune océanique; M. Willie Laverdière donne un aperçu de la géologie du Québec; M. Armand Brassard vante les avantages culturels et scientifiques du jardin zoologique de Charlesbourg.

D'autres conférenciers traitent des « Traces glacières le long de la Côte nord du Saint-Laurent », « Des plus anciens fossiles connus », d'une « Page célèbre de l'abbé Provancher », de la « Dératisation », des « Gisements d'or

dans la Beauce », de la « Survivance de l'original », « Du feu et de la forêt de conifères », « Des nouveaux usages du bois », de la « Flore estuarienne du Saint-Laurent », du « Sens social chez les animaux », de la « Lutte contre les moustiques », etc.

Le rapport présenté à l'ACFAS pour l'année 1933-34 indique 20 causes au programme de la *Société Linnéenne* durant les derniers 12 mois.

Le 20 septembre 1935, le frère Germain, alors président, annonce qu'à l'avenir les réunions des membres auront lieu à l'amphithéâtre de physique de l'université Laval, « vu que cette salle est plus confortable et plus grande pour l'assistance de plus en plus nombreuse, que la bibliothèque de l'Académie commerciale ». Les activités sont donc suivies non seulement par les scientifiques, mais aussi par de nombreux amateurs.

Au dixième anniversaire, soit le 6 décembre 1939, Mgr Alexandre Vachon, archevêque-coadjuteur élu du diocèse d'Ottawa vient saluer les membres de la Société et les encourager dans leur oeuvre. Dans l'auditoire de cette réunion spéciale, se trouvent, en fait, plusieurs de ses anciens élèves du Petit Séminaire de Québec et de ses anciens étudiants de l'école de chimie de l'université Laval.

L'élan se poursuit, les effectifs augmentent, des idées nouvelles surgissent. Diapositives et films cinématographiques font maintenant partie du programme des réunions publiques. La société est évidemment plus riche en personnalités et en effectifs scientifiques qu'en moyens pécuniaires. Cependant, elle fait quelques dons pour encourager des bibliothèques à se procurer des livres de sciences naturelles. Elle insiste surtout sur la mise en disponibilité auprès des jeunes de manuels élémentaires qui pourront susciter des vocations scientifiques.

Un moyen d'atteindre les objectifs de la Société est mis de l'avant en octobre 1945 par M. Pellerin Lagloire qui rêve alors d'une fédération des sociétés d'histoire naturelle du Canada. Il organise à cette époque des excursions en pleine nature à l'intention des jeunes. Ces excursions sont couronnées par des expositions dans les cadres des cercles de jeunes naturalistes. La société encourage le mouvement et contribue de ses deniers à la publication du bulletin « *Le Naturaliste canadien* ».

Au vingtième anniversaire de la Société, les membres prennent le temps de jeter un regard sur le passé et de réétudier les moyens d'atteindre les objectifs proposés en 1929. Le président, M. Wilfrid Corriveau, propose d'ajouter la mycologie au programme des activités. Il organise avec M. René Pomerleau des cours pratiques sur les champignons comestibles. Ces cours sont complétés par des excursions et visites sur le terrain en vue de l'identification, de la classification et de la collection de spécimens. Cette initiative soulève un tel enthousiasme que bon nombre de membres se groupent en un club de mycologues. Ce groupe demeure au départ affilié à la *Société Linnéenne*, mais participe à

des activités particulières, entre autres à des dégustations de champignons et même à des études gastronomiques.

L'université Laval qui semblait peut-être indifférente à la naissance de la *Société Linnéenne* il y a 25 ans, ne peut demeurer étrangère à ses activités en 1954. En effet, c'est par une réception qu'elle veut marquer les noces d'argent de cette société. À cette occasion, on souligne le travail des pionniers, on rend hommage à tous les scientifiques qui, à tour de rôle, prennent la relève au conseil d'administration, on formule des vœux « pour la suite du monde » dans cette oeuvre, devenue aujourd'hui nécessaire aux professeurs, aux praticiens et à la population de la région de Québec.

Le vingt-cinquième anniversaire est aussi marqué par un dîner-causerie dont l'invité principal et conférencier est le directeur du service des parcs de la ville de Montréal, M. Claude Robillard. À cette célébration, on remarque la présence de M. Adrien Pouliot, doyen de la Faculté des Sciences de Laval, de M. Arthur Labrie, sous-ministre de la Chasse et de la Pêche, de Mgr A.-M. Parent, recteur de l'université Laval, de Mgr Robert Dolbec, secrétaire de la même institution, de M. Claude Geoffrion, secrétaire de l'ACFAS. La manifestation est présidée par M. Louis Lemieux, président de la *Société Linnéenne*.

Si les causeries qui se succèdent depuis la fondation de la Société sont nombreuses et traitent de sujets variés, on constate tout de même que l'auditoire se fait plus restreint et qu'il faut modifier la formule. En 1957, grâce à un heureux concours de circonstances, le président de la Société trouve une solution au problème : il retient les services d'un conférencier de renommée internationale : Albert Mahusier. De fait, le nombre des membres à partir de cet événement s'élève à 450. Il faut donc changer de local et les réunions se tiennent dorénavant à la salle de l'Institut Canadien.

L'enthousiasme est grand devant ce succès et il se manifeste par une réalisation très chère à tous les membres de la Société et aux fervents des sciences naturelles : l'érection d'un monument de fort bon goût en l'honneur de Carl von Linné. Il convient de signaler les efforts du président, M. Georges Leclerc pour réaliser ce projet comme il sied de mentionner la générosité de la Carrière Deschambault, le talent du sculpteur Vallières de Saint-Romuald et la collaboration de l'Institut de Technologie de Québec. La *Société Zoologique de Québec* accepte gracieusement d'installer le monument sur le terrain du jardin zoologique. Cet événement historique se déroule en juillet 1958.

Moins d'un an plus tard, soit le 12 juin 1959, une assemblée générale spéciale est convoquée. Il s'agit d'étudier l'offre faite par le ministère des Pêcheries du Québec à la *Société Linnéenne* d'administrer un restaurant et un comptoir-souvenirs dans l'édifice de l'Aquarium du Centre biologique. Les membres acceptent la proposition et les règlements nécessaires sont adoptés. On espère par ce moyen assurer des revenus supplémentaires à la Société et ainsi aider davantage la cause de la vulgarisation des sciences naturelles.

Cependant, les causeries continuent et les membres assistent toujours nombreux à ces intéressantes soirées. Le président Leclerc qui a donné un élan nouveau à la Société doit malheureusement abandonner ses activités. Un professeur de biologie à l'université Laval, M. Gaston Moisan, prend la relève. L'Aquarium, récemment ouvert au public, compte déjà 200,000 visiteurs au cours de 1959. La Société enregistre certains bénéfices de la gestion du restaurant et du comptoir-souvenirs et ses membres étudient la façon de les utiliser. Il est alors décidé que des professeurs de sciences naturelles soient envoyés parfaire leurs connaissances à un camp Audubon et que des allocations soient versées à des jeunes étudiants pour un séjour au Camp des Jeunes Explorateurs sous la direction du frère Léo Brassard, C.S.V.

À l'assemblée générale de 1961, M. Robert Lagueux de l'université Laval est élu président et c'est sous son administration que sont organisées les visites-écoles à l'Aquarium. En effet, la Société défraie les honoraires de guides-moniteurs pour les écoliers qui visitent l'Aquarium et le coût de transport de ces écoliers. En cette même année, la Société prend aussi l'initiative de former, avec le concours d'autres groupements intéressés, un comité d'histoire naturelle dont l'objectif immédiat est de « préserver la collection d'histoire naturelle, présentement dans une situation déplorable au Musée provincial ». Cette collection remise en bon état est aujourd'hui conservée au Centre audio-visuel de la Commission des Écoles Catholiques de Québec, situé sur la rue Bourlamaque.

L'Aquarium de Québec, qui relève depuis son érection du ministère des Pêcheries, passe en 1963, sous la juridiction du ministère de l'Industrie et du Commerce. La Société y tient ses réunions, mais l'assistance aux conférences publiques diminue en raison de l'éloignement du centre de la ville de Québec. Tout de même, les nombreuses activités du Centre biologique s'intègrent à celles de la Société. Ainsi, du premier janvier au 30 septembre 1963, les visites-écoles régulières amènent 2,095 écoliers à l'Aquarium. De plus, durant les mois de juin, juillet, août et septembre de la même année, 5,470 membres de Jeunes Naturalistes, de clubs 4-H, de Colonies de vacances et de troupes scoutes viennent visiter le Centre biologique.

En 1967, les autorités du ministère de l'Industrie et du Commerce décident de ne concéder à la *Société Linnéenne* que le comptoir-souvenirs. Il faut donc de nouveau modifier les activités et songer à une orientation différente. Sous la présidence de M. Benoît Dumont, les conférences publiques sont maintenant données dans la grande salle du Centre audio-visuel de la Commission des Écoles Catholiques de Québec, rue Bourlamaque. Le président invite alors plusieurs grands explorateurs français à venir causer devant l'auditoire de la Société et dérouler de magnifiques films se rapportant à leurs voyages. Il obtient la participation de plusieurs sociétés pour élaborer un programme de conférences publiques qui tiennent compte des activités des autres groupements. En plus de maintenir les visites-écoles au même rythme, il propose d'augmenter

les allocations afin d'envoyer plus de jeunes dans divers camps de sciences naturelles comme ceux des Jeunes Explorateurs, du Camp Marie-Victorin, du Camp Chicobi, etc. D'autre part, des membres réunissent des groupes de jeunes intéressés à l'identification des arbres et à la nidification des oiseaux. Enfin, la Société s'applique de plus en plus à faire connaître ses activités par la presse, la radio et la télévision.

C'est dire que la Société atteint 1969 avec un conseil d'administration et des membres qui possèdent la même ardeur que les fondateurs. Il est donc normal qu'elle souligne ses 40 ans d'existence en faisant état de ses services et en rendant hommage à toutes les personnes qui de loin ou de près l'ont soutenue dans ses oeuvres. Si le président actuel, M. René Lavoie la dirige avec compétence et sagesse, c'est qu'il suit l'exemple donné par des prédécesseurs comme le père J.M. Fournier, M. Jean-Louis Tremblay, M. Noël Co-meau, l'abbé Alexandre Gagnon, Mgr Robert Dolbec, MM. Dominique Gauvin, Lionel Daviault, Paul-E. Auger, et messieurs Richard Cayouette, Yves Desmarais, Pierre Trudel, et Jean-Claude Caron. Il s'inspire également de quelques-uns de ses membres distingués qu'on a vus durant quelques années à la présidence de l'ACFAS : Mgr Alex. Vachon, M. Adrien Pouliot, M. Georges Maheux, Messieurs Henri Roy, A.-O. Dufresne et l'abbé W. Laverdière. En cette année 1969, on ne peut formuler de meilleur souhait que : « Longue vie et bonne santé à la Société Linnéenne de Québec ».

Gérard Dumont, sec.
Société Linnéenne de Québec

REVUE DES LIVRES

CARBONNEAU, R., 1969. **Travaux pratiques. Biologie.** Guérin, Montréal. 170 p., 48 fig. 22 x 20 cm. Broché.

Ce manuel de travaux pratiques est destiné aux classes terminales de l'enseignement secondaire. La présentation est celle d'un bloc-notes où seuls les feuillets recto sont imprimés : l'utilisation de cet ouvrage s'accommode d'ailleurs fort bien de ce format.

L'auteur décrit seize séances de laboratoire qui font chacune référence à un chapitre du livre de Couillard, Demers, Desmarais, Drainville et Pirlot « L'homme dans son milieu ». Un paragraphe d'introduction — très utile — traite en quelques lignes des connaissances essentielles nécessaires à la préparation des solutions aqueuses. Puis, divers aspects de la biologie sont abordés — cytologie, physiologie, biochimie, génétique — cela chez les animaux, comme chez les végétaux.

Chaque exercice est très bien structuré : référence, généralités et but de l'expérience, matériel requis, protocole expérimental, résultats et discussion. Le dernier paragraphe comporte notamment quelques questions susceptibles d'éveiller l'esprit critique de l'élève. On notera que la plupart des manipulations ne font appel qu'à un matériel restreint que chaque école secondaire peut se procurer facilement.

Cet ouvrage constitue une bonne base de travail ; toutefois, certaines séances nous paraissent difficilement réalisables en une période de quarante cinq minutes et il est à souhaiter, comme le souligne l'auteur lui-même, que « deux périodes hebdomadaires réservées à cette fin soient groupées ».

Josiane VERDIER

BLOT, J., GINSBURG, L. et VASSEUR A., 1968. **Sciences naturelles.** Classe de 5e. Éditions de l'École, Paris. 158 p., 262 fig. 22 x 17.5 cm. Relié.

BLOT, J., 1968. **Cahier de travaux pratiques** (Sciences Naturelles). Classe de 5e. Éditions de l'École, Paris. 128 p. 27 x 21 cm. Broché.

Voici un livre de sciences naturelles sur les groupes végétaux inférieurs (champignons, algues, mousses, fougères, etc.) et les invertébrés qui s'adresse aux étudiants du cours secondaire.

Le volume est bien fait. Les auteurs observent la progression évolutive des êtres vivants telle qu'on la retrouve généralement dans les volumes de botanique et de zoologie. Il manque cependant un tableau général de classification des êtres vivants.

Les chapitres sont bien divisés, un par embranchement et même un par classe pour certains embranchements importants. La matière contenue dans chaque chapitre est succincte mais bien présentée. Les termes employés sont exacts. Les mots nouveaux ou importants sont écrits en caractères gras. Chaque chapitre se termine par un résumé qui rappelle aux élèves les principales caractéristiques du groupe étudié tout en leur permettant de faire le lien entre les divers groupes. Même si le volume a été fait en France, les exemples choisis sont assez généraux pour être utilisables en notre milieu.

Le volume est abondamment illustré en couleur et en noir et blanc. Ces illustrations de qualité complètent très bien le texte et seront précieuses pour familiariser les élèves avec les êtres vivants considérés par ce cours.

Le cahier de travaux pratiques accompagne et complète le volume théorique. Chaque exercice comporte des questions propres à attirer l'attention des étudiants sur les points importants. On a prévu des espaces pour dessiner les choses observées et l'on fait faire des comparaisons entre les différentes classes d'un même embranchement. Les exercices proposés nécessiteront cependant des séances assez longues de travaux et un matériel diversifié. Certains travaux seront peut-être difficiles à réaliser avec de jeunes élèves.

Il semble que ce volume et son cahier de travaux pratiques seraient très appropriés pour introduire l'étude des végétaux inférieurs et des invertébrés. Ils seront sans doute appréciés des professeurs et des étudiants de notre cours secondaire.

Andrée et René LAVOIE

LECLAIR, A. et ESSETTE, H., 1968. **Les Bolets.** *Atlas Mycologiques*, vol. 2. Paul Lechevalier, Paris. 148 p., 64 pl. coloriées d'après les aquarelles de Henri Essette, 8 pl. noires. 28 x 22 cm. Relié, 250 F.

Les Éditions Paul Lachevalier, dont les publications sur les champignons forment un monument par leur nombre et leur qualité, inaugurerait en 1961 une nouvelle série sous le titre général d'*Atlas mycologiques*, avec l'ouvrage admirablement illustré de Henri Essette sur les Psalliotes. Le deuxième volume de cette série, intitulé « Les Bolets », nous apporte le fruit de la longue expérience pratique de monsieur Albert Leclair et les reproductions fidèles des superbes aquarelles de monsieur Henri Essette. Nous connaissons bien les auteurs de ce livre pour avoir parcouru avec eux quelques forêts de France à la recherche de champignons supérieurs. Le premier a passé la plus grande partie de sa vie à Bellême dans le Perche, cette province de France d'où un grand nombre des ancêtres des Canadiens français partirent pour la Nouvelle France au 17^e siècle. Par son commerce continu et patient avec les champignons, cet autodidacte a maîtrisé ce domaine de l'histoire naturelle au point de connaître la totalité des espèces charnues qui croissent dans cette partie de la France et peut-être dans l'ensemble de sa patrie. A plusieurs occasions, nous avons pu mesurer l'étendue de son savoir et constater qu'il n'hésitait jamais devant un champignon récolté dans le Perche, la Normandie et le Poitou. Solidement étayée sur les ouvrages français et européens, anciens et modernes, cette somme de connaissance, acquise dans la nature elle-même, a valu à celui-ci une notoriété que la plupart des mycologues français lui accordent volontiers. M. Henri Essette, dont les aquarelles sur les champignons supérieurs comptent parmi les plus belles et les plus fidèles, est aussi un mycologue autodidacte. Officier à la retraite et antiquaire, ce parisien a consacré ses loisirs à l'étude des champignons dans tout le territoire français et exercé son talent artistique à la préparation des planches coloriées qui ornent son ouvrage sur les Psalliotes et qui illustrent avec un si haut degré de perfection cet atlas sur les Bolets. A l'instar des abbés Bourdot et Bresadola et de nombreux autres soi-disant amateurs, français européens et américains, ces auteurs ont apporté des contributions précieuses à la science grâce à leur travail de bénédictin, et à leur sens aigu de l'observation.

Outre l'atlas proprement dit, ce volume comprend une première partie sur les traits généraux des bolets et une deuxième sur les caractères particuliers des principaux genres et sous-genres. Ces nations présentent un intérêt authentique pour tous ceux qui veulent s'initier à ce groupe attrayant mais difficile. Exprimées en termes simples mais précis,

elles aiguillent l'attention sur les points essentiels à observer pour déterminer les espèces et décrire le milieu où croissent ces champignons, et dégagent, des connaissances scientifiques, les données principales qui peuvent aider à reconnaître ces plantes. Une clé des genres, sous-genres et espèces constitue la deuxième partie. Ces divisions, généralement utilisées en France à la suite de Kühner et Romagnesi et de Roger Heim, correspondent sensiblement à celles ordinairement reconnues dans le reste du monde, sauf la nomenclature des genres *Ixocomus*, *Krombholzia* et *Tubiporus* que le plus souvent l'on désigne ailleurs par *Suillus*, *Leccinum* et *Boletus sensu stricto* et l'omission des coupures telles que *Boletellus*, *Fuscoboletinus* et *Pulveroboletus* soit parce qu'ils n'existent pas en France ou qu'on ne les ait pas acceptées. Cependant, les traits essentiels de ces genres et sous-genres semblent suffisamment clairs, concis et délibérément émondés des caractéristiques microscopiques ou chimiques, pour permettre à l'amateur de reconnaître ces groupes dans la nature.

Mais l'atlas proprement dit, avec ses 64 magnifiques planches coloriées, reste la partie principale de l'ouvrage. Grâce à ces aquarelles, dont il existe peu d'équivalents pour la précision et la beauté, nous avons l'impression de mieux connaître les bolets de France. Sans doute, les européens profiteront de ce travail qui résume tant d'années de patientes recherches. Pour nous Nord-Américains, nous pouvons utiliser avec avantage ces illustrations lorsque l'on veut se représenter les entités décrites en Europe et que nous croyons reconnaître de notre côté de l'Atlantique. Aussi, nous sommes bien familiers avec les espèces suivantes: *Phylloporus rhodoxanthus*, *Boletinus cavipes*, *Ixocomus* (*Suillus*) *luteus*, *granulatus*, *placidus*, *piperatus*, *Xerocomus parasiticus*, *chrysenteron*, *versicolor*, *subtomentosus*, *badius*, *Tyloporus felleus*, *Botetus edulis*, *aereus*, *reticulatus*, *Krombholzia* (*Leccinum*) *aurantiacus*, *rufescens* (*testaceo-scabrum*), *oxydabilis*, *holopus* (*nivalis*), *duriusculus*, *Porphyrellus porphyroporus* (*pseudoscaberr*), *Gyroporus cyanescens*, *castaneus*, *Strobilomyces strobilaceus* (*floccopus*). En revanche nous ne trouvons pas ici *Ixocomus* (*Suillus*) *tridentatus*, *flavidus*, *leptopus*, *littoralis*, *lignicola*, *variegatus*, *bovinus*, *Xerocomus pulverulentus*, *vaccinus*, *tumidus*, *leoninus*. *Boletus pinicola*, *fragrans*, *aestivalis*, *calopus*, *pachypus*, *Queleti*, *Dupaini*, *purpureus*, *lupinus*, *satanas*, *torosus*, *Krombholzia* (*Leccinum*) *lepidus*, *carpini*, *Gyrodon lividus*. D'autre part, nous pourrions comparer ces illustrations avec des entités nord-américaines. Nous constatons, par exemple, que l'*I. viscidus* d'Europe ne correspond pas très bien à l'espèce que nous connaissons maintenant sous le nom de *Fuscoboletinus aeruginascens*. Il faudrait peut-être donner un autre nom à notre champignon gris lié au mélèze. L'*I. elegans*, pourrait à la rigueur ressembler à notre *Suillus grevillei*, bien que la forme représentée nous paraît trop élancée et pâle. Quant à l'*I. sulfureus*, qui serait *Pulveroboletus hemichrysus* selon Singer, le dessin que les auteurs en donnent nous aidera à mieux définir la parenté qui peut exister entre une entité jaune que l'on trouve aux États-Unis et parfois même au Canada et celle d'Europe. La planche représentant le *X. cramesinus* élimine les doutes que l'on pouvait avoir sur l'identité de notre *Pulveroboletus auriporus* (Peck) Sing. si bien illustré dans l'*Icones Farlowianae*. Mentionnons aussi le cas du *Boletus regius* qui ressemble étonnamment à notre *B. speciosus* Frost. L'image du *B. erythropus* soulève pour nous le problème de la liaison qu'il peut exister entre notre *B. subvelutipes* Peck, et cette espèce européenne que nous avons vu au Salon du Champignon à Paris et dans le Perche avec M. Leclair. Quelques échantillons européens s'ornaient de touffes de poils bruns à la base du pied et d'un cerne rouge betterave à l'intérieur comme chez le *B. subvelutipes*. Au surplus, nous trouvons ici au Québec une variété jaune de la même espèce qui ne diffère pas du *B. junquilleus* que les auteurs de ce volume semblent rapprocher du *B. erythropus*. Parmi les *Krombholzia*, l'illustration de *K. crocipodius* nous rappelle une entité canadienne que nous avons temporairement nommé *L. nigrescens*. Enfin, le *K. lepidus* Bouchet n'existerait pas ici et ne ressemble pas à l'entité aux pores chocolats que nous connaissons sous le nom de *Leccinum eximium* (Peck).

Cette énumération et ces exemples suffisent à montrer l'intérêt que présente cet atlas magnifiquement illustré pour les agaricologues tant européens qu'américains. Sans doute nous regrettons que les Paxilles et les Gomphides n'aient pas été représentés en planches polychromes et que la nomenclature internationale ne soit pas toujours acceptée, mais cela n'enlève rien à la valeur iconographique indiscutable de cet ouvrage que tous ceux qui s'intéressent ou étudient les bolets devraient posséder.

René POMERLEAU

YON, J., 1969. **Structure et dynamique conformationnelle des protéines.** Hermann, Paris. 320 p., 88 fig., 3 ill. hors-texte en quatre couleurs. 15 x 22 cm. Broché sous couverture métallisée, 45 F.

Cette récente publication est une addition précieuse à la littérature scientifique de langue française. C'est avec une maîtrise et une compétence remarquable que l'auteur a réussi à traiter d'un sujet aussi vaste et aussi complexe. Même s'il est de niveau assez avancé, ce volume est d'une clarté telle qu'il peut être lu avec aisance par tout scientifique possédant de bonnes connaissances de base en chimie des protéines et en physicochimie. En effet, l'auteur ne ménage pas les traitements physico-chimiques nécessaires à l'analyse quantitative de bon nombre de comportements des molécules de protéines, ce qui en facilite une meilleure compréhension.

Le lecteur est tellement absorbé par le traitement moléculaire de cette classe de polymères qu'il en oublie presque son importance biologique. L'auteur lui explique cependant à la toute fin du volume comment sont liés les phénomènes de transformations des protéines et l'activité enzymatique.

Le volume est abondamment illustré de 88 figures claires et dégagées. Chacun des chapitres est accompagné d'une riche bibliographie du sujet traité et l'on y note un souci de l'auteur de présenter des théories s'appuyant sur des recherches récentes.

Cet ouvrage devrait être considéré comme un outil indispensable à tout professeur de chimie des protéines ou d'enzymologie.

P. TAILLEUR

ÉNUMÉRATION DES PLANTES DU CANADA

par Bernard BOIVIN

Herbier Louis-Marie, Université Laval

et

Ministère de l'Agriculture, Ottawa

« Provancheria », N° 6

Extrait de la revue *Le naturaliste canadien*, Volumes 93 et 94.

Liste des espèces, variétés, formes et hybrides de plantes vasculaires reconnues comme spontanées au Canada. Une bibliographie pertinente précède chaque genre. L'auteur présente la distribution géographique de chacun des taxons au nord des États-Unis, dans une perspective critique. Les botanistes y trouveront une mine de renseignements de première valeur.

An enumeration of the species, varieties, forms and hybrids known as spontaneous in Canada. Nearly all genera are preceded by an essential bibliography of recent monographs and other main papers relevant to each genus in Canada. Each taxon is followed by an abbreviated summary of its distribution north of the U.S.A. A distinction has been made between verified and unverified distributions and, in the latter case, whether or not justifying collections have been located yet.

7 x 10, 460 p., broché, \$ 9.00.

En vente

aux

PRESSES DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

C. P. 2447, Québec 2, Canada



Sommaire

Modification du métabolisme des protéines au cours de l'endurcissement au froid du blé d'hiver	M. V. BRIQUET, H. P. THERRIEN et E. A. ROCHAT	895
Comportement de certaines variétés de trèfle blanc sous paissance simulée	PAUL GERVAIS	903
Dénombrement des chromosomes chez quelques cyprins	PIERRE LEGENDRE et DAVID M. STEVEN	913
The Arctic char, <i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus), of Matamek Lake, Qué- bec	LLYOD H. SAUNDERS and G. POWER	919
Synopsis of nearctic ichneumoninae stenopneusticae with particular refe- rence to the northeastern region (Hymenoptera) — Supplement 1	GERD H. HEINRICH	935
Life-form spectra of contrasting slopes of the grazed pastures of Northern New Jersey	JEAN-MARC DESCHÊNES	965
La Société Linnéenne de Québec. Ses 40 ans de vie active	GÉRARD DUMONT	979
REVUE DES LIVRES		985
SOMMAIRE GÉNÉRAL DU VOLUME 96		II
INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS AVEC TITRES		IIV