

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111
NUMÉRO 1
1984

UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

LE NATURALISTE CANADIEN

Revue d'écologie et de systématique

CN ISSN 0028-0798

RÉDACTEUR

GUY LACROIX

RÉDACTEUR-ADJOINT

PIERRE MORISSET

ADMINISTRATEUR

NORBERT LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

CYRILLE BARRETTE, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval*

ANDRÉ BOUCHARD, *Institut botanique, Université de Montréal*

CARL M. BOYD, *Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax*

EDWIN BOURGET, *Département de biologie, Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Département des sciences biologiques, Université de Montréal*

JEAN-MARC DESCHÊNES, *Station de recherches, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec*

FERNAND M. GAUTHIER, *Direction générale de la recherche et de l'enseignement, Ministère de l'Agriculture du Québec*

PIERRE LEGENDRE, *Département de sciences biologiques, Université de Montréal*

WILLIAM C. LEGGETT, *Département de biologie, Université McGill*

JEREMY MCNEIL, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD J. R. PHILOGÈNE, *Département de biologie, Université d'Ottawa*

Publication trimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) publie des articles *inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche en écologie, en systématique et dans certains domaines apparentés. La revue s'intéresse également aux aspects appliqués, notamment dans la perspective des ressources agricoles, forestières et halieutiques du Québec et du Canada oriental et nordique.

LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) est publié grâce à des subventions du Fonds F.C.A.C. du Québec pour l'aide et le soutien à la recherche et du Conseil de la recherche en sciences naturelles et en génie du Canada.

Les manuscrits doivent être expédiés à l'adresse suivante : LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

Toute correspondance touchant les abonnements ou les droits de reproduction doit être adressée aux Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4. L'abonnement annuel est de \$ 17 (personnel), \$ 19 (personnel, étranger) et \$ 34 (collectif, *multi-user*). Le numéro régulier se vend \$ 5.

Répertorié dans Biological Abstracts, Asher's
Guide, Botanical Periodicals, RADAR et Périodex

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement n° 1768

Dépôt légal — Premier trimestre 1984. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

**PRINCIPES ET DÉVELOPPEMENT
DE LA CLASSIFICATION DES PLANTES**

Les trois articles qui suivent sont issus d'un colloque organisé par la Société botanique du Québec à l'occasion du 51^e congrès de l'Association canadienne-française pour l'Avancement des Sciences (ACFAS) à Trois-Rivières en mai 1983. Il s'agissait du troisième colloque annuel de la Société botanique du Québec, les deux précédents ayant été consacrés à l'étude des mauvaises herbes (en 1981: Bull. Soc. bot. Québec, n° 3, 46 p., 1982) et à des problèmes de biogéographie floristique (en 1982: Bull. Soc. bot. Québec, n° 5, 62 p., 1983).

Depuis une cinquantaine d'années au moins, la systématique des plantes semble se renouveler et changer d'orientation à chaque génération. La biosystématique prit naissance dans les années trente et connut son développement maximum au cours des deux décennies qui suivirent; elle s'appuyait surtout sur des méthodes expérimentales (cultures comparatives, croisements) et des études chromosomiques. Au cours des années soixante, on assista à l'essor de la taxonomie numérique et les systématiciens eurent tendance à délaisser serres et parcelles d'expérimentation pour s'enfermer dans des salles d'ordinateur. À ce moment-là, les préoccupations antérieures des taxonomistes pour la phylogénie et les mécanismes de l'évolution s'éclipsèrent devant l'approche phénétique prétendument plus objective. Maintenant, la systématique redevient phylogénétique sous l'étiquette et les méthodes du cladisme. Cependant, les approches antérieures ne deviennent pas périmées pour autant; au contraire, les outils de la biosystématique et de la taxonomie numérique sont plutôt devenus des pratiques courantes de la systématique.

À l'heure où cladistes et phénéticiens s'affrontent dans les congrès internationaux, où la biosystématique continue à croire en l'avenir en empruntant des méthodes à la biologie moléculaire, et où la quantité et la diversité des données sur lesquelles s'appuient les systèmes de classification connaissent une expansion considérable, il nous a semblé opportun de consacrer un colloque à des problèmes très généraux de systématique végétale, plus précisément aux critères de validité des systèmes de classification et des méthodes numériques, dans une perspective historique autant qu'actuelle. Ce colloque fut planifié et organisé par M. Denis Barabé, du Jardin botanique de Montréal, et était sous la présidence du soussigné.

Pierre Morisset

SYSTÈME ET MÉTHODE EN TAXONOMIE: ADANSON, A.-L. DE JUSSIEU ET A.-P. DE CANDOLLE

R. BERNIER

Département de philosophie
Université de Montréal
Montréal, Québec H3C 3J7

Résumé

En guise d'introduction, l'auteur veut d'abord cerner les difficultés particulières à l'étude de la classification botanique au XVIII^e siècle. La suite de l'exposé comprend deux parties: (1) une étude de la notion de système et de ses implications pour la classification; (2) une analyse de la méthode naturelle chez Adanson, A.-L. de Jussieu et A.-P. de Candolle. Cette deuxième partie veut dégager les principes utilisés par ces trois botanistes et les résultats taxonomiques atteints. Elle soulève la difficulté de juger les critères utilisés à l'intérieur de systèmes non génétiques. En conclusion, l'auteur tente de situer la démarche des trois auteurs étudiés dans l'évolution de la connaissance botanique.

Abstract

In her introduction, the author points out difficulties specific to plant classification in the 18th century. The rest of the paper comprises two parts: (1) a discussion of the concept of system and its implication for classification; (2) an analysis of the natural method of Adanson, Jussieu and de Candolle. In this second part, an attempt is made to spell out the principles applied by those three botanists and the taxonomical results they reached. The author raises the problem of how to evaluate criteria that are being used within systems described in non-genetic ways. In her conclusion, she tries to evaluate the impact of those three botanists on the development of their discipline.

Introduction

«Savoir le nom d'un objet, ce n'est pas le connaître!»
(A.-P. de Candolle, *Théorie élémentaire de la botanique*,
1813, p. 52).

Cet énoncé d'un botaniste à juste titre célèbre pourrait susciter un bon nombre de commentaires, d'ordre aussi bien historique que philosophique. D'une part, il indique en quelque sorte un constat, peut-être pas d'échec, mais tout au moins d'insatisfaction devant les résultats de nombreux travaux de nomenclature et de synonymie végétales des trois siècles précédents. Un grand nombre de ces travaux avaient pour but de permettre à l'étudiant botaniste de nommer la plante observée. C'était d'ailleurs encore l'un des objectifs proposés par Lamarck dans sa *Flore Française* (1778, p. L).

D'autre part, cet énoncé fait naître les questions philosophiques suivantes: (1) qu'est-ce que connaître? et (2) quelles relations existent entre nommer et connaître? Je vais d'abord tenter de

répondre à la seconde question. Je pourrais m'attarder à une étude de la théorie du langage, mais là n'est pas mon intention. Je me contenterai de rappeler qu'en botanique tout comme en zoologie d'ailleurs, le nom vernaculaire, purement conventionnel, varie avec chaque langue. La situation est différente, cependant, en ce qui concerne le nom scientifique car celui-ci est unique, de sorte que le même terme désigne la même réalité pour les savants du monde entier. L'attribution d'un nom scientifique implique l'identification de la plante. S'il existe déjà une diagnose du taxon auquel cette plante appartient, l'identification du spécimen est aisée. Mais si aucune diagnose antérieure ne convient au spécimen qu'il faut identifier et nommer, comme ce fut souvent le cas lorsqu'Adanson découvrit la flore tropicale du Sénégal, la chose n'est pas aussi facile. Il faut alors construire une diagnose. Mais cela exige une connaissance et de nouveau surgit la question précédente: qu'est-ce que connaître un organisme? C'est arriver à se former un concept de ce *qu'est* cet organisme, de son *quid est* disaient

les Latins, c'est-à-dire de ce qui fait qu'il est ce qu'il est, de ce qui le détermine comme entité spécifique, distincte des autres entités. C'est là, je l'admets, une thèse essentialiste. C'est une position de philosophe, direz-vous? Non pas uniquement, puisque c'est la question fondamentale que, depuis des siècles, se sont posée les naturalistes, explicitement ou implicitement.

La réponse à cette question est loin d'être aisée. Une première difficulté surgit du fait que le nombre de caractères que possèdent les plantes est relativement restreint. Les traits de divergence entre les groupes étant peu nombreux, les mêmes structures se retrouvent chez des végétaux pourtant différents de sorte que la classification végétale ne tient pas compte uniquement de la présence ou de l'absence d'un caractère, mais accorde une importance considérable aux variations de ce caractère selon la position, les dimensions, le nombre, etc.

Une deuxième difficulté vient du fait que les structures molles des plantes ont échappé en très grande partie à la fossilisation. La paléobotanique, sans être dépourvue de données fossiles (bois, pollen, feuilles et même fleurs) n'en possède cependant qu'une quantité limitée. Il en résulte que même si les très grandes lignes de l'évolution des métaphytes sont connues, elles ne sont que d'un usage limité lorsqu'il s'agit d'établir une classification à l'intérieur d'une classe donnée.

Aujourd'hui, on sait que les formes végétales primitives ont été les algues mais, dans la plupart des cas, on est encore incapable de parler de monophylétisme ou de polyphylétisme en se fondant sur des données objectives vraiment satisfaisantes. On a tellement peu d'éléments phylogénétiques que l'on adopte encore en partie la classification des dicotylédones proposée par de Candolle dans son *Prodromus*, reproduit en fac-similé en 1966, mais dont le premier volume date de 1824. Or, cette œuvre considérable (17 volumes) n'est pas fondée sur une théorie évolutionniste mais repose encore sur une thèse créationniste, fixiste.

En fait, pour essayer de comprendre la théorie de la classification botanique avant la théorie de l'évolution, il faut se représenter l'ensemble de la nature végétale selon une ligne horizontale, anhistorique en quelque sorte, au lieu de la penser selon une ligne verticale et historique. Certes, on peut trouver à cette époque des représentations ramifiées mais elles ne peuvent être interprétées comme schématisant une descendance évolutive. Il faut faire abstraction de la question de l'origine et prendre comme objet, ainsi que le faisaient les Anciens, un monde tout formé, non changeant,

que l'on essaie de classer, comme s'il s'agissait d'objets fabriqués, par exemple des cuillères, que l'on classe selon leur taille, leur matériau, leur forme, leur usage, leur pays d'origine, etc.

Le système

Avec les premiers botanistes, Aristote et Théophraste, on a une description des différentes espèces sans élaboration d'une véritable classification. Théophraste s'est contenté de distinguer, parmi les végétaux, les arbres, les arbustes, les sous-arbrisseaux et les herbes. Pendant plusieurs siècles, on a fait des «classifications» fondées sur les caractères vulgaires des végétaux, leur milieu, leur usage, surtout leurs propriétés thérapeutiques, mais on n'a pas encore fait de système de classification. La plupart des historiens de la botanique s'accordent pour faire remonter l'apparition du système au XVI^e siècle, à l'œuvre de Césalpin.

La notion de système implique l'idée de structure unifiée composée d'éléments multiples. Il faut distinguer: (1) l'aspect matériel, c'est-à-dire les composantes elles-mêmes qui, dans le cas de la classification, sont hétérogènes; (2) le principe unificateur selon lequel le système est ordonné (par exemple un système peut être fondé sur les organes de la reproduction, la présence des graines, etc.); (3) la hiérarchie des éléments dans le monde végétal et la hiérarchie des catégories dans le domaine de la classification.

Dans le cas de la botanique, l'hétérogénéité du monde végétal a déjà été perçue dès les premières civilisations mésopotamiennes. Dans l'Antiquité grecque, à l'époque de Théophraste, 500 taxons de végétaux ont été identifiés et décrits, de façon plus ou moins élaborée. De Candolle et ses collaborateurs du *Prodromus* ont identifié, pour leur part, près de 60 000 espèces, uniquement chez les dicotylédones. Aujourd'hui, on peut parler d'une montagne de végétaux que l'on a comparée à l'Éverest. Ce n'est donc jamais la diversité des végétaux qui a fait défaut aux botanistes. Bien au contraire!

Le problème fondamental de la classification réside dans la détermination du principe unificateur. En effet, chaque caractère des végétaux peut être pris comme situation d'unification. On a un exemple de cette situation avec les 65 systèmes différents qu'Adanson a établis en utilisant successivement 22 caractères distincts et en tenant compte de leur situation, nombre, proportion relative, symétrie, etc.

La comparaison des organismes a fait naître l'idée que certains ont entre eux des affinités.

D'après Daudin (1926), c'est de la découverte de ces affinités que sont nés les premiers systèmes de classification. Pendant quatre siècles, ce terme d'affinité a dominé l'histoire de la botanique. Que signifie-t-il? Il m'apparaît extrêmement vague et imprécis, désignant surtout des ressemblances morphologiques qui peuvent aller de l'identité complète de conformation jusqu'à des homologies entre des formes passablement différentes, comme c'est le cas chez de Candolle. Voici ce qu'en dit A.-L. de Jussieu (1777, p. 214): «Les Plantes répandues sur la surface de la terre, ont entr'elles des rapports et des différences fondées sur la situation, le nombre et la configuration de leurs parties, et ces rapports peuvent, sous un point de vue, être comparés aux affinités que les Chimistes admettent dans les substances minérales soumises à leur examen». Dans le contexte de la théorie évolutionniste, l'affinité sera liée à la parenté, mais cette relation n'est pas prise en considération dans la botanique, ni au XVIII^e siècle, ni même à des époques postérieures. En conséquence, les affinités sont remarquées et décrites, mais ne peuvent être expliquées. Sachs (1892, p. 115) est donc totalement justifié d'écrire: «...la notion de parenté naturelle, dont dépendent entièrement les principes fondamentaux du système naturel, devait rester un mystère pour tous ceux qui croyaient au dogme de la constance des espèces. On ne pouvait pas associer d'idée scientifique à cette mystérieuse notion, et cependant, à mesure que l'étude approfondie des affinités végétales amenait de nouvelles découvertes, on voyait se dessiner, plus précis et plus nets, les rapports qui unissent entre elles, les espèces, les genres et les familles».

La classification hiérarchique ne s'est construite que par étapes. Au XVII^e siècle, Tournefort a d'abord établi le concept de genre. Il a par la suite remarqué que certains genres présentent entre eux des caractères communs qui permettent de les subordonner à une catégorie supérieure, la classe. Tournefort veut également ranger les classes en un «ordre simple et naturel» et constituer un «système de botanique» (Bernier, 1975). Mais la construction des systèmes atteint son apogée au XVIII^e siècle avec Linné qui veut établir un *Systema Naturae* englobant la totalité des êtres minéraux, végétaux et animaux. Pour le monde animé, Linné construit des systèmes qui distinguent différents niveaux taxonomiques (espèces, genres, ordres, classes) selon les rapports que les organismes ont entre eux.

D'après Linné, les espèces et les genres sont des groupes naturels caractérisés par les parties de la fructification. La connaissance des genres peut donner lieu à des groupements de ceux-ci

en ordres et en classes. Deux voies peuvent permettre d'atteindre ce résultat: d'une part, une méthode artificielle, pratique, rapide et, d'autre part, un système naturel fondé sur les affinités réelles qu'il faudra découvrir par les observations et l'analyse. Quoique l'établissement d'un système naturel, c'est-à-dire d'un système qui retrace l'ordre existant dans la nature, ait toujours été pour lui l'objectif ultime de la botanique, et qu'il y ait travaillé toute sa vie, Linné avouait qu'il ne savait comment y arriver. Il n'a donc élaboré que la première méthode et il admettait que les ordres et les classes sont des ouvrages non seulement de la nature, mais aussi de l'art.

En dépit du fait que le principe unificateur employé par Linné (c'est-à-dire les parties de la fructification) ait été un caractère réel, son système a été qualifié d'artificiel aussi bien par lui-même que par ses contemporains tels Adanson et Buffon et par les taxonomistes postérieurs. Gilmour explique qu'une classification est considérée comme naturelle «*which groups together individuals having a large number of attributes in common, whereas an artificial classification is composed of groups having only a small number of common attributes*» (1952, p.468). Sur le plan philosophique, cette distinction entre classification artificielle et naturelle ne me paraît pas fondée puisque, dans les deux cas, les caractères considérés sont des caractères réels, objectifs, des organismes classés. La distinction posée par Gilmour et qui reflète la pensée de la plupart des taxonomistes, est fondée sur des facteurs quantitatifs et non qualitatifs. À mon avis, une classification ne peut être qualifiée d'artificielle que si elle est fondée sur des caractères non objectifs, tels, par exemple, les noms donnés aux organismes, utilisés pour une classification par ordre alphabétique. Il est certain qu'une classification fondée sur un seul caractère est moins valable qu'une classification fondée sur plusieurs caractères, pour réunir des groupes «semblables» car rien ne permet de présumer que les organismes qui ont en commun *un* caractère, ont également en commun d'autres caractères. Effectivement, la classification de Linné a groupé des plantes qui avaient en commun certaines parties de la fructification, mais qui, par contre, étaient très différentes pour un grand nombre d'autres caractères. Or, ce que les classificateurs ont tenté de faire, c'est de réunir des groupes qui sont «le plus semblables possible». Ceci nous ramène à la question: par quoi les êtres sont-ils le plus semblables aux autres? Est-ce en partageant le plus grand nombre de caractères? Ou est-ce en partageant surtout les caractères les plus importants pour l'organisation? Ce sont les questions que se sont posées les partisans de la méthode

naturelle, et auxquelles ils ont répondu différemment comme nous allons le voir en analysant les positions d'Adanson, Antoine-Laurent de Jussieu et Augustin-Pyramus de Candolle.

La méthode naturelle

M. ADANSON

Le nom d'Adanson est souvent associé à l'élaboration de la méthode naturelle. Parmi ses prédécesseurs, C. Bauhin avait déjà pensé à classer d'après les affinités naturelles, au moins au niveau des taxons des catégories inférieures. Magnol (1689) avait parlé de familles naturelles caractérisées par une combinaison de caractères (Stafleu, 1963, p. 153). Ray (1693) avait, le premier, jeté les bases de cette méthode dans son *Historia plantarum generalis*. Parmi les contemporains d'Adanson, Linné avait cherché, comme je l'ai signalé plus haut, à instaurer un système naturel, mais il n'y était pas parvenu. Bernard de Jussieu, réagissant contre le système artificiel proposé par Linné, mais s'inspirant de sa méthode naturelle, avait tenté d'appliquer une telle méthode dans l'organisation du Jardin du Trianon, en 1759. Malheureusement, Bernard de Jussieu n'a presque rien écrit et sa méthode a été connue par le *Manuel de botanique* de A.-N. Duchesne (1764) et par le *Genera plantarum* d'Antoine-Laurent de Jussieu (1789), son neveu, qui s'en est inspiré et l'a développée.

Adanson est le premier qui ait élaboré les principes d'une telle méthode (Stafleu, 1963, p. 241; Guédès, 1967) et la Préface historique à ses *Familles des plantes* (1763) représente un monument extrêmement intéressant sur le plan théorique. Sneath (1964) estime que c'est là l'apport principal d'Adanson: fournir les principes et une critique pour l'élaboration d'une taxonomie. Adanson a été le premier, d'après Sneath, à définir la qualité complexe d'une similitude d'ensemble et à utiliser la méthode polythétique.

Avant d'élaborer sa méthode, déjà dans sa jeunesse, Adanson (1763, p. 155) a construit des systèmes artificiels. Par la suite, son voyage au Sénégal lui a fait découvrir une flore entièrement différente de celle d'Europe, flore qui n'avait jamais encore été classée. Il entreprend donc de le faire et il construit 65 systèmes artificiels en prenant comme base un caractère ou une qualité et en tenant compte de la position, de la forme, du nombre, de la proportion, de la durée et de la substance. De ces 65 systèmes, 25 sont basés sur des caractères autres que ceux de parties de la fleur et du fruit et 39 sur des éléments

utilisés par des auteurs antérieurs (Stafleu, 1963, p. 202).

C'est donc en suivant les principes de classification de ses contemporains qu'Adanson construit ses 65 systèmes. Mais il n'est pas satisfait de ces systèmes auxquels il trouve les mêmes inconvénients qu'aux systèmes de ses prédécesseurs. Il estime que ces systèmes sont fondés sur des principes *a priori*. Selon lui, le choix *a priori* d'un caractère conduit à réunir dans un même taxon des individus non apparentés ou, inversement, à séparer en des groupes distincts des individus apparentés. Un tel choix conduit à former des groupes dont les membres se ressemblent peu en dissociant d'autres groupes dont les membres se ressemblent beaucoup. Selon Adanson (1763, p. 154 et suiv.), ces systèmes constituent des classes artificielles. Il entreprend donc de construire une classification qui reflète la nature et il élabore ce qu'il nomme une méthode naturelle, unique, universelle, générale, qui doit déboucher sur un système naturel.

La principale caractéristique de la méthode naturelle est de comparer les végétaux par tous leurs caractères (Adanson, 1763, p. 160). C'est une méthode fondée sur l'observation et qui ne privilégie *a priori* aucun caractère. Adanson considère que cette méthode est *a posteriori*.

En fait, les systèmes artificiels construits par Adanson lui ont fourni les matériaux pour l'élaboration de sa méthode naturelle. Mais comment est-il passé de ses 65 systèmes artificiels à ses 58 familles naturelles?

Cuvier (1861), tout comme de Candolle (1813, p. 70), a soupçonné que pour Adanson, plus les plantes des différents systèmes avaient entre elles de similitudes, plus elles avaient d'affinités naturelles. Il semble que ce soit aussi l'interprétation de Sneath (1964), mais ce n'est ni celle de Stafleu (1963) ni celle de Guédès (1967). Ce dernier cite (1967, p. 366) le texte suivant de Payer (1844): «...nulle part, il [Adanson] n'a dit que les plantes qui se trouvaient les unes à côté des autres dans le plus grand nombre de systèmes devaient être celles qui avaient entre elles le plus de rapports et qu'on devait le plus rapprocher de l'ordre naturel.» Guédès (1967) va jusqu'à dire qu'on ne trouve rien chez Adanson qui indique que c'est grâce aux systèmes qu'il a construits ses familles. Effectivement, Adanson (1763, p. 168) n'explique pas comment il est passé des systèmes aux familles, mais il nous dit comment il a découvert ses familles:

«Je crus donc qu'il falloit me dépouiller de l'ancien préjugé en faveur des systèmes et des idées qui en font la base & qui bornent nos connessances, & qu'il falloit chercher dans la nature elle-même

son Système, s'il étoit vrai qu'ele en eût un; dans cete vue, j'examinai les Plantes dans toutes leurs parties, sans en excepter aucune, depuis les racines jusqu'à l'embrion, le roulement des feuilles dans le bourjon, leur manière de s'engainer, leur développement, la situation & l'enroulement de l'embrion & de sa radicule dans la graine, relativement au fruit; enfin nombre de particularités auxquelles peu de Botanistes font attention. Je faisois d'abord une description entière de chaque Plante, en mettant dans autant d'articles séparés, chacune de ses parties, dans tous ses détails; & à mesure qu'il se présentoit de nouvelles Espèces qui avoient du rapport à celles déjà décrites, je les décrivais à côté, en supprimant toutes les ressemblances, & en notant seulement leurs différences. Ce fut par l'ensemble de ces descriptions comparées: que je m'aperçus que les Plantes se ranjoient naturellement d'elles-mêmes sous des Classes ou Familles, qui ne pouvoient être systématiques: ni arbitraires, n'étant pas fondées sur 1 ou quelques parties qui dussent chanjer à de certaines limites, mais sur toutes les parties; de sorte que la dispartate d'une de ces parties étoit remplacée et balancée par l'addition d'une autre partie qui rétablissoit l'équilibre».

D'après Stafleu (1963), Sneath (1964) et Guédès (1967), il n'y a aucune indication qu'Adanson ait fait une analyse statistique de ses systèmes pour dégager les lignes de séparation entre les familles. Sneath (1964, p. 483) souligne que le comptage systématique du nombre de comparaisons par paires de caractères entre les 1615 genres classés par Adanson dépasserait le million. S'il avait été fait, un tel travail aurait pu conduire aux matrices de similitudes, mais Adanson n'est pas allé aussi loin. Selon Sneath (1964), il aurait probablement compté quelques dissemblances, suffisamment pour avoir une bonne idée des principales relations entre les organismes. Payer (cité dans Guédès, 1967) suggère l'idée qu'Adanson ait examiné toutes les combinaisons dans la persuasion que celle qu'il y cherchait y serait comprise. Guédès (1967) estime que la technique adansonienne est, au fond, la méthode intuitive, et non pas la méthode mathématique. Stafleu (1963, p. 201) fait également appel à l'intuition d'Adanson pour établir les familles sur les combinaisons de caractères et pour dégager «le génie et les mœurs propres à chaque famille». Je reviendrai plus loin sur le rôle de l'intuition dans la connaissance. Qu'il me suffise de signaler ici que lorsque la taxonomie numérique actuelle se réclame d'Adanson, elle ne peut prétendre trouver chez ce dernier une analyse statistique¹. La référence à Adanson demeure cependant justifiée dans la mesure où ce botaniste du XVIII^e siècle utilise de nombreux

caractères sans pondération *a priori* (Guédès, 1967).

Cette question mérite cependant une mise au point. Incontestablement, Adanson a rejeté le choix *a priori* des caractères susceptibles de fonder une classification et a prôné l'emploi de tous les caractères. Mais cela signifie-t-il qu'il reconnaisse, après examen, une importance égale à tous les caractères, comme le soutient Sneath (1964, p. 483)? Absolument pas. Adanson est très clair sur la question. Ses comparaisons des différents caractères l'ont rapidement conduit à établir une pondération parmi ceux-ci. Il soutient très clairement que certains caractères sont plus importants que d'autres et il remarque que le même caractère n'a pas la même importance dans les différents groupes. D'après Stafleu (1963), il aurait même soutenu que les parties les plus générales ne sont pas automatiquement les caractères les plus importants, car dans l'arrangement des familles, les organes à retenir sont ceux dont les caractères présentent le plus de variations.

Dans la tentative de considérer Adanson comme le chef de file lointain des taxonomistes numérique actuels, Sneath a oublié ce second aspect de la pensée d'Adanson. Remarquant que celui-ci utilise 22 organes auxquels il reconnaît, *au départ*, un poids égal, Sneath en conclut qu'il a toujours soutenu l'égalité de poids des caractères, ce qui est faux. D'après Sneath, (1964, p. 478), «*If we cannot decide a priori on the weight of different characters for creating taxonomic groupings, this means that in practice, they must be given equal weight. The difficulty here lies in finding any logical grounds for allocating greater weight to one character than to another*». Sur un plan méthodologique, on peut être d'accord avec le premier énoncé. Cependant, il me semble que ce sont plutôt des fondements empiriques que des fondements logiques qu'il faut chercher à la pondération et, en ce sens, l'histoire de l'évolution — si on la connaît — permet de juger de l'importance des caractères mieux qu'une analyse conceptuelle. Ne pouvant disposer de l'histoire évolutive des plantes, il semble que ce soit par

¹ En fait, c'est plutôt dans la *Flore française* de Lamarck (1778, spécialement dans le Discours préliminaire, p. C-CX) qu'il faut chercher un premier exemple de calcul de ressemblances. Comparant le *nymphaea* avec le *podophyllum* en ce qui concerne le calice, la corolle, les étamines, les pistils, le péricarpe et la semence, Lamarck obtient une ressemblance totale de 96. Le même *nymphaea* comparé au *phytolacca* pour les mêmes caractères, offre une ressemblance de 12. Ce qui signifie, écrit Lamarck, que «le rapport du *nymphaea* avec le *phytolacca* est peu marqué en comparaison de celui que ce premier genre a avec le *podophyllum*».

intuition de leur réalité particulière qu'Adanson en est venu à cerner «le génie propre à chaque famille» (1763, p. 168) et les «Caractères de l'Ensemble» ou le «Port de la Plante», «*Facies seu habitus Plantae*» (1763, p. 170). Cela lui a permis de soutenir que les plantes se rangent dans des classes ou familles séparées les unes des autres. Ces démarcations soulignent encore davantage l'unité intrinsèque des groupes et leurs différences par rapport aux autres groupes. Tout en soutenant que sa classification suit un ordre naturel, Adanson a cependant admis la discontinuité entre les groupes, due, disait-il, aux lacunes de nos connaissances.

Pourquoi l'œuvre d'Adanson n'a-t-elle pas suscité davantage de réactions? Deux causes principales ont contribué à diminuer le rayonnement de son œuvre: (1) le fait qu'il ait rejeté la nomenclature binaire de Linné et ait proposé de donner aux plantes des noms locaux, parfois barbares, comme des noms inspirés de la langue sénégalaise; (2) l'orthographe phonétique utilisé dans sa préface aux *Familles des plantes* qui en rend la lecture peu agréable. En plus, le caractère personnel d'Adanson et le fait qu'il n'ait pas fait d'enseignement ont sûrement mis un frein à la diffusion de son œuvre.

Un reproche que, avec Sachs (1892), Sneath (1964) et d'autres, on peut sûrement faire à la classification d'Adanson est de s'arrêter à la famille et de ne pas chercher à établir de taxons à des niveaux hiérarchiques supérieurs.

Antoine-Laurent de Jussieu a poursuivi sa classification à des niveaux taxonomiques supérieurs, mais en adoptant pour ce faire une méthode différente de celle utilisée pour l'établissement des espèces, des genres et des ordres, correspondant aux familles.

A.-L. de JUSSIEU

A.-L. de Jussieu a exposé sa méthode dans deux mémoires présentés à l'Académie des Sciences de Paris: (1) *Examen de la famille des Renoncules* (1773) et (2) *Exposition d'un nouvel ordre de plantes adopté dans les démonstrations du Jardin Royal* (1774) ainsi que dans son *Introductio in historiam plantarum* publiée dans son ouvrage *Genera plantarum* en 1789.

Pour la formation des taxons des catégories inférieures, c'est-à-dire l'espèce, le genre et l'ordre, Jussieu utilise la méthode inductive et étudie les affinités d'ensemble des organismes. Jussieu croit qu'il existe dans la nature des «ordres» naturels

(nos familles)². L'examen de ces ordres permet d'établir une distinction entre les caractères (qui sont toujours uniformes dans chacun d'eux), les caractères secondaires (sub-uniformes, c'est-à-dire ne variant que par exception à l'intérieur du même «ordre»), et les caractères tertiaires (semi-uniformes, tantôt constants, tantôt variables, dans un même «ordre»). Jussieu considère comme caractères primaires «l'insertion des étamines ou leur situation relativement au pistil, l'insertion de la corolle lorsqu'elle porte les étamines, enfin le nombre des lobes qui accompagnent l'embryon dans la semence» (Extrait des *Registres de la Société Royale de Médecine du 3 juillet 1789*, in A.-L. de Jussieu, 1789, p. 16.). Il considère comme caractères secondaires «la présence ou l'absence du périsperme ou corps qui entoure l'embryon dans la graine, celle du calice ou de la corolle quand celle-ci ne porte pas les étamines, la structure de cette corolle considérée comme monopétale ou polypétale, la situation respective du calice et du pistil, la substance du périsperme» (*ibid.*, p. 17). Sont des caractères tertiaires «les divisions du calice monophylle ou polyphylle, le nombre des germes, le nombre, la proportion mutuelle et la connexion des étamines, le nombre des loges du fruit & la manière dont il s'ouvre, la situation des fleurs et des feuilles, la nature de la tige, etc.» (*ibid.*). Jussieu établit une pondération parmi les caractères et on peut voir que les caractères généraux sont les plus importants, selon lui. Cette pondération lui sert à justifier l'usage des divers organes pour sa classification artificielle des «ordres» en classes.

Au-delà du niveau des ordres, Jussieu abandonne la méthode comparative, analytique et *a posteriori* qui lui avait permis de passer des espèces aux genres et des genres aux ordres. Il suit, pour les catégories supra-ordinales, une marche inverse, déductive et *a priori*. Il divise d'abord le monde végétal en trois groupes fondés sur l'embryon considéré comme l'organe essentiel de l'organisme végétal. Ces trois divisions sont: (1) les acotylédones, où l'embryon est seul, sans lobe séminal; (2) les monocotylédones, où l'embryon est attaché à un seul lobe séminal; (3) les dicotylédones, où l'embryon est attaché à deux lobes séminaux.

Après l'embryon, le caractère le plus essentiel est, d'après Jussieu, les dispositions respectives des étamines et du pistil qui permettent d'établir 3 distinctions: les plantes épigynes, hypogynes

² Il reconnaît cependant que leur délimitation n'est pas toujours facile car «*Aliqua igitur inter praedictos ordines extat analogia nec omnino repugnat horum approximatio*» (1789, p. 235).

et périgynes. En ce qui concerne les dicotylédones, Jussieu remarque que cette division, même partagée en 3 classes, contient un nombre immense de plantes et il entreprend de la subdiviser davantage, d'après le mode d'insertion des étamines. Il distingue 3 modes d'insertion: a) l'insertion immédiate absolue ou nécessaire que l'on rencontre chez les plantes apétales; b) l'insertion médiate chez les monopétales; c) l'insertion simplement immédiate chez les polypétales.

On peut remarquer que cette démarche est très différente d'une démarche inductive, fondée sur la comparaison des organismes. C'est ce qui a conduit certains historiens de la botanique à parler du dualisme méthodologique de Jussieu et à signaler qu'alors qu'un grand nombre de taxons des catégories inférieures ont été retenus par la botanique actuelle, tout l'échafaudage des catégories supérieures paraît périmé et ne présente plus qu'un intérêt historique (Stafleu, 1964, p. 21).

A.-P. de CANDOLLE

Les principes fondamentaux de la théorie de la classification d'Augustin-Pyramus de Candolle sont exposés dans sa *Théorie élémentaire de la botanique*, publiée en 1813. Il exprime déjà dans cette œuvre les principales idées qui présideront à la rédaction du *Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis*. La méthode naturelle de de Candolle repose, comme celle d'Adanson et de Jussieu (au moins pour les espèces, les genres et les ordres) sur l'observation de tous les organes. De Candolle établit une pondération parmi les caractères. Il juge de l'importance des organes d'après le rôle qu'ils jouent dans l'organisation et la conservation de la plante. Il énonce quatre théorèmes fondamentaux pour déterminer l'importance des parties.

Premier théorème: «...dans la classification des êtres organisés, le degré d'importance de chaque organe ne peut être calculé exactement, que relativement aux organes qui se rapportent à la même classe de fonctions» (1813, p. 79). Or, il existe, d'après A.-P. de Candolle, deux classes de fonctions, qui sont la conservation de l'individu qu'il appelle la végétation et la conservation de l'espèce qui est la reproduction.

Deuxième théorème: «...une classification (supposée parfaitement exacte) établie sur l'une des deux grandes fonctions des végétaux, sera aussi naturelle que si elle avait été établie sur l'autre avec le même soin» (1813, p. 80).

Troisième théorème: «...les classes vraiment naturelles, établies d'après une des grandes fonctions du végétal, sont nécessairement les

mêmes que celles qui sont établies sur l'autre» (1813, p. 83-84). Une classe est reconnue comme naturelle si elle a été établie par les deux voies différentes.

Quatrième théorème: «...dans la classification des êtres organisés, on ne doit, en général, employer que leurs organes proprement dits ou leurs parties vivantes, et non les matières sécrétées par ces organes» (1813, p. 85), sauf si les organes sont inconnus.

A.-P. de Candolle établit parmi les organes l'ordre d'importance suivant: (1) embryon; (2) organes sexuels; (3) enveloppes de l'embryon; (4) enveloppes des organes sexuels; (5) nectaires ou organes accessoires (1813, p. 87-88).

A.-P. de Candolle signale ensuite la difficulté de connaître la vraie nature des organes. Ce qui, selon lui, est essentiel pour l'anatomie et la classification naturelle est le système général de l'organisation, la «symétrie» des organes comparés entre eux (Guédès, 1972, p. 255). Les éléments de la symétrie dont il faut tenir compte sont au nombre de huit: l'existence, la position, le nombre, la grandeur, la forme, l'usage, la durée (c'est-à-dire la continuité ou la discontinuité des parties) et les qualités sensibles (1813, p. 124-125). Il faut remarquer que les principes théoriques énoncés par de Candolle dans sa *Théorie élémentaire* n'ont pas toujours été appliqués dans ses travaux de classification. La symétrie est rarement mentionnée même lorsque de Candolle travaille sur les groupes les plus naturels, où elle devrait être particulièrement évidente. Selon certains historiens de la botanique, dont Guédès (*in litt.*), la *théorie* d'A.-P. de Candolle constitue un retrait par rapport à la pensée de Ray ou de celle d'Adanson.

La première démarche de de Candolle repose sur l'induction; il estime nécessaire de la compléter par la déduction (1813, p. 156). Selon lui, on peut considérer les genres à la fois comme une collection d'espèces (1813, p. 183) (induction) et comme une division des familles (1813, p. 184) (déduction). De même, on peut considérer les familles comme des associations de genres (induction) et comme des divisions des classes (déduction) (1813, p. 192), et ceci jusqu'à la classe qui est la division primaire du règne végétal fondée sur les organes de première valeur, c'est-à-dire l'embryon ou ses parties dans les organes reproducteurs ou les vaisseaux dans les organes nutritifs considérés sous deux points de vue seulement: 1. présence ou absence; 2. situation respective (1813, p. 196).

Les résultats de la méthode naturelle

Il me paraît intéressant de signaler rapidement quelques caractéristiques de l'évolution de la taxonomie.

Bauhin a nommé les genres sans les caractériser. Tournefort a défini arbitrairement les limites des genres. Linné, en 1738, a établi 65 «ordres naturels» qu'il ne fait que numéroter. Par la suite, il ajoute d'autres ordres et il leur donne un nom à partir de marques caractéristiques. Adanson a caractérisé les «familles» et A.-L. de Jussieu, les «ordres» (qui sont à cette époque l'équivalent des familles) et les classes. A.-P. de Candolle a nommé et caractérisé d'autres catégories à l'intérieur de la classe des «dicotylédones», telles que les tribus, les cohortes et les sous-classes. Sachs (1892, p. 122) a donc eu raison d'écrire: «Ainsi, l'art d'établir des indices communs d'après l'observation de formes analogues alla en se perfectionnant; on vit s'agrandir les groupes végétaux; on acquit ainsi une véritable méthode d'induction, arrivant à des conclusions générales au moyen d'observations qui portaient sur des détails».

Au XVIII^e siècle, la botanique a pu atteindre la connaissance d'une quantité de plus en plus grande de végétaux, grâce aux explorations et au développement des collections. Ainsi, alors qu'Adanson avait identifié 18 000 espèces, de Candolle et ses collaborateurs avaient caractérisé, à l'intérieur de la seule classe des «dicotylédones», 58 975 espèces. De même, au niveau des ordres ou familles naturels, Adanson en avait distingué 58, Jussieu, 100 et A.-P. de Candolle et ses collaborateurs, 161. A.-L. de Jussieu a formé 15 classes et 3 divisions: les acotylédones, les monocotylédones et les dicotylédones. Il a caractérisé des groupes supérieurs aux classes et inférieurs à la division qui est la catégorie supérieure. Mais il n'utilise aucune nomenclature particulière pour les désigner. Il parlera soit de 7 «classes principales» fondées sur la position des étamines par rapport au pistil, soit de 11 «classes principales» distinguées parmi les dicotylédones à partir du mode d'insertion des étamines (chez les apétales, les monopétales et les polypétales) et de la position des étamines par rapport au pistil. Jussieu a ajouté les caractères d'une catégorie taxonomique de niveau sous-embranchement ou super-classe mais sans cependant la nommer. Pour Jussieu, le terme de classe désigne aussi bien la division unique chez les acotylédones que la division des dicotylédones monopétales à étamines épigynes aux anthères réunies qui devrait être une sous-classe. Cet exemple paraît suffisant pour montrer que la nomenclature des rangs des taxons supérieurs est encore bien peu fixée.

Les progrès quantitatifs et qualitatifs de la classification font surgir une autre question. Que représentaient les groupes ou les taxons pour Adanson, A.-L. de Jussieu et A.-P. de Candolle?

Adanson s'est interrogé, comme ses contemporains, sur la réalité des classes des différentes catégories. On sait que dans ses premières œuvres, Buffon soutenait que seul l'individu est réel et que toutes les classes sont artificielles. Par la suite, il a reconnu le caractère naturel de l'espèce à cause du lien génétique entre les individus qui la composent. Pour Linné, les espèces et les genres sont réels, mais non pas les taxons des catégories supérieures. Adanson est perplexe devant le problème, il admet que la nature est peut-être une pour le Créateur, mais il remarque qu'elle nous apparaît avec des divisions et des séparations déterminées par la comparaison des parties des organismes. Sa méthode comparative lui a permis de remarquer qu'il existe des vides entre les groupes, et à partir de là, il affirme une discontinuité de la nature. Les grands vides mettent en relief la distinction des règnes, puis ensuite, les séparations marquent les familles, les genres, les espèces et les variétés. La notion de discontinuité fait place à l'idée d'espèces disparues et à celle d'espèces encore inconnues, mais elle ne détruit pas, cependant, chez Adanson, le concept de chaîne des êtres vivants et d'ordre de la création.

Pour A.-L. de Jussieu, les groupes sont continus les uns aux autres et on passe de l'un à l'autre par une très légère gradation (*Introductio in historiam plantarum*, in Jussieu, 1789, p. XXXV et Stafleu, 1964, p. XXII). Pour de Candolle, les groupes sont, au contraire, discontinus. A.-P. de Candolle rejette l'idée de série, aussi bien dans l'animal que dans le végétal. Il n'admet pas l'idée de la chaîne des êtres plaçant l'homme au sommet de la création (1813, p. 197-199). En ce qui concerne le règne végétal, A.-P. de Candolle estime qu'après les grandes divisions en acotylédones, monocotylédones et dicotylédones, «nous ne trouvons plus aucun guide pour disposer les familles en série linéaire; chacune d'elles est liée, non pas avec la précédente et la suivante, mais avec plusieurs autres, et quelquefois avec des familles qui d'ailleurs se ressemblent fort peu entr'elles» (1813, p. 199). Tout en admettant qu'il ne s'agit que d'une image, il reprend à son compte la comparaison linnéenne du règne végétal à une carte géographique (1813, p. 201).

Cette brève analyse des principes de classification d'Adanson, A.-L. de Jussieu et A.-P. de Candolle et des résultats auxquels ils ont conduit nous permet-elle de dégager des critères de validité des systèmes de classification? Trois choses

doivent être considérées pour juger de la validité d'un système: (1) sa cohérence interne; (2) le but visé; (3) la correspondance entre le système et la réalité.

En supposant qu'ils sont également cohérents, il paraît difficile de comparer des systèmes qui ont des buts différents comme, par exemple, permettre d'identifier ou de nommer d'une part, et de connaître les relations naturelles et par conséquent phylétiques d'autre part. Dans cette étude, nous sommes passés des systèmes conçus pour nommer aux systèmes qui devaient représenter l'ordre de la nature. Or, ces derniers systèmes ont-ils la possibilité d'atteindre ce résultat? J'ai signalé plus haut la nécessité d'avoir une conception linéaire du monde végétal pour comprendre la classification botanique du XVIII^e siècle. On peut s'en tenir à cette conception linéaire, anhistorique; mais si on le fait, il faut être conscient que l'on tronque la réalité car le monde animé est un monde historique, évolutif. Or, c'est précisément là le problème fondamental de la classification botanique qui est incapable, faute de matériaux adéquats, de solutionner la question de l'origine. En conséquence, aucune classification ne peut être vraiment satisfaisante ni complète tant qu'elle n'arrive pas à expliquer les relations entre les groupes. C'est, en fait, beaucoup plus en faisant naître cette question de l'origine qu'en modifiant la méthodologie de la formation des groupes que la théorie de l'évolution a marqué la classification botanique.

Parmi les classifications proposées, laquelle est la meilleure? Stafleu affirme qu'il est impossible de dire que les familles (*ordines*) naturelles de Linné, de Bernard de Jussieu, d'A.-L. de Jussieu ou d'Adanson sont meilleures les unes que les autres. En se fondant sur 8 familles, Stafleu a calculé les pourcentages de genres placés par Linné, Bernard et Antoine de Jussieu et par Adanson dans les familles établies au début du XX^e siècle par Della Torre & Harms (1900-1907). Ces pourcentages sont à peu près identiques (de 80.2% à 83.3%) (Stafleu, 1963, p. 218). Ceci illustre bien la grande qualité des travaux des taxonomistes qui sont arrivés à former des groupes considérés comme « naturels ». Mais peut-on vraiment affirmer le caractère naturel d'un groupe tant que l'on ignore son origine ou sa phylogénie? À mon avis, cela est impossible. La démarche qui consisterait à reconstituer la phylogénie à partir de la classification « naturelle », sans connaissance empirique des données paléontologiques est une hypothèse de travail intéressante, certes, mais ne peut sûrement pas être considérée comme offrant une connaissance certaine des liens phylogénétiques. Remonter des effets aux causes est un mode de raisonnement

qui n'est acceptable sur le plan épistémologique que si l'effet ne peut être expliqué que par une seule cause. Est-ce le cas des groupes naturels et de leurs causes? Cela ne paraît pas évident. Il semble possible de construire des systèmes également cohérents qui paraissent également valables.

Conclusion

J'ai tenté de montrer comment et pourquoi l'énoncé d'A.-P. de Candolle cité au début résumait bien les réactions des partisans de la méthode naturelle contre les nomenclateurs systématistes. Il reste à se demander, en conclusion, si les « méthodistes » ont atteint une meilleure connaissance du monde végétal que les « systématistes ».

Les classifications artificielles ont été rejetées parce qu'elles faisaient appel à l'essence ou à des caractères considérés comme essentiels choisis *a priori*. Cette position des méthodistes du XVIII^e siècle contient les germes du rejet de l'essentialisme de beaucoup de taxonomistes récents. J'ai montré ailleurs (Bernier, 1983) que ce rejet repose sur une conception platonicienne de l'essence, immatérielle, idéale, mais qu'une autre conception de l'essence, inspirée de celle d'Aristote [trop souvent identifiée, à tort (Simpson, 1962; Popper, 1950) à l'essence platonicienne] peut être proposée. Quand on sait l'importance qu'ont mise les « méthodistes » à ne prendre comme base de leur classification que des caractères observables — et, si possible, observés par eux-mêmes — on peut comprendre que la thèse platonicienne leur ait paru inacceptable.

On doit se demander cependant si les classifications naturelles cherchent autre chose que la connaissance de ce *qu'est* chaque organisme, en d'autres termes, de son essence, même si le terme d'essence est banni? Une classification qui considère au départ l'ensemble des caractères mais qui arrive à établir de façon intuitive une subordination des caractères reflétant les relations organo-fonctionnelles et les relations au milieu, une classification qui cherche à trouver les affinités réelles entre les végétaux et à dégager « le génie et les mœurs propres de chaque plante » ne sont-elles pas des recherches de ce qui est, ontologiquement, fondamental dans les êtres étudiés? Certes.

Adanson, Jussieu et A.-P. de Candolle veulent suivre l'ordre de la nature. Or, cet ordre, c'est aussi celui de l'organisation du vivant. Mais l'organisation du vivant n'est-elle pas son essence?

Pour conclure, je serais tentée de me rallier à la position de Callot (1965) qui, après avoir

distingué trois étapes dans l'évolution de la pensée botanique: 1. une phase intuitive, jusqu'à Bauhin; 2. une phase systématique, de Césalpin aux *Classes plantarum* de Linné (1738); 3. une phase méthodique avec Adanson et A.-L. de Jussieu, en arrive à considérer qu'il s'agit toujours «d'une même et unique aspiration vers la science avec les «essais et erreurs» que comporte toute entreprise laborieuse et hardie» (Callot, 1965, p. 53).

Remerciements

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux Professeurs Paul Pirlot, du Département de sciences biologiques de l'Université de Montréal, Michel Guédès, du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, et Peter F. Stevens, de l'Université Harvard, pour leurs commentaires et suggestions qui m'ont été fort utiles.

Références

- ADANSON, M., 1763. Familles des plantes. 1. — Chez Vincent, Paris.
- BERNIER, R., 1975. Aux sources de la biologie. I. Les vingt premiers siècles. La classification. — Les Presses de l'Université du Québec, Montréal et Masson, Paris.
- BERNIER, R., 1983. De l'essence et de la définition en biologie. — Arch. Phil., 46: 385-404.
- CALLOT, E., 1965. Système et méthode dans l'histoire de la botanique. — Rev. Hist. Sci. Appl., 18: 45-53.
- CANDOLLE, A.-P. de, 1813. Théorie élémentaire de botanique. — Déterville, Paris.
- CANDOLLE, A.-P. de, 1823-1873. Prodrômus systematis naturalis regni vegetabilis. 17 vol. — Reprint 1966, J. Cramer, Weinheim.
- CUVIER, G., 1861. Éloges historiques. — Firmin Didot Frères, Paris.
- DAUDIN, H., 1926. Méthodes de la classification et idée de série en botanique et en zoologie. I. De Linné à Jussieu. — Alcan, Paris.
- DELLA TORRE, C.G. de & H. HARMS, 1900-1907. Genera siphonogamarum. — Leipzig.
- DUCHESNE, A.-N., 1764. Manuel de botanique. — Paris.
- GILMOUR, J.S.L., 1952. Taxonomy and philosophy. — Pages 461-474 in J. Huxley (ed.). The new systematics. Oxford University Press, London, viii. + 583 p.
- GUÉDÈS, M., 1967. La méthode taxonomique d'Adanson. — Rev. Hist. Sci. appl., 20: 361-386.
- GUÉDÈS, M., 1972. La théorie de la métamorphose en morphologie végétale. A.-P. de Candolle et P.J.F. Turpin. — Rev. Hist. Sci. appl., 25: 253-270.
- JUSSIEU, A.-L. de, 1777. Examen de la famille des renoncles. — Mém. Acad. Sci. Paris, 1773: 214-240.
- JUSSIEU, A.-L. de, 1778. Exposition d'un nouvel ordre de plantes adopté dans les démonstrations du Jardin Royal, — Mém. Acad. Sci. Paris, 1774: 175-197.
- JUSSIEU, A.-L. de, 1789. Genera plantarum... — Paris. Facsimile edition with an introduction by F.A. Stafleu, 1964 *Historiae naturalis classica*, XXXV. J. Cramer, Weinheim.
- LAMARCK, M. le Chevalier de, 1778. Flore française ou description succincte de toutes les plantes qui croissent naturellement en France. — Imprimerie Royale, Paris.
- LINNÉ, C., 1738. Classes plantarum... — Leiden.
- MAGNOL, P., 1689. Prodrômus historiae generalis plantarum in quo familiae plantarum per tabulas disponuntur. — Montpellier, France.
- PAYER, J.-B., 1844. Des classifications et des méthodes en histoire naturelle — Thèse agrég., Paris.
- POPPER, K.R., 1950. The open society and its enemies. — Princeton.
- RAY, J., 1693. Historia plantarum generalis. — Impensis Samuelis Smith & Benjamini Walford, London.
- SACHS, J. von, (1892). Histoire de la botanique du XVI^e siècle à 1860. — Reinwald, Paris.
- SIMPSON, G. G., 1962. Principles of animal taxonomy. — Columbia Univ. Press, New York and London.
- SNEATH, P.H.A., 1964. Mathematics and classification from Adanson to the present. — Pages 471-498 in G.H.M. Lawrence (ed.). Adanson: the bicentennial of Michael Adanson's Familles des plantes. Hunt Botanical Library, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh.
- STAFLEU, F.A., 1963. Adanson and the Familles des Plantes. — Pages 123-264 in G.H.M. Lawrence (ed.). Adanson: the bicentennial of Michael Adanson's Familles des plantes. Hunt Botanical Library. Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh.
- STAFLEU, F.A., 1964. Introduction. — Pages v-xlvi in A.-L. de Jussieu. Genera plantarum. Reprint. *Historiae naturalis classica*, XXXV. J. Cramer, Weinheim.

LES MÉTHODES NUMÉRIQUES COMME CRITÈRES DE VALIDITÉ SYSTÉMATIQUE

B.R. BAUM

*Institut de recherches biosystématiques
Agriculture Canada, Ottawa, Ontario K1A 0C6*

Résumé

La taxonomie numérique est utilisée dans les études systématiques afin d'identifier, de classer et de délimiter des objets. Un bref historique d'Aristote à nos jours est présenté pour aider à comprendre l'origine de la taxonomie numérique. Un résumé du procédé de la taxonomie numérique fait suite à une brève introduction aux algorithmes. Suit une courte introduction à la signification de la classification en général, puis de la classification biologique. L'auteur énumère les avantages des méthodes numériques. Il donne ensuite les raisons qui conduisent à surestimer la taxonomie numérique ou à douter de sa validité. Parmi ces raisons, notons la subjectivité relative des caractères, les erreurs d'observation et de transcription des données, le choix des méthodes appropriées et les erreurs d'interprétation. En conclusion, l'auteur démontre l'avantage de la taxonomie numérique, surtout pour le traitement des données, lequel peut être effectué efficacement par ordinateur et peut en outre être répété et vérifié.

Abstract

Numerical taxonomy is applied to systematic studies in order to identify, classify, and delimit objects. A short historical account, covering the period from Aristotle to present times, is presented in order to comprehend the origin of numerical taxonomy. A summary of the steps involved in a numerical taxonomy study is given together with an introduction to algorithms. This is followed by a short account of classification in general, and of biological classification in particular. Advantages of numerical taxonomy are enumerated and some possible false expectations about its objectivity are detailed. Among the latter, the relative subjectivity of characters, errors in observing and transcribing data, choice of methods, and errors of interpretation are mentioned. The paper is concluded by giving the advantages of numerical taxonomy, especially in the area of data analysis. This is efficiently done by means of computers, it is repeatable and verifiable.

Introduction

D'après Mayr (1982), on peut établir une distinction entre la microtaxonomie et la macrotaxonomie. La microtaxonomie s'occupe des méthodes et des principes à l'aide desquels les différentes formes d'organismes, disons les espèces, sont reconnues et délimitées. La macrotaxonomie est constituée des méthodes et principes par lesquels les différentes formes d'organismes sont classées, c'est-à-dire arrangées sous forme de classification.

La taxonomie numérique est une série de techniques, notamment en biologie, qui sont appliquées à la macrotaxonomie dans des buts d'identification et de classification et à la microtaxonomie pour la délimitation des espèces.

Historique

Un bref aperçu historique de l'évolution des principes de classement en biologie est utile pour comprendre l'origine de la taxonomie numérique.

Aristote (384-322 av. J.-C.) forma des classes (groupes) par inspection et, ensuite seulement, il en discerna les caractères différentiels (Mayr, 1982). Cette méthode est encore utilisée de nos jours dans les études de taxonomie numérique. Théophraste (371-287 av. J.-C.), contemporain d'Aristote, n'élabora aucun système formel, tandis que Dioscorides (1^{er} siècle apr. J.-C.), un herboriste, fonda son classement sur les diverses façons d'utiliser les plantes médicinales. Un grand nombre d'herboristes reconnurent subséquemment des groupes, en particulier les espèces et les genres, ainsi que d'autres groupes comme

par exemple les graminées. Mais c'est Bauhin (1623) qui, dans son *Pinax*, fit un effort de classement des catégories au-dessus du niveau du genre. Tournefort (1656-1708), cependant, est responsable du développement du concept de genre, défini comme étant l'ensemble d'un certain nombre d'espèces (Tournefort, 1694, p. 13):

«Pour avoir une idée claire du mot de genre au sens qu'on doit le prendre dans la Botanique, il faut remarquer qu'il est absolument nécessaire dans cette science de ramasser comme par bouquets, les plantes qui se ressemblent, et les séparer d'avec celles qui ne se ressemblent pas. Cette ressemblance doit être tirée uniquement de leurs rapports prochains, c'est-à-dire, de la structure de quelques-unes de leurs parties et l'on ne doit point faire attention aux rapports éloignés qui se trouvent entre certaines plantes, comme sont les rapports des vertus qu'elles ont, ou des lieux où elles naissent. Nous considérerons donc les plantes, parmi lesquelles la même structure des parties se trouvera, comme des plantes renfermées dans le même genre; de sorte que nous appellerons un genre de plante l'amas de toutes celles qui auront ce caractère commun qui les distingue essentiellement de toutes les autres plantes.»

À Linné (1707-1778), nous devons la formulation de diagnoses brèves, la synonymie, ainsi que la nomenclature binaire que nous utilisons encore actuellement. Linné utilisa les catégories d'espèce, de genre, d'ordre et de classe, celles de haut niveau étant conçues de manière à servir de moyen d'extraction d'information ou bien de sorte de système de recherche documentaire: «*Ordo est classum subdivisio, ne plura genera distinguenda simul et semel evadant, quam animus facile assequatur*» (Linné, 1751, Paragr. 161). Tournefort, Linné, beaucoup d'autres de leurs contemporains ainsi qu'un grand nombre de taxonomistes subséquents acceptaient la notion de l'essentialisme et pratiquaient donc le classement de haut en bas par division: *fundamentum divisionis* (Mayr, 1982). Pendant ce temps, un groupe rival, surtout français, au sein duquel on trouve Magnol (1689), Buffon (1785-1791), Adanson (1763), Vicq-d'Azyr (1786) et Heincke (1898), se limitait au principe de la classification empirique. De plus, Cuvier (1800-1805) employa pour la première fois la notion de corrélation des caractères ainsi que celle de subordination, celle-ci constituant une sorte d'attribution d'importance relative à chacun des caractères.

Lamarck (1778), dans sa *Flore française*, suivit les principes de Cuvier:

«Je dois observer ici que la manière de procéder dans une analyse ne peut être arbitraire; et

qu'encore qu'il paraisse indifférent au premier coup-d'œil d'employer telle division plutôt que telle autre, la marche qui fera trouver le nom de la plante doit cependant être combinée d'après certaines règles que je réduis à deux. La première est que l'on parvienne au but par la voie la plus sûre; la seconde est que cette voie soit en même temps la plus courte possible. Ces deux règles étant la base de toute méthode analytique, doivent être par conséquent combinées de façon qu'elles se croisent le moins qu'il se pourra; et dans le cas où l'une ne pourroit être observée qu'aux dépens de l'autre, ce seroit alors la seconde qu'il faudroit sacrifier en partie à la première, qui ne sauroit être trop respectée; c'est sur quoi il me paroît nécessaire d'insister, pour donner une juste idée de mon travail.»

Ces principes, en guise de règles si merveilleusement décrites par Lamarck, doivent, à mon avis, être conçus comme les premières classifications-clés, c'est-à-dire des classifications monothétiques particulières. Ils touchent aussi à certains aspects de la théorie des questionnaires (Picard, 1972).

Les différentes classifications servent également de clés d'identification. C'est depuis le temps de Cuvier et de Lamarck que les chercheurs pratiquent une sorte d'attribution *a priori* de poids différents aux caractères. Ceci se fait encore de nos jours.

Ce principe de l'attribution de poids différentiels aux caractères par Cuvier et ses successeurs fut rigoureusement critiqué par un groupe contemporain, mentionné plus haut, qui pratiquait la classification empirique; parmi ces derniers, le plus célèbre était Adanson, non pour le principe même mais pour l'attribution *a priori*. Les principes de la classification empirique ne furent presque plus utilisés par la suite. Plus récemment, Beckner (1959) fut le premier à énoncer la définition du concept de groupement sur la base de combinaisons de caractères. Il forgea le terme «polytypique» pour désigner tout groupement des organismes mis ensemble par le nombre maximal d'états de caractères en commun, chaque état n'étant ni essentiel ni suffisant pour que chacun des organismes appartienne au groupe:

«A class is ordinarily defined by reference to a set of properties which are both necessary and sufficient (by stipulation) for membership in the class. It is possible, however, to define a group *K* in terms of a set *G* of properties f_1, f_2, \dots, f_n in a different manner. Suppose we have an aggregation of individuals (we shall not as yet call them a class) such that:

1. Each one possesses a large (but unspecified) number of the properties in *G*.

2. Each f in G is possessed by large numbers of these individuals and

3. No f in G is possessed by every individual in the aggregate.

By the terms of 3, no f is necessary for membership in this aggregate; and nothing has been said to either warrant or rule out the possibility that some f in G is sufficient for membership in the aggregate.»

Le terme polytypique, signifiant déjà aussi un taxon à plusieurs types, fut ensuite remplacé par «polythétique» par Sneath (1962). Ce sont ces principes de classification empirique, considérablement développés, qui constituent la taxonomie numérique (Sneath & Sokal, 1973).

Algorithmes et ordinateurs

La taxonomie numérique exige tout d'abord la cueillette d'une grande quantité de données, car celles-ci sont absolument nécessaires à l'analyse de la variabilité et à sa description. L'analyse de grandes quantités de données, ou de beaucoup de caractères à la fois, est facilitée par les ordinateurs. Ceux-ci ont besoin d'une série de directives, nommées algorithmes, pour qu'on obtienne une sortie spécifique à partir d'une entrée spécifiée. Dans les algorithmes, chaque étape doit être précisément définie de manière à pouvoir être traduite en langage d'ordinateur afin d'être exécutée par la machine (Knuth, 1977).

C'est donc grâce aux ordinateurs électroniques que la taxonomie numérique s'est rapidement développée durant les deux dernières décennies. Les ordinateurs sont d'une importance primordiale dans la classification moderne (Sokal, 1974).

Bref aperçu du procédé de la taxonomie numérique

Ce résumé est nécessairement très superficiel, mais complet. Le lecteur pourra se référer au diagramme de la figure 1, qui indique les étapes du procédé. Pour commencer, il est nécessaire de déterminer les unités d'observation. Celles-ci, souvent nommées «unités taxonomiques opérationnelles» (UTO), peuvent être des individus, des espèces ou d'autres taxons. Ensuite il faut déterminer les caractères et leurs états. Puis, on évalue l'état de chaque caractère pour chaque UTO. On transcrit les états, ainsi repérés, sous forme de symboles, c'est-à-dire en les codant.

À la fin du repérage et du codage, on obtient une matrice d'UTO par caractères. Cette dernière s'appelle la Matrice de Données (M.D.). Selon

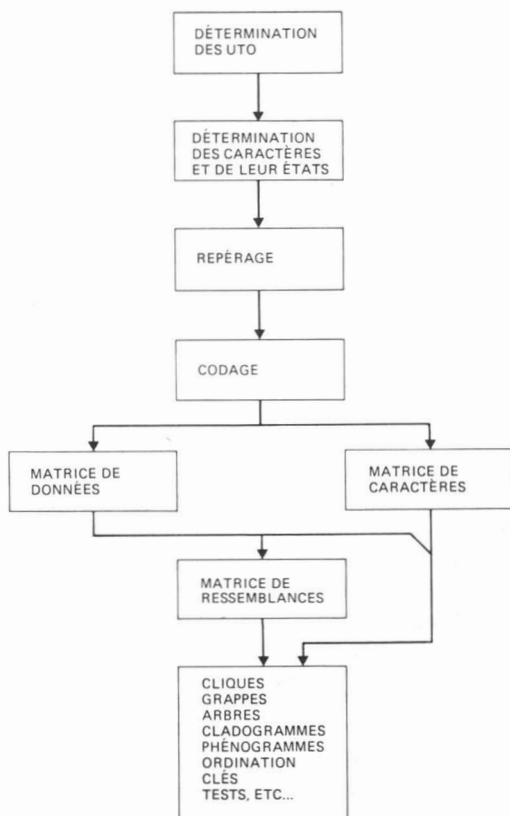


Figure 1. Diagramme de cheminement indiquant les étapes générales d'une analyse numérique.

les buts et les méthodes, il est nécessaire d'élaborer, à part la M.D., une ou plusieurs autres matrices; par exemple, pour certaines clés ou analyses cladistiques, il faut en plus une matrice de caractères. C'est dans ces matrices additionnelles ainsi que dans le codage de la M.D. que les relations entre les états des caractères sont déterminées.

Ensuite, selon la méthode suivie, c'est la M.D. seule ou accompagnée de la matrice des caractères, qui est soumise à des calculs de classification (voir les deux sections suivantes). Le premier calcul permet d'obtenir une sorte de matrice des ressemblances entre toutes les paires possibles d'UTO ou de caractères, ou des deux, selon le but de l'étude.

La matrice des ressemblances est ensuite soumise à d'autres calculs produisant des cliques de caractères ou des groupes d'UTO, qui peuvent être transformés en grappes ou arbres, souvent nommés dendrogrammes, phénogrammes ou cladogrammes, en diagrammes de dispersions des caractères ou des UTO (ou des deux) dans

des espaces de dimension réduite, ou encore en clés.

Le troisième groupe de calculs ajoute des détails nécessaires, par exemple les détails des synapomorphies, la longueur totale des arbres, les tests d'ajustement des données avec la dispersion des UTO qui en résulte, et d'autres encore.

Je répète que cet aperçu est très simplifié. Cependant, il est important de noter que ce procédé peut être répété aussi bien que vérifié. Il est effectué presque instantanément par les ordinateurs. Il ne fait pas appel à l'intuition (voir plus bas).

Classification

Le mot «classification» signifie beaucoup de choses différentes (Good, 1965). Le processus général de la classification peut comprendre trois aspects: le diagnostic, la classification proprement dite et la caractérisation.

Le but du diagnostic (ou identification) est de placer un objet dans un groupe parmi des groupes déjà définis. Pour réaliser ce but, on peut utiliser des clés d'identification ou bien des méthodes statistiques comme l'analyse discriminante.

La classification proprement dite (ou catégorisation) vise à établir des classes par groupement en se basant sur les différentes propriétés des UTO. Les groupes ainsi créés peuvent être mutuellement exclusifs ou se chevaucher. Le groupement est réalisé par intuition, ou par les méthodes quantitatives appelées méthodes botryologiques par Good (1965). Le groupement par intuition, c'est-à-dire par inspiration ou évaluation neurologique, est pratiqué de moins en moins, tandis que le groupement botryologique qui utilise la taxonomie numérique (Sneath & Sokal, 1973; Jardine & Sibson, 1971) est pratiqué de plus en plus. Pour la catégorisation, on utilise les méthodes d'analyse de la statistique multidimensionnelle — méthodes de groupement, d'ordination en espace réduit (comme les composantes principales ou l'analyse factorielle des correspondances), etc., ainsi que d'autres méthodes mathématiques.

Enfin, le but de la caractérisation est de spécifier les traits distinctifs, c'est-à-dire les caractéristiques, d'un groupe à partir d'échantillons appartenant à chacune des classes qui ont été catégorisées auparavant. On utilise dans ce cas des méthodes statistiques multidimensionnelles ou d'autres méthodes, par exemple l'analyse de variance et la gamme des méthodes d'analyse des caractères qui sont capables d'évaluer l'importance relative des caractères à partir d'un critère quelconque.

Classification biologique

Il s'agit d'un cas particulier de la classification en général. On peut élaborer des classifications dans des buts particuliers ou très spéciaux comme, par exemple, un groupement de livres par leur taille (ce qui ne sert pas à grand-chose ni ne possède de valeur heuristique, même si les grands livres sont souvent des livres traitant des mêmes sujets — livres d'art ou atlas par exemple). On élabore aussi des classifications plus générales, c'est-à-dire pouvant remplir plusieurs buts.

Les classifications à but général sont souvent définies comme étant naturelles (Gilmour, 1937; Sokal, 1974). Parmi celles-ci, on compte les classifications par causalité (par exemple, les maladies). Dans les classifications biologiques, on exige que les taxons soient groupés selon leur origine. Les classifications à but général sont donc soumises à des contraintes rigoureuses, leur donnant une valeur supérieure aux autres types de classification et la capacité de servir de base à toutes sortes de généralisations (Mayr, 1982).

Les clés d'identification, mentionnées ci-haut, peuvent être conçues comme des classifications, mais sans valeur prédictive, dans le sens de Gilmour, malgré leur intérêt pratique pour l'identification même.

Dans la classification biologique, on distingue aujourd'hui entre les classifications phénétique, cladistique, évolutive, et les clés d'identification. Les méthodes de la taxonomie numérique sont appliquées à tous ces types de classement.

La classification phénétique est basée sur le groupement d'UTO qui est obtenu à partir de calculs de similarité (dissimilarité) d'ensemble («overall similarity»). Elle est donc souvent basée sur un dendrogramme ou une ordination. Par contre, la classification cladistique, souvent aussi appelée phylogénétique, est basée strictement sur la généalogie représentée par un cladogramme. Ce dernier est obtenu à partir des calculs de détermination de groupes-frères («sister groups»). La classification évolutive est basée par ailleurs sur un phylogramme des UTO (Mayr, 1981) qui tient compte du patron cladistique, superposé au degré de divergence des UTO. Les principes de cette approche n'ont pas encore été mis au point méthodologiquement.

Avantages des méthodes numériques

RÉPÉTITIVITÉ DES RÉSULTATS

Une fois les données recueillies, établies et documentées, leur traitement produira les mêmes

résultats pour tout chercheur employant la même méthode. Dans le cadre de la taxonomie numérique, les méthodes doivent être clairement définies. Toute étude se prête ainsi facilement à l'examen critique par les pairs; elle peut être scrutée quant au choix de la méthode de traitement, ou bien quant aux données elles-mêmes, comme la matrice des données; le traitement lui-même, pouvant être répété, n'y est évidemment plus soumis.

TRAITEMENT D'UN GRAND NOMBRE DE CARACTÈRES

La taxonomie numérique nous permet d'intégrer des données de différents types, c'est-à-dire obtenues de différentes disciplines scientifiques, toutes observées chez les mêmes objets. Par exemple, on peut analyser en même temps les caractères de l'ADN, les séquences de protéines et la morphologie. Ceci est très difficile à réaliser en taxonomie conventionnelle.

Quand on utilise la taxonomie numérique, la grille ou matrice de données à remplir nous force à faire des observations sur chaque caractère pour chaque objet à l'étude. De plus, on est encouragé à prendre en considération le plus grand nombre possible de caractères, ce qui rend la cueillette des données plus exigeante qu'en taxonomie conventionnelle.

RAPIDITÉ RELATIVE DES CALCULS

La taxonomie numérique peut être exécutée manuellement. Cependant, les méthodes de calcul sont souvent si compliquées qu'il est avantageux de les effectuer au moyen d'un ordinateur. Par exemple, la solution de l'inverse d'une matrice de distance, ou bien l'optimisation d'un arbre cladistique, prend quelques millisecondes avec l'ordinateur, tandis que le même procédé requiert de quelques jours à plusieurs semaines avec un calculateur de poche.

Illusions possibles

SUBJECTIVITÉ RELATIVE DES CARACTÈRES ET ERREURS D'OBSERVATION

Le fait qu'une étude soit effectuée par la taxonomie numérique, selon des méthodes bien définies, et que les analyses puissent être répétées ne devrait pas donner à son usager une fausse impression de sécurité. Le choix des caractères a une importance primordiale. Le phénomène GIGO est très connu, c'est-à-dire «*Garbage In, Garbage Out*». Les caractères et leurs états ont une très grande influence sur les résultats d'une étude, car ces derniers sont la conséquence de

la définition des premiers. Ceci dépend, évidemment, du taxonomiste lui-même, surtout s'il repère des traits mesurables ou des quantités par voie automatique (par exemple par analyse d'image, voir Baum *et al.*, 1980).

On ne pourra probablement jamais éviter un certain degré de subjectivité dans les études numériques, car le choix des caractères est important. Si on décide d'étudier les flavonoïdes ou les protéines, ou la morphologie de la fleur (indépendamment de la définition des états et du codage), c'est ce choix qui influencera d'abord les résultats obtenus.

En outre, des erreurs d'observation, statistiquement parlant, des erreurs inhérentes au type de mesure ainsi que des erreurs de transcription se produisent dans beaucoup d'études. Mentionnons aussi les erreurs d'échantillonnage.

ERREURS DE TRANSCRIPTION DES DONNÉES

Les erreurs peuvent être fréquentes, surtout quand les transcriptions sont effectuées manuellement. Les observations sont généralement pratiquées à l'œil nu, au microscopie, ou lues sur un appareil de mesure directement ou indirectement, par exemple les zymogrammes. C'est pendant cette étape que des erreurs se produisent. Outre cela, des erreurs se produisent aussi dans le codage et dans le transfert des données à un fichier d'ordinateur. Il est possible de minimiser les erreurs de transcription si les opérations sont faites automatiquement à partir du repérage ou du relevé des données jusqu'à leur enregistrement dans le fichier de l'ordinateur; malheureusement, dans la plupart des cas, l'automatisation ne peut pas encore être appliquée.

CHOIX DES MÉTHODES

Les analyses que l'on effectue pour une étude de taxonomie numérique sont significatives à la condition que les données soient en accord avec les méthodes choisies. Les erreurs de choix de méthode sont dues à plusieurs causes (Estabrook, 1972). Il est donc absolument nécessaire, pour un travail efficace, que le chercheur possède des connaissances, non seulement des méthodes elles-mêmes (Crovello, 1970), mais de leur fonctionnement et de leur exécution dans différentes conditions (Minkoff, 1965). Il est aussi important de comprendre comment les différentes méthodes sont traduites par les différents algorithmes, car différents programmes d'ordinateur peuvent produire différentes solutions pour une même méthode de base (Blashfield, 1977). Nous avons récemment publié une revue sur ces sujets dans les travaux botaniques (Duncan & Baum, 1981).

ERREURS D'INTERPRÉTATION

Nous avons démontré que le traitement des données joue un rôle significatif dans la taxonomie, alors qu'il n'a aucune influence sur la cueillette et l'accumulation des données. Il a très peu de relation avec l'interprétation des résultats de l'analyse, sauf dans le cas des clés d'identification, lesquelles peuvent être produites par l'ordinateur.

En ce qui concerne les classifications, le chercheur doit intervenir entre les résultats numériques et le classement final. Cette étape comprend des éléments de nature subjective, à savoir le procédé de décision et d'élaboration d'hypothèses de classement, ainsi que de détermination du rang taxonomique. L'utilisation de méthodes statistiques pour déterminer et tester les groupes impliqués par les résultats numériques, à part l'analyse discriminante, est encore très peu développée. Voyez par exemple Sneath (1977) et d'autres travaux du même auteur, ainsi que Legendre & Legendre (1983).

Conclusion

OBJECTIVITÉ DU TRAITEMENT DES DONNÉES

Nous avons démontré l'objectivité relative des méthodes de la taxonomie numérique. Cette objectivité est restreinte à la phase du traitement des données. L'aspect répétitif est relatif et limité. De plus, parmi les méthodes, un grand nombre produisent des solutions locales et non globales, c'est-à-dire que les solutions dépendent de la séquence de l'entrée des données. Cette dernière restriction s'applique aussi bien aux méthodes de classification phénétiques que cladistiques. Elle ne s'applique cependant pas aux méthodes de construction de clés et aux méthodes de la statistique multidimensionnelle, par exemple l'analyse discriminante et les ordinations.

LIMITES

Nous avons aussi démontré que les limites se trouvent surtout au niveau de la cueillette des données, lors des observations et de leur accumulation. La valeur des données et leur utilité, à des fins taxonomiques, dépendront pour longtemps encore du chercheur lui-même. La fonction du chercheur est de choisir, en utilisant ses connaissances, la combinaison de méthodes qui soit conforme à la nature de ses données aussi bien qu'au but de son étude.

CONSÉQUENCES

Le traitement des données présente un grand avantage pour le taxonomiste, puisqu'il remplace

un procédé qui était souvent fondé sur l'intuition et ne pouvait donc pas être soumis à la rigueur de la répétition, avec ses limites, ou à la vérification des méthodes employées. De plus, ce procédé était restreint à un nombre très limité de caractères. Les méthodes numériques ont donc de très grands avantages parce qu'elles permettent aux chercheurs de consacrer beaucoup plus de temps à la recherche sur les organismes eux-mêmes ainsi qu'à la synthèse des résultats. Les résultats sont obtenus avec grande objectivité et très rapidement, à partir d'une masse importante et variée de données.

En pratique, un grand nombre de logiciels tout faits existent pour la mise en œuvre des méthodes communes. Parmi eux, le BMDP, le SPSS, le SAS, par exemple, sont accessibles dans la plupart des centres de calculs; d'autres, comme le NTSYS (Rohlf *et al.*, 1982) et le PHYLIP (Felsenstein, 1983), sont distribués par leurs auteurs et il existe de plus beaucoup d'autres programmes individuels, par exemple le WAGNER 78 (Farris, 1978) et le KEYGEN (Pankhurst, 1980).

Remerciements

Je suis très reconnaissant à Messieurs Pierre Legendre (Université de Montréal) et Fernand Schmid (Agriculture Canada, Ottawa) d'avoir bien voulu lire et commenter une version antérieure de cet article. J'aimerais également remercier la Société botanique du Québec de m'avoir invité à participer au colloque de Trois-Rivières sur la classification des plantes.

Références

- ADANSON, M., 1763. Familles des plantes. — Paris.
 BAUHIN, C., 1623. Pinax theatri botanici ... — Basel.
 BAUM, B.R., W. PETRUK & L. BAILEY, 1980. Assessment of the value of endospermic starch granules for the taxonomy of barley (*Hordeum*) species and cultivars with special emphasis on their identification, using the technique of image analysis. — *Z. PflZücht*, 85: 212-225.
 BECKNER, M., 1959. The biological way of thought. — Columbia Univ. Press, N.Y.
 BLASHFIELD, R., 1977. The equivalence of the statistical packages for performing hierarchical cluster analysis. — *Psychometrika*, 42: 429-431.
 BUFFON, G.L.L. de, 1785-1791. Histoire naturelle, 54 volumes. — Deux Ponts.
 CROVELLO, T.J., 1970. Analysis of character variation in ecology and systematics. — *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 1: 55-98.
 CUVIER, G.L.C.F.D., 1800-1805. Leçons d'anatomie comparée. 5 volumes. — Paris.

- DUNCAN, T. & B. R. BAUM, 1981. Numerical phenetics: its uses in botanical systematics. — *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 12: 387-404.
- ESTABROOK, G.F., 1972. Theoretical methods in systematics and evolutionary studies. — Pages 23-86 in R. Rosen & F.M. Snell (eds.), *Progress in theoretical biology*, Vol. 2. Academic Press, New York.
- FARRIS, F.J., 1978. Program for constructing Wagner trees. — State Univ. N.Y. at Stony Brook (mimeo).
- FELSENSTEIN, J., 1983. Program package for inferring phylogenies, Version 3.0. — Technical Report, Univ. of Washington, Seattle (mimeo).
- GILMOUR, J.S.L., 1937. A taxonomic problem. — *Nature*, 139: 1040-1042.
- GOOD, I.J., 1965. Categorization of classification. — Pages 115-128 in *Mathematics and computer science in biology and medicine*. Proceedings of conference held by Medical Research Council in association with the Health Dept., Oxford, July 1964. London, Her Majesty's Stationery Office, x + 317 p.
- HEINCKE, F., 1898. *Naturgeschichte des Herings*. — Deutscher seefisch. Ver. Berlin, Abhandl., 2.
- JARDINE, N. & R. SIBSON, 1971. *Mathematical taxonomy*. — Wiley, London, 286 p.
- KNUTH, D.E., 1977. Algorithms. — *Sci. Am.*, 236(4): 63-80.
- LAMARCK, J.B.A.P.M. de, 1778. *Flore française*, 3 volumes. — Paris.
- LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1983. *Écologie numérique*, 2^e éd. 1. Le traitement multiple des données écologiques. — Masson, Paris et Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.
- LINNÉ, C., 1751. *Philosophia botanica*. — Stockholm.
- MAGNOL, P., 1689. *Prodromus historiae generalis plantarum*. — Montpellier.
- MAYR, E., 1981. Biological classification: toward a synthesis of opposing methodologies. — *Science*, 214: 510-516.
- MAYR, E., 1982. *The growth of biological thought. Diversity, evolution, and inheritance*. — Cambridge, Harvard Univ. Press.
- MINKOFF, E.C., 1965. The effect on classification of slight alterations in numerical technique. — *Syst. Zool.*, 14: 186-213.
- PANKHURST, R.J., 1980. Key constructing program. — *Brit. Mus. nat. Hist.*, London (mimeo).
- PICARD, C.F., 1972. *Graphes et questionnaires*. — Gauthier-Villars, Paris.
- ROHLF, F.J., J. KISHPAUGH & D. KIRK, 1982. Numerical taxonomy system. — Tech. Report State Univ. New York at Stony Brook.
- SNEATH, P.H.A., 1962. The construction of taxonomic groups. — Pages 289-332 in G.C. Airworth & P.H.A. Sneath (eds.), *Microbiological classification*, 12th Symposium of the Soc. for general microbiology. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- SNEATH, P.H.A., 1977. Cluster significance tests and their relation to measures of overlap. — *Premières journées internationales d'analyse des données et d'informatique*, I.R.I.A., Le Chesney, France, p. 15-36.
- SNEATH, P.H.A. & R.R. SOKAL, 1973. *Numerical taxonomy*. — Freeman, San Francisco, 573 p.
- SOKAL, R.R., 1974. Classification: purposes, principles, progress, prospects. — *Science*, 185: 1115-1123.
- TOURNEFORT, P., 1694. *Éléments de botanique ou méthode pour connaître les plantes*. — Imprimerie Royale, Paris.
- VICQ-D'AZYR, F., 1786. *Traité d'anatomie et de physiologie* ... — Paris, Didot.

LES PRINCIPES DIRECTEURS DES SYSTÈMES MODERNES DE CLASSIFICATION DES ANGIOSPERMES

D. BARABÉ

*Jardin botanique de la Ville de Montréal
4101 rue Sherbrooke est
Montréal, Québec H1X 2B2*

Résumé

Dans cet article, l'auteur analyse différents aspects des systèmes modernes de classification des angiospermes, dits phylogénétiques, en particulier ceux de Cronquist, Dahlgren, de Soó, Emberger, Hutchinson, Takhtajan et Thorne. Tous ces systèmes, qui veulent refléter l'histoire évolutive des plantes à fleurs, se fondent sur des principes qui touchent l'unité taxonomique de base, la délimitation des taxons, le poids des différents caractères et la polarité des séries évolutives. Les relations entre ces principes et les types de classification auxquels ils conduisent sont discutés en rapport avec différents modèles systématiques: évolutif, cladistique et phénétique. Il apparaît que les systèmes modernes, construits d'après l'ensemble des similarités et dissimilarités qui existent entre les taxons, ne sont pas plus différents de ce qu'ils auraient été sans tenir compte de l'idée d'évolution. Différents auteurs ont tenté d'appliquer des méthodes phénétiques et cladistiques à l'étude de la classification des familles de plantes. Ces travaux, tout en demeurant encore fragmentaires, permettent d'entrevoir de nouveaux développements dans les recherches sur la classification des angiospermes.

Abstract

The author analyses different aspects of the modern phylogenetic systems of classification of the angiosperms, and more specifically those of Cronquist, Dahlgren, de Soó, Emberger, Hutchinson, Takhtajan and Thorne. All these systems, which attempt to show the evolutionary history of flowering plants, are based on principles which concern the basic taxonomic unit, the delimitation of taxa, the weight of different characters, and the polarity of evolutionary series. The relationships between these principles and the different types of classification to which they lead are discussed with respect to different systematic models: evolutionary, cladistic and phenetic. It appears that modern systems, built according to the similarities and dissimilarities between taxa, are not different from what they would have been without taking evolutionary theory into account. Different authors have tried to apply phenetic and cladistic methods to the study of the classification of plant families. These studies, although still fragmentary, point to new developments in research on the classification of angiosperms.

Introduction

Environ 20 systèmes de classification des angiospermes, qui comptent entre 200 000 et 250 000 espèces, ont vu le jour au 20^e siècle; d'un point de vue historique, ils sont considérés comme des «systèmes phylogénétiques» par comparaison avec les «systèmes naturels» du 19^e siècle (Becker, 1974). Ces systèmes veulent refléter la phylogénie des plantes à fleurs, même s'il s'agit généralement d'une image simplifiée pour des raisons d'ordre pratique. Emberger (1960) décrit très bien l'idéal des systématiciens

modernes qui travaillent à la construction d'un système global des familles de plantes à fleurs (1960, p. IX):

«La Botanique Systématique a pour but de représenter en un seul corps hiérarchisé, phylogéniquement ordonné, les rapports de parenté entre les végétaux. Elle est, en un mot, une généalogie».

Parmi les systèmes dits phylogénétiques, on peut reconnaître deux catégories: les systèmes de type Engliérien et ceux de type Besseyen. Les premiers, inspirés du système de Engler (Engler

& Prantl, 1897-1915), se caractérisent, entre autres, par la position primitive occupée par certaines familles d'amentifères, groupe de plantes principalement anémophiles dont plusieurs membres possèdent de petites fleurs munies d'un périanthe réduit. Wettstein (1924), Melchior (1964) et même Emberger (1960), jusqu'à un certain point, s'inscrivent dans cette lignée. Les systèmes de type Besseyen, influencés par les travaux de Bessey (1915), Gobi (cité par Takhtajan, 1980) et Hallier (1912), placent à la base des angiospermes le groupe des Ranales, *sensu lato*, plantes surtout entomophiles, caractérisées par des fleurs de taille moyenne, dialypétales. Notre analyse a porté principalement sur les systèmes de Cronquist (1968), Dahlgren (1980), de Soó (1975), Emberger (1960), Hutchinson (1959), Thorne (1976) et Takhtajan (1966, 1980). À part Emberger (1960), ce sont tous des auteurs qui s'inscrivent dans la tradition Besseyenne, quoique Takhtajan ait été surtout influencé, comme il le dit lui-même, par Hallier et Gobi.

Les aspects suivants ont été analysés: l'unité taxonomique de base, la délimitation des taxons, la détermination des caractères primitifs et évolués, la construction de la phylogénie et la mise en place du système de classification. Enfin, dans un dernier temps, nous verrons comment les développements récents de la systématique cladistique et de la systématique phénétique peuvent contribuer à l'avancement de la classification des plantes à fleurs.

Unité de base

Pour des raisons d'ordre pratique, l'unité taxonomique de base des systèmes de classification modernes est, sans contredit, la famille. Comme l'écrit Emberger (1931, p. 88):

«La famille végétale groupe tous les végétaux qui ont le même aspect, le même *air de famille* pourrait-on dire. Les Graminées, les Crucifères et les Ombellifères forment des familles typiques; tous les membres de chacune de ces familles se ressemblent, ont le même air. La famille est essentiellement naturelle».

Les familles, dont le nombre varie entre 50 et 500 selon l'auteur considéré, rendent compte de la variabilité qui existe au niveau de l'ensemble des plantes à fleurs. Beaucoup de familles ont été reconnues comme unités naturelles depuis longtemps, par exemple les ombellifères, les crucifères, les graminées et les orchidées, à cause de leur homogénéité. Ces familles homogènes dont les caractéristiques sont uniformes et fixées sont dites monotypes (Emberger, 1931, 1960).

Beaucoup de familles présentent cependant une grande diversité et comprennent des genres se reliant les uns aux autres dans une série continue de formes et dont «les caractères se groupent autour d'une moyenne qui en fait l'unité» (Emberger, 1960); ces familles sont appelées *familles par enchaînement*. Difficilement cernables par quelques caractères, elles ont, malgré tout, une physionomie typique qui les rend facilement reconnaissables, par exemple les renonculacées, les rosacées, les caryophyllacées, les hamamelidacées, etc. Depuis les travaux des botanistes du 19^e siècle, le nombre de familles reconnues a augmenté pour se stabiliser aux environs de 400. Il semble que l'augmentation du nombre de familles soit causée principalement par la désintégration d'anciennes familles, surtout des familles par enchaînement, étant donné l'instabilité de leur composition. La découverte de nouveaux taxons singuliers ne semble pas avoir contribué de façon sensible à l'accroissement du nombre de familles dans les systèmes modernes. D'après une étude de Clayton (1974), le nombre de nouvelles familles augmente plus rapidement, en proportion, que le nombre de nouvelles espèces. Cette augmentation est due à la présence accrue de familles monogénériques dans les systèmes contemporains. Ceci constituerait un phénomène récent, lié à l'apport de nouvelles données et à une réinterprétation de la classification ancienne. L'inflation dans certains systèmes contemporains, qui se répercute aussi au niveau des autres catégories taxonomiques, indique une tendance chez les taxonomistes à donner plus d'importance aux caractères distinctifs que similaires. Aussi préfèrent-ils extraire des familles les genres qui apparaissent solitaires (Clayton, 1974), et ils font de même des ordres monofamiliaux.

Les différences entre les systèmes contemporains, en ce qui a trait au nombre de familles, s'expliquent par le fait qu'on élève ou non des sous-familles, des genres et même des espèces au rang de famille. Par exemple, Takhtajan, en 1969, reconnaissait les familles Mimosaceae, Caesalpiniaceae et Fabaceae, des taxons qui, chez d'autres auteurs, constituent des sous-familles de la famille des légumineuses (Leguminosae ou Fabaceae). Or, en 1980, le même botaniste revient à une position plus conservatrice en ne reconnaissant que la famille des légumineuses, avec ses trois sous-familles habituelles, alors que chez Cronquist (1981), c'est l'inverse qui s'est produit: il n'acceptait qu'une seule famille dans son premier traité de systématique (1968). Ceci montre encore une fois l'aspect, sinon arbitraire, du moins changeant des classifications. S'il y a divergence d'opinion au niveau de plusieurs familles, certaines d'entre elles, par contre, sont

très bien délimitées et ne font l'objet d'aucune controverse, même parmi les familles monogénériques; ainsi en est-il des Leitneriaceae (famille monotypique) et des Casuarinaceae (famille monogénérique) qui sont même élevées au rang d'ordre pour bien indiquer le fossé qui les sépare des familles proximales.

Si la famille est le niveau taxonomique de base dans la description globale des angiospermes, l'ordre est sans contredit la catégorie la plus utilisée lorsqu'il s'agit de représenter sur un dendrogramme leur phylogénie (Dahlgren, 1980; Emberger, 1960; Hutchinson, 1959; Takhtajan, 1966, 1969, 1980; Thorne, 1976). Une représentation graphique de la phylogénie des familles d'angiospermes sur un même tableau serait probablement trop lourde et fastidieuse à suivre. En choisissant l'ordre, on obtient certes une meilleure perception de l'ensemble, mais, d'un autre côté, on perd de l'exactitude dans la représentation des liens phylogénétiques. D'autant plus que l'ordre, contrairement à la famille, est souvent considéré comme un taxon artificiel (Dahlgren & Clifford, 1982; Hutchinson, 1959).

Délimitation des taxons

Nous avons vu que la composition des familles et des autres taxons de niveau supérieur diffère entre les systèmes. Or, tous les auteurs cherchent à former ce qu'ils appellent des taxons naturels. Mais que signifient au juste les expressions taxons naturels et systèmes naturels?

Dans les systèmes de classification modernes, deux notions de taxons naturels se côtoient: l'une liée aux propriétés structurales des relations entre les éléments d'un groupe, l'autre attaché à la phylogénie des éléments à l'intérieur de celui-ci. Deux notions que les auteurs étudiés confondent dans leurs systèmes. Naturellement, se pose la question de savoir si la délimitation d'un groupe considéré comme naturel, uniquement sur la base de la corrélation de caractères, peut correspondre à un taxon monophylétique. Cela soulève de nouveau le problème de l'image que peuvent donner de la phylogénie les relations phénétiques. Je pense cependant que ce problème n'a pas à être résolu pour comprendre la notion de groupe naturel dans les systèmes contemporains.

Dans les systèmes modernes, on retrouve des groupes *monothétiques* et *polythétiques*. Les groupes monothétiques sont formés, comme l'écrivent Sneath & Sokal (1973), par des divisions logiques, successives et rigides de telle sorte que la possession d'un ensemble unique de caractéristiques est suffisante et nécessaire pour déterminer l'appartenance à un groupe particulier.

Ainsi, tous les membres d'un groupe possèdent les caractéristiques qui définissent le groupe. Selon les mêmes auteurs, les groupes monothétiques ne constituent pas en général des taxons naturels. La délimitation de tels groupes ne serait avantageuse que dans la construction de clefs. Les groupes polythétiques comprennent des organismes ou des taxons qui sont placés ensemble parce qu'ils possèdent un grand nombre de caractères en commun; cependant, aucun caractère n'est essentiel pour caractériser le groupe ou suffisant pour inclure un organisme dans le groupe (Sneath & Sokal, 1973). La grande majorité des familles non monogénériques ainsi que les taxons d'ordre supérieur constituent certainement des groupes polythétiques.

Les auteurs veulent que leurs systèmes reflètent la phylogénie des familles de plantes à fleurs. Pour ce faire, ils cherchent, théoriquement, à former des taxons monophylétiques. Cependant, un taxon polythétique, donc naturel d'après la définition de Beckner (cité par Sneath & Sokal, 1973), peut aussi bien être monophylétique que polyphylétique. Prenons l'exemple des Hamamelidales dans le système de Takhtajan (1980), ordre qui comprend six familles dont les caractéristiques morphologiques sont indiquées sur la figure 1. D'après la distribution des caractères, on voit que les Hamamelidales ainsi définis correspondent à un groupe complètement polythétique. En effet, chaque famille possède plusieurs caractères typiques de l'ordre des Hamamelidales. Chaque caractère apparaît généralement dans plusieurs familles et, enfin, aucun caractère n'apparaît dans toutes les familles. Des études phénétiques (Barabé *et al.*, 1982a, b) et cladistiques (Barabé, 1984) récentes montrent que les Hamamelidales, se divisent en deux groupes bien distincts: d'un côté les Hamamelidaceae, Platanaceae, Myrothamnaceae et de l'autre les Simmondsiaceae, Buxaceae et Daphniphyllaceae. Ces deux groupes peuvent provenir d'un même ancêtre (fig. 1A), ou de deux ancêtres appartenant à des lignées différentes (fig. 1B). Dans le premier cas, l'ordre des Hamamelidales est monophylétique, dans le second polyphylétique. Ainsi, à un même groupe polythétique peuvent être associés plusieurs dendrogrammes. Ceci nous amène à dire qu'on peut considérer le système d'Emberger comme naturel, bien que ses unités systématiques puissent être monophylétiques ou polyphylétiques. Il est intéressant de noter que même si Cronquist (1968), Takhtajan (1980) et Thorne (1976) ne conservent théoriquement aucun groupe polyphylétique, ils basent la délimitation des taxons naturels sur la corrélation multiple d'un grand nombre de caractères pondérés. Pour eux, c'est la seule façon d'obtenir des taxons naturels.

1 – Cristaux d'oxalate de calcium	+	+	+	+	+	-
2 – Acide ellagique	+	-	+	-	-	-
3 – Proanthocyanes	+	+	+	-	+	+
4 – Perforations	Sc	Sc	Sc	Sc	Sc	Si
5 – Parenchyme secondaire	+	+	-	+	+	+
6 – Stomates	Po	Po	Po	Pa	Po	Po
7 – Position des feuilles	At	At	O	At	At	O
8 – Nervures de 1 ^{er} ordre	Ac	Ac	Ac	P	P	P
9 – Nervures de 2 ^e ordre	Ca	Ca	Ca	Cr	Cr	Cr
10 – Marge des feuilles	En	Dt	En	En	En	En
11 – Stipules	+	+	+	-	-	-
12 – Nœuds	Tr	Tr	Tr	Tr	U	U
13 – Port	M	M	D	D	M	D
14 – Type de fleur	Di	Di	A	Di	Di	Di
15 – Déhiscence	L	V	L	L	L	L
16 – Disposition du pollen	Mo	Mo	T	Mo	Mo	Mo
17 – Taille du pollen	Pe	Pe	Pe	Pe	G	G
18 – Type d'aperture	C	C	C	Cp	Cp	C
19 – Type de gynécée	Sy	Ap	Sy	Sy	Sy	Sy
20 – Type d'ovules	An	Or	An	An	An	An
21 – Type de graines	Al	Al	Al	Al	Al	E
22 – Type d'albumen	N	N	N	C	C	N
23 – Type de fruits	S	S	S	Ch	S	S
24 – Déhiscence du fruit	De	I	De	I	I	De

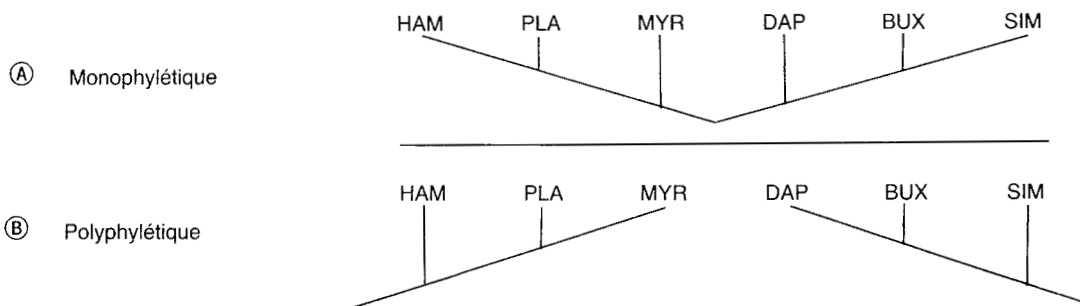


Figure 1. Diagramme montrant qu'un groupe polythétique peut être monophylétique ou polyphylétique. Il s'agit des caractères morphologiques des Hamamelidales *sensu* Takhtajan (1980). *Abréviations pour les caractères*: A, achlamydés; Ac, actinodromes; Al, albuminées; An, anatropes; Ap, apocarpe; At, alternes; Ax, axile; C, colpé; Ca, camptodromes; Ce, cellulaire; Ch, charnus; Cp, colpore; Cr, craspédodromes; D, dioïque; De, déhiscence; Di, dichlamidée; Dt, dentée; E, exalbuminées; En, entière; G, > 25 µm; I, indéhiscence; L, longitudinale; M, monioïque; Ma, marginale; Mo, monade; N, nucléaire; O, opposées; Or, orthotropes; Pa, paracytiques; P, pennées; Pe, < 25 µm; Po, polycitiques; S, secs; Sc, scalariformes; Si, simples; Sy, syncarpe; T, tétrade; Tr, trilacunaires ou multilacunaires; U, unilacunaires; V, valvaire. *Abréviations pour les familles*: BUX, Buxaceae; DAP, Daphniphyllaceae; HAM, Hamamelidaceae; MYR, Myrothamnaceae; PLA, Platanaceae; SIM, Simmondsiaceae.

Cronquist (1968), implicitement, accepte la notion de groupe polythétique comme taxon naturel, sauf qu'il y adjoint une référence à l'évolution. Selon lui, le système naturel est celui qui possède un niveau d'information élevé. Cependant, contrairement à cet auteur, nous ne croyons pas que le système doit faire référence à l'évolution ou à la phylogénie pour augmenter sa teneur en information.

Revoyons maintenant la notion de groupes monothétiques. Même si plusieurs taxons polythétiques constituent des groupes naturels qui possèdent un haut niveau informatif, par exemple les Rosales et les Caryophyllales, la tendance à

vouloir caractériser les taxons par un caractère unique demeure toujours présente en systématique des angiospermes (Burt, 1964). On se rend compte rapidement que le problème du choix des caractères est plus aigu au niveau des groupes monothétiques que polythétiques. Cette recherche du caractère unique, qui joue un rôle primordial en systématique cladistique, peut donner des résultats importants dans la classification des angiospermes. La taxonomie des Centrospermae illustre bien le passage d'une classification polythétique à monothétique.

Le groupe des Centrospermae ou Caryophyllales a toujours été considéré comme naturel,

dans un sens systématique et phylogénétique. Cependant, même si le noyau central des familles demeure le même, la composition totale du groupe change d'un auteur à l'autre, ainsi que l'a montré Eckardt (1976) dans son analyse historique. Eichler (1878) considérait que les Centrospermae se caractérisaient principalement, comme le nom du groupe l'indique, par la placentation centrale, basale. À ceci s'ajoutent les ovules campotropes et la position périphérique de l'embryon. Eichler n'est pas sans noter que ces caractères tout en distinguant le groupe n'en caractérisent pas tous les membres. Il reconnaissait 9 familles dans les Centrospermae, dont 8 constituent toujours le noyau central de ce taxon. Par la suite, la composition du groupe a varié d'un auteur à l'autre, soit par la subdivision de familles (ex. Gyrostemonaceae et Achantocarpaceae à partir des Phytolaccaceae), soit par l'exclusion de familles (ex. Polygonaceae) ou par l'adjonction de nouvelles familles (ex. Didiereaceae). Cependant, même si la composition du groupe variait autour d'un noyau central uniforme, il n'était pas possible de caractériser le groupe par un ou deux caractères exclusifs. Récemment, Behnke (1976a) a montré que 14 familles placées dans les Caryophyllales, possèdent un type de plastas qu'on ne retrouve pas ailleurs parmi les angiospermes. Sur la base de ce caractère il est donc possible de délimiter de façon précise les Caryophyllales (Behnke, 1976a; Mabry, 1977) et d'en faire un groupe monothétique et monophylétique. Cette nouvelle délimitation des Caryophyllales, permet d'exclure quelques familles de cet ordre, dont les Bataceae, Plumbaginaceae, Theligonaceae et Vivianiaceae (Behnke, 1976a,b, 1977). Bien que l'ordre des Caryophyllales, vu à la manière de Mabry (1977), soit monothétique, il n'en garde pas moins son caractère naturel.

Poids des caractères

La discussion précédente sur les Caryophyllales fait ressortir l'importance du poids donné à certains caractères. Un autre auteur, pour diverses raisons, aurait pu choisir le type de fleur, par exemple, pour tenter de faire des Caryophyllales un groupe monothétique. Soulignons que la recherche de groupes monothétiques, définis sur la base d'un caractère commun à tous les membres de l'ensemble, présente plusieurs points de similitude avec la notion de groupe monophylétique, mise en avant par les cladistes et définie sur la base de la possession commune de caractères dérivés (Hennig, 1966; Wiley, 1981). Or, le problème du poids des caractères touche aussi bien la formation de groupes monothétiques que polythétiques et la systématique évolutive

que cladistique. Depuis les travaux des botanistes du 18^e siècle, la pondération des caractères, qu'elle soit faite *a priori* ou *a posteriori*, demeure l'un des principes les plus importants dans l'élaboration des systèmes de classification des angiospermes (Bernier, 1984). Qu'on pense, par exemple, à la subdivision des dicotylédones en groupes ligneux et herbacées par Hutchinson (1959). Cet auteur a privilégié les caractéristiques du bois au détriment de toutes les autres.

La pondération des caractères en fonction du groupe étudié serait justifiée (Takhtajan, 1980) par le fait que tous les caractères d'un taxon ne conduisent pas forcément à la même interprétation phylogénétique, phénomène plus marqué au niveau des familles qu'aux rangs hiérarchiques inférieurs, puisque l'on trouve souvent une répartition en mosaïque de caractères primitifs et évolués chez les familles étroitement apparentées. Ceci s'explique par une différence dans la direction et le rythme d'évolution des caractères à l'intérieur des familles et des genres (Thorne, 1976). Ainsi, un caractère comme la position des feuilles peut, dans un ordre, permettre de distinguer deux familles, par exemple les Boraginaceae et les Verbenaceae, et dans un genre des espèces; par exemple *Cornus alternifolia* est séparé des autres espèces à cause de ses feuilles alternes. Dans chaque cas, l'importance taxonomique du caractère est déterminée après que le groupe ait été délimité. Il s'agit bien là d'une pondération *a posteriori*.

Deux questions se posent cependant concernant la subordination des caractères: y-a-t-il des organes plus importants que d'autres pour la classification et comment déterminer la valeur d'un caractère par rapport à un autre?

Cronquist (1968) semble être l'auteur contemporain qui a le plus développé les points soulevés par la première question. Il considère que durant les deux derniers siècles, les taxonomistes en sont venus à privilégier les structures qui ne présentaient pas une valeur adaptative, c'est-à-dire qui ne sont pas liées à la survie de l'organisme qui les porte ou à une niche écologique précise. Thorne (1976), qui accepte cette idée, écrit qu'il faut prendre en considération les organes qui sont les moins sujets aux pressions évolutives agissant sur le taxon qu'on étudie. Parmi les caractères utilisés pour la classification des familles et des genres auxquels il est difficile d'assigner une valeur adaptative, on trouve, selon Cronquist (1968): le type d'ovaire, le degré de soudure et la taille des pétales, le degré de fusion des carpelles, le type de placentation, le nombre de parties florales, la présence ou l'absence d'albume et la séquence du développement des

étamines. Or, il apparaît que plusieurs de ces caractères sont liés soit à la pollinisation, soit à la dissémination des graines (Carlquist, 1969; Endress, 1982), fonctions qui jouent un rôle biologique. Et, avec les développements récents de la botanique, on utilise de plus en plus tous les caractères, du niveau moléculaire au niveau morphologique (de Soó, 1975; Gershezon & Mabry, 1983; Fairbrothers, 1983; Behnke & Barthlott, 1983).

Une fois reconnu que tous les organes doivent être pris en considération, il reste à déterminer quels caractères seront privilégiés dans la délimitation de tel ou tel taxon. La réponse à cette question ne change pas depuis Engler (1909): c'est l'expérience du systématicien qui doit entrer en ligne de compte dans la pondération des caractères. En fait, les auteurs cités précédemment sont tous conscients de la part de subjectivité liée à la pondération des caractères. Takhtajan (1980) écrit à ce sujet (p. 223): «*Correct weighting of the characters and their evolutionary tendencies gain special significance in such cases. It depends on the experience of a systematist and his erudition*». Depuis Engler (1909) et Wernham (1912), peu de progrès a été réalisé à ce niveau. Aucun des systématiciens modernes n'a approfondi cet aspect, souvent oublié dans les travaux contemporains, alors qu'il devrait s'agir là d'un élément central.

Détermination de la polarité des caractères

Comme les systèmes modernes veulent refléter la phylogénie des familles de plantes à fleurs, il s'avère nécessaire de déterminer quels sont les caractères primitifs et évolués. C'est sur les stades évolutifs des caractères que se construit la phylogénie.

Il existe différents critères pour déterminer les caractères primitifs et évolués. Ce sujet a fait l'objet de plusieurs travaux dont les plus récents (Barabé, 1982; Crisci & Stuessy, 1980; Jong, 1980; Stevens, 1980; Watrous & Wheeler, 1981; Wiley, 1981) tentent de démontrer que le concept de comparaison hors-groupe demeure l'un des plus fondamentaux dans la détermination des stades primitifs et évolués. Cependant, il est surprenant de constater qu'aucun des auteurs qui ont élaboré un système de classification des angiospermes n'a exposé de façon claire les critères utilisés pour déterminer les stades évolutifs pour tel ou tel caractère dans tel ou tel groupe. Car on sait très bien qu'un caractère peut être évolué dans un taxon et primitif dans l'autre.

Plutôt que d'analyser rigoureusement le stade évolutif des caractères à l'intérieur de chaque taxon dont on veut retracer la phylogénie, les auteurs ont déduit des tendances évolutives générales qui portent sur l'ensemble des angiospermes. Ces tendances évolutives (Takhtajan, 1980), appelées principes chez Hutchinson (1959) et «*Dicta*» chez Bessey (1915), représentent en quelque sorte des marqueurs pour déterminer la phylogénie des taxons de rang supérieur, comme la famille et l'ordre. Or, on ne sait pas à partir de quels critères sont déterminées ces tendances évolutives et si elles ont été formulées antérieurement ou postérieurement à la détermination de la phylogénie. Cronquist (1968, p. 50) écrit que: «*The methods of establishing a «natural» sequence among groups of the same rank in such a scheme are purely subjective and intuitive*». Nous croyons que ce commentaire sur la filiation des taxons se rapporte aussi à celle des caractères. D'après Bessey (1915) et Hutchinson (1959), il semblerait que ce soit les tendances évolutives qui ont déterminé l'ordre de classification des familles. Dans les systèmes contemporains, apparaît très souvent un cercle vicieux dans le mode de détermination des stades évolutifs et dans la construction de la phylogénie des familles. Il n'est pas rare de lire qu'un caractère donné est primitif, puisqu'il se trouve dans des familles primitives, alors que ces mêmes familles sont placées à la base des angiospermes parce qu'elles possèdent des caractères primitifs. A ce sujet, rappelons que Sporne (1980), dans une œuvre poursuivie depuis 40 ans, a essayé de trouver des critères objectifs et de rompre ce cercle vicieux.

Fréquemment, les tendances évolutives, qui n'ont qu'un aspect indicatif pour l'ensemble des familles, sont utilisées pour déterminer la phylogénie à l'intérieur d'un ordre ou même d'une famille. Or, une analyse rigoureuse des caractères montre qu'à l'intérieur d'un taxon donné, les caractères ont souvent évolué dans un sens différent de ce qu'indiquent ces tendances.

Construction de la phylogénie et de la classification

Bien qu'elles soient à peu près identiques chez plusieurs auteurs, les séries évolutives conduisent à des systèmes souvent fort différents: y-a-t-il deux systèmes plus dissemblables que ceux de Hutchinson et Takhtajan par exemple? Ceci nous amène à dire que ces séries évolutives n'interviennent pas directement dans la construction des systèmes de classification modernes. Mais

alors sur quoi se base cette phylogénie que les systèmes sont censés représenter? Il apparaît que les systèmes de classification modernes ne sont pas construits d'après la phylogénie des plantes à fleurs, mais d'après une réorganisation de groupes polythétiques dans une perspective évolutive. Comme les rapprochements entre les familles et leur filiation ne résultent pas d'une analyse des caractères mais dépendent en grande partie de la subjectivité des auteurs, je pense, comme le dit Heywood (1964), qu'au-dessus du niveau de l'espèce, les classifications dans la plupart des groupes ne sont pas tellement différentes de ce qu'elles auraient été sans tenir compte de l'idée d'évolution.

Ceci nous amène à parler de la façon dont les taxons sont réunis dans les systèmes de classification. Il paraît évident que ceux-ci sont construits d'après les similarités et les dissimilarités qui existent entre eux. Dahlgren (1980) dit, à ce propos, que la position des ordres, les uns par rapport aux autres, est déterminée autant que possible par le degré de similarité, qui reflète les relations phylogénétiques hypothétiques.

Dahlgren (1980) et Dahlgren & Clifford (1982) donnent un poids plus grand que d'autres auteurs (Thorne, 1976; Takhtajan, 1969, 1980) à l'ensemble des similarités ou dissimilarités, basées sur le plus grand nombre de caractères possible. Autrement dit, chez ces botanistes, la pondération des caractères ne semble pas jouer un rôle primordial dans l'élaboration de leur système. Ce qui importe avant tout, c'est le nombre de caractères utilisés. Bien que certains botanistes accordent une place importante à la pondération des caractères (Cronquist, 1968; Emberger, 1960; Takhtajan, 1969, 1980), il n'est pas rare de voir des rapprochements qui sont fondés en réalité sur l'ensemble des similarités. Ne lit-on pas chez Takhtajan (1969, p. 209), à propos des Trochodendrales: «*In many respects the Trochodendrales occupy, as it were, an intermediate position between the Magnoliales and Hamamelidales, but in the totality of their characters they stand nearer to the latter*».

Ainsi, cet auteur a théoriquement utilisé tous les caractères pour classer les Trochodendrales. Qu'a-t-il fait sinon de la taxonomie numérique à l'état implicite? Il a donné le même poids à tous les caractères et rapproché les taxons selon le nombre qu'ils avaient en commun. En fait, même si, dans plusieurs cas, les botanistes privilégient certains caractères, il n'en demeure pas moins que les rapprochements entre les taxons sont basés sur la possession du plus grand nombre possible de caractères communs, indépendamment du fait qu'ils soient primitifs ou évolués.

Ceci est différent de la méthode phylogénétique *sensu* Henning (1966) et Wiley (1981) où seuls les caractères supposés évolués sont utilisés pour déterminer les groupes monophylétiques. Voilà pourquoi les systèmes de classification modernes s'inspireraient plus, théoriquement, d'idées phénétiques que phylogénétiques. Cependant, à cause de la pondération plus ou moins subjective des caractères, la classification des angiospermes n'est pas plus phénétique que cladistique.

Courants systématiques modernes

Maintenant que nous avons vu les principales caractéristiques des systèmes de classification contemporains (l'unité taxonomique de base, la nature des taxons, l'analyse des caractères et la détermination de la phylogénie), il reste à se demander où ils se situent par rapport aux courants systématiques modernes. Il n'est pas dans notre intention d'analyser ni même de commenter les trois principales philosophies systématiques qui existent actuellement. La valeur comparée des systématiques évolutive, cladistique et phénétique fait l'objet depuis vingt ans de débats fort intéressants que je ne veux pas raviver ici (voir la synthèse de Charig, 1982). Chacune de ces philosophies a ses défenseurs et ses adversaires qui se chargent d'en faire ressortir les points faibles ou d'en raffiner les concepts. Ces différents types de systématique s'appuient cependant sur des prémisses de base qui, jusqu'à un certain point, sont incompatibles. En fait, la différence essentielle entre les trois concerne le choix des caractères. Pour la systématique évolutive, les taxons sont réunis ensemble parce qu'ils présentent une similitude élevée. On se basera en particulier sur la pondération des caractères, indépendamment du fait qu'ils soient primitifs ou évolués. La systématique cladistique, par contre, cherche à réunir les groupes-frères en se basant uniquement sur la possession commune de caractères dérivés, exclusifs (synapomorphie). Enfin, pour la systématique phénétique, les groupements sont établis à partir du plus grand nombre possible de caractères ayant tous le même poids. À ceci s'ajoutent d'autres notions liées à la classification proprement dite. Par exemple, pour les systématiciens évolutionnistes, l'ordre des embranchements et leur degré de divergence sont reflétés dans la classification, alors que pour les cladisticiens puristes seul l'ordre des embranchements est important (Cracraft, 1974).

Après la description que nous avons faite des systèmes contemporains, il est clair qu'ils appartiennent aux systèmes de type évolutif; ils en possèdent toutes les caractéristiques (Barabé & Brouillet, 1982), en particulier la pondération des

caractères et le degré de divergence reflété dans la classification. Ce qu'il faut maintenant se demander, puisque nous avons vu que la plus grande faiblesse des systèmes contemporains se situait au niveau de l'analyse des caractères, c'est dans quelle mesure les développements récents des différentes méthodes liées au phénétisme ou au cladisme nous permettent d'arriver à une meilleure classification phylogénétique.

En ce qui touche la phylogénie et la classification des familles de plantes à fleurs, des méthodes de la taxonomie numérique, phénétique ont été appliquées à l'étude des Farinosae (Hamann, 1961), des Lamiales (El-Gazzar & Watson, 1970), des dicotylédones (Young & Watson, 1970), des monocotylédones en général (Clifford, 1977) et, enfin, des Hamamelididae (Barabé *et al.*, 1982a, 1982b). Il est intéressant de constater que la plupart de ces travaux n'ont pas suscité une réorganisation de la classification des familles d'angiospermes étudiées. Les auteurs se contentent d'analyser et de commenter les classifications existantes sans eux-mêmes en proposer de nouvelles. Jusqu'à maintenant, les études phénétiques, en ce qui concerne la classification des familles de plantes à fleurs, ont été incorporées pour diverses raisons dans le discours de la classification évolutive.

Depuis quelques années, les systématiseurs essayent d'appliquer le cladisme à l'étude de la phylogénie des plantes à fleurs. Au niveau des taxons supérieurs, la plupart des études ont porté sur l'analyse de la phylogénie des embranchements ou des classes (Bremer & Wanntorp, 1981; Hill & Crane, 1982; Parenti, 1980; Young & Richardson, 1982). Seules quelques études ont porté sur la classification des familles de plantes à fleurs (Barabé, 1984; Bremer & Wanntorp, 1978, 1981; Cantino, 1982; Riggins & Farris, 1983; Young, 1981).

L'application de méthodes phénétiques et cladistiques à la classification des familles de plantes à fleurs n'est qu'à l'état embryonnaire, du moins pour le cladisme. Et les travaux sont encore trop restreints pour qu'on puisse en tirer des conclusions solides. Toutefois, je ne vois pas pourquoi ces méthodes, qui ont été surtout utilisées au niveau de l'espèce et du genre, ne pourraient pas l'être au niveau de la famille.

Que ce soit pour le phénétisme (Duncan & Baum, 1981) ou le cladisme (Riggins & Farris, 1983), les problèmes qui se posent au niveau des taxons inférieurs se présentent aussi au niveau de la famille: le choix des caractères, leur codification, leur homologie, le choix d'une méthode appropriée, la caractérisation des taxons, etc.

Parmi ceux-ci le problème de l'homologie des caractères est encore plus aigu au niveau de la famille qu'aux niveaux inférieurs. Comme la différenciation est souvent très poussée d'une famille à l'autre, il devient difficile de dire si deux structures sont homologues. D'ailleurs l'interprétation morphologique des structures demeure encore difficile dans plusieurs familles; que l'on songe par exemple à la placentation des juglandacées: est-elle axile ou basale? Le choix de l'une ou l'autre de ces interprétations occasionnera des différences aux niveaux de la codification des caractères et du rapprochement des familles.

L'application du cladisme à la systématique des angiospermes soulève le même problème fondamental que pour la systématique évolutive: la détermination des stades évolutifs des caractères. Ceci demeure l'aspect le plus important dans la classification des plantes à fleurs. Or, les méthodes cladistiques n'ont pas encore réussi à solutionner tous les problèmes systématiques que l'on rencontre chez les angiospermes. De plus, on se trouve devant un paradoxe: comment construire un système cladistique en partant d'un système évolutif qui se base sur des principes différents? Naturellement, il faudrait s'attaquer en premier lieu à la formation de groupes monophylétiques, par la suite à la représentation graphique de leurs filiations phylogéniques et, enfin, à leur intégration dans un système de classification cohérent. Ceci présuppose, bien entendu, le choix d'une unité de base. Il semblerait que la famille soit le niveau taxonomique à privilégier pour les mêmes raisons que celles invoquées par les systématiseurs évolutionnistes. D'une façon ou d'une autre, peu importe les méthodes utilisées, on est toujours aux prises avec les taxons traditionnels (Wanntorp, 1983).

Conclusion

En conclusion, il apparaît que certains taxons constituent des groupes naturels, que se soit au niveau phénétique ou phylogénétique. Ainsi, il demeure possible de construire un système global des familles de plantes à fleurs. Celui-ci peut se fonder sur une idée de la phylogénie des angiospermes qui est déterminée suite à l'analyse de l'évolution des caractères. Or, l'analyse des caractères sur laquelle s'appuient les systèmes évolutifs n'est souvent pas publiée. Il est donc difficile de commenter précisément les choix effectués par les auteurs et de construire des arbres phylogénétiques à partir de leurs données. D'ailleurs les systèmes actuels ne font pas une distinction nette entre phylogénie et classification. Trop souvent, voulant incorporer des principes

évolutifs dans leurs systèmes, les auteurs substituent à une vraie recherche de la phylogénie un remaniement des catégories taxonomiques. Aussi retrouve-t-on des classifications qui ne sont pas réellement phylogénétiques.

Les prochains travaux systématiques qui s'attaqueront à la classification des angiospermes devront tenter d'analyser en détail et de façon rigoureuse des parties de systèmes de classification, en essayant de déterminer une phylogénie hypothétique dont la classification sera une expression simplifiée (McNeill, 1979). En fait, il faut travailler avec les systèmes existants, en visant dans un avenir prochain, à l'aide de méthodes appropriées, l'analyse simultanée de l'ensemble des familles. Mais cela ne pourra se faire avant qu'elles aient toutes été étudiées en détail.

Remerciements

Je désire remercier MM. Luc Brouillet, Institut botanique de l'Université de Montréal, Michel Guédès, Muséum d'Histoire naturelle de Paris, et Rolf Sattler, Université McGill, pour leur révision critique du manuscrit.

Références

- BARABÉ, D., 1982. Le critère de comparaison hors-groupe et son application à la systématique des angiospermes: cas des Hamamelidales. — *C.R. Acad. Sc. Paris*, 295: 755-758.
- BARABÉ, D., 1984. Application du cladisme à la systématique des angiospermes: cas des Hamamelidales. — *Candollea*, 39.
- BARABÉ, D. & L. BROUILLET, 1982. Commentaires sur le système de classification des angiospermes de Takhtajan. — *Acta Biotheoretica*, 3: 127-141.
- BARABÉ, D., Y. BERGERON & G. VINCENT, 1982a. Étude quantitative de la classification des Hamamelidales. — *Taxon*, 31: 619-645.
- BARABÉ, D., Y. BERGERON & G. VINCENT, 1982b. La position des Daphniphyllaceae, Buxaceae, Simmondsiaceae et Cecropiaceae dans la sous-classe des Hamamelidales. Étude numérique. — *C.R. Acad. Sci. Paris*, 294: 891-896.
- BECKER, K.M., 1974. Systems of classification. — Pages 583-644 in A.E. Radford, W.C. Dickson, J.R. Massey & C. Ritchie Bell. *Vascular plant systematics*. Harper & Row, New York, 891 p.
- BEHNKE, H.D., 1976a. Ultrastructure of sieve-element plastids in caryophyllales (Centrospermae), evidence for the delimitation and classification of the order. — *Plant. Syst. Evol.*, 126: 31-54.
- BEHNKE, H.D., 1976b. A tabulated survey of some characters of systematic importance in centrospermaous families. — *Plant. Syst. Evol.*, 126: 95-98.
- BEHNKE, H.D., 1977. S-type sieve-element plastids and anthocyanins in Vivianiaceae: evidence against its inclusion into Centrospermae. — *Plant Syst. Evol.*, 126: 371-375.
- BEHNKE, H.D. & W. BARTHLOTT, 1983. New evidence from the ultrastructural and micromorphological fields in angiosperm classification. — *Nord. J. Bot.*, 3: 43-66.
- BERNIER, R., 1984. Système et méthode en taxonomie: Adanson, A.-L. de Jussieu et A.-P. de Candolle. — *Naturaliste can.*, 111: 3-12.
- BESSEY, C.E., 1915. The phylogenetic taxonomy of flowering plants. — *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 2: 109-164.
- BREMER, K. & H.-E. WANNTORP, 1978. Phylogenetic systematics in botany. — *Taxon*, 27: 317-329.
- BREMER, K. & H.-E. WANNTORP, 1981. The cladistic approach to plant classification. — Pages 87-94 in V.A. Funk & D.R. Brook (eds.). *Advance in cladistic: Proceeding of the first annual meeting of Willi Henning Society*. New York Botanical Garden, New York, 250 p.
- BURTT, B.L., 1964. Angiosperm taxonomy in practice. — Pages 5-16 in V.H. Heywood & J. McNeill (eds.). *Phenetic and phylogenetic classification*. Systematic Association Publication no. 6, London, 164 p.
- CANTINO, P.D., 1982. Affinities of the Lamiales: a cladistic analysis. — *Syst. Bot.*, 7: 237-248.
- CARLQUIST, S., 1969. Toward acceptable evolutionary interpretation of floral anatomy. — *Phytomorphology*, 19: 332-362.
- CHARIG, A.J., 1982. Systematics in biology: a fundamental comparison of some major schools of thought. — Pages 363-440 in K.A. Joysey & A.E. Friday (eds.). *Problems of phylogenetic reconstruction*. Systematics Association Special Volume no. 21. Academic Press, London & New York, 442 p.
- CLAYTON, W.D., 1974. The logarithmic distribution of angiosperm families. — *Kew Bull.*, 29: 271-279.
- CLIFFORD, H.T., 1977. Quantitative studies of interrelationships amongst the Liliatae. — *Plant Syst. Evol. Suppl.* 1, p. 77-95.
- CRAFT, J., 1974. Phylogenetic models and classification. — *Syst. Zool.*, 23: 71-90.
- CRISCI, J.V. & T.F. STUESSY, 1980. Determining primitive characters states for phylogenetic reconstruction. — *Syst. Bot.*, 5: 112-135.
- CRONQUIST, A., 1968. The evolution and classification of flowering plants. *Riverside studies in biology*. — Houghton Mifflin, New York, 396 p.
- CRONQUIST, A., 1981. An integrated system of classification of flowering plants. — Columbia University Press, New York, 1262 p.
- DAHLGREN, R.M.T., 1980. A revised system of classification of the angiosperms. — *Bot. J. linn. Soc.*, 80: 91-124.
- DAHLGREN, R.M.T. & H.T. CLIFFORD, 1982. The monocotyledons: a comparative study. — Academic Press, London, 378 p.

- DUNCAN, T. & B.R. BAUM, 1981. Numerical phenetics: its uses in botanical systematics. — *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 12: 387-404.
- ECKARDT, T., 1976. Classical morphological features of centrosperous families. — *Plant Syst. Evol.*, 126: 5-25.
- EICHLER, A.W., 1878. Blüthendiagramme. Zweiter teil. — W. Engelmann, Leipzig, 575 p. Reimpression en 1954 par Otto Koeltz.
- EL-GAZZAR, A. & L. WATSON, 1970. A taxonomic study of Labiatae and related genera. — *New Phytol.*, 69: 451-486.
- EMBERGER, L. 1931. *Éléments de morphologie florale.* — Librairie Le François, Paris, 106 p.
- EMBERGER, L., 1960. Les végétaux vasculaires. — *In* M. Chadeaud & L. Emberger. *Traité de botanique.* Tome II. Masson, Paris, 1540 p.
- ENDRESS, P.K., 1982. Syncarpy and alternative modes of escaping disadvantages of apocarpy in primitive angiosperms. — *Taxon*, 31: 48-52.
- ENGLER, A., 1909. *Syllabus der Pflanzenfamilien.* 6^e edition. — Gebrüder Borntraeger, Berlin, 256 p.
- ENGLER, A. & H. PRANTL, 1897-1915. *Die natürlichen Pflanzenfamilien.* 20 vol. — Leipzig.
- FAIRBROTHERS, D.E., 1983. Evidence from nucleic acid and protein chemistry, in particular serology, in angiosperm classification. — *Nord. J. Bot.* 3: 35-41.
- GERSHEZON, J. & T.J. MABRY, 1983. Secondary metabolites and the higher classification of angiosperms. — *Nord. J. Bot.*, 3: 5-34.
- HALLIER, H., 1912. L'origine et le système phylétique des angiospermes exposés à l'aide de leur arbre généalogique. — *Arch. Néerl. Sci. Exact. Nat.*, Ser. 3, 1: 146-234.
- HAMANN, U., 1961. Merkmalsbertand und Verwandtschaftsbeziehungen der Farinosae. — *Willdenowia*, 2: 640-768.
- HENNIG, W., 1966. *Phylogenetic systematics.* [Translated by D.D. Davis & R. Zangerl.] — University of Illinois Press, Urbana, 263 p.
- HEYWOOD, V.H., 1964. Introduction. — Pages 1-4 *in* V.H. Heywood & J. McNeill (eds.). *Phenetic and phylogenetic classification.* Systematic Association Publication no. 6, London, 164 p.
- HILL, C.R. & P.R. CRANE, 1982. Evolutionary cladistics and the origin of angiosperms. — Pages 269-361 *in* K.A. Joysey & A.E. Friday (eds.). *Problems of phylogenetic reconstruction.* Systematics Association Special Volume no. 21, Academic Press, London & New York, 442 p.
- HUTCHINSON, J., 1959. *The families of flowering plants.* 2 tomes. — Clarendon Press, Oxford, 792 p.
- JONG, R. de, 1980. Some tools for evolutionary and phylogenetic studies. — *Z. Zool. Syst. Evolutionsforsch.*, 18: 1-23.
- MABRY, T.J., 1977. The order Centrospermae. — *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 64: 210-220.
- MCNEILL, J. 1979. Structural value: a concept used in the construction of taxonomic classifications. — *Taxon*, 28: 481-504.
- MELCHIOR, H., (ed.), 1964. *A Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien: Tome II.* — Gebrüder Borntraeger, Berlin, 666 p.
- PARENTI, L.R., 1980. A phylogenetic analysis of the land plants. — *Biol. J. linn. Soc.*, 13: 225-242.
- RIGGINS, R. & J.S. FARRIS, 1983. Cladistics and the roots of angiosperms. — *Syst. Bot.*, 8: 96-101.
- SNEATH, P.H.A. & R.R. SOKAL, 1973. *Numerical taxonomy.* — Freeman, San Francisco, 573 p.
- SOÓ, C.R., de 1975. A review of the new classification systems of flowering plants. (Angiospermatophyta, Magnoliophytina). — *Taxon*, 24: 585-592.
- SPORNE, K.R., 1980. A reinvestigation of character correlation among dicotyledons — *New Phytol.*, 85: 419-449.
- STEVENS, P.F., 1980. Evolutionary polarity of character states. — *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 11: 333-358.
- TAKHTAJAN, A., 1966. *Sistema i filogenija cvetkovyck rastenij (Systema et phylogenia Magnoliophytorum).* — Nauka, Moska-Leningrad, 610 p.
- TAKHTAJAN, A., 1969. *Flowering plants. Origin and dispersal.* [Translated by C. Jeffrey.] — Oliver & Boyd, Edinburgh, 310 p.
- TAKHTAJAN, A., 1980. Outline of the classification of flowering plants (Magnoliophyta). — *Bot. Rev.*, 46: 225-359.
- THORNE, R.F., 1976. A phylogenetic classification of the Angiospermae. — *Evol. Biol.*, 9: 35-106.
- TOMLINSON, P.B., 1969. *Commelinales - Zingiberales.* — *In* C.R. Metcalfe (ed.). *Anatomy of the monocotyledons.* Tome III. Clarendon Press, Oxford, 446 p.
- WANNTORP, H.E., 1983. Cladistics misunderstood: Again. — *Taxon*, 32: 97-109.
- WATROUS, L.E. & Q.D. WHEELER, 1981. The out-group comparison method of character analysis. — *Syst. Zool.*, 30: 1-11.
- WERNHAM, H.F., 1912. *Floral evolution: with particular reference to the sympetalous dicotyledons.* — *New Phytol.*, 11: 373-397.
- WETTSTEIN, R., 1924. *Handbuch der Systematischen Botanik.* — Franz Deuticke, Leipzig, 1017 p.
- WHEELER, Q.D., 1981. The ins and outs of character analysis: a reponse to Crisci and Stuessy. — *Syst. Bot.*, 6: 297-306.
- WILEY, E.O., 1981. *Phylogenetics.* — John Wiley & Sons, New York, 439 p.
- YOUNG, D.A., 1981. Are the angiosperms primitively vesselless? — *Syst. Bot.*, 6: 313-330.
- YOUNG, D.A. & P.M. RICHARSON, 1982. A phylogenetic analysis of existant seed plants: the need to utilize homologous characters. — *Taxon*, 31: 250-254.
- YOUNG, D.J. & L. WATSON, 1970. The classification of dicotyledons: a study of the upper levels of the hierarchy. — *Aust. J. Bot.*, 18: 387-433.

FOREST COVER ON TWO WATERSHEDS OF THE NASHWAAK EXPERIMENTAL WATERSHED PROJECT IN WEST-CENTRAL NEW BRUNSWICK

G.R. POWELL

Department of Forest Resources, University of New Brunswick
Bag Service no. 44555, Fredericton
New Brunswick E3B 6C2

Résumé

La composition de la strate arborescente fut déterminée à l'aide de 67 et 50 sites d'échantillonnage (400 m²) sur le territoire de deux bassins hydrographiques sur un terrain montagneux du Projet expérimental du Bassin hydrographique du Nashwaak. L'un servait de témoin et l'autre était destiné à une coupe à blanc. La composition de la strate arbustive (jeunes arbres et gros arbustes) fut évaluée pour trois sous-sites (4 m²) dans chaque site. La distribution des âges, la densité, et la surface terrière sont semblables pour la strate arborescente (>2,49 cm dhp) et pour la strate arbustive (<2,50 cm dhp et >0,49 m en hauteur). Quinze espèces de dimension ligneuse haute et 13 espèces de dimension ligneuse basse sont couramment trouvées dans les deux bassins. Les espèces caractéristiques de la strate arborescente sont, par ordre d'importance; *Picea rubens* Sarg., *Fagus grandifolia* Ehrh., *Acer saccharum* Marsh., et *Abies balsamea* (L.) Mill.; celle de la strate arbustive sont *F. grandifolia*, *Viburnum alnifolium* Marsh., *A. saccharum*, et *P. rubens*. L'importance de *F. grandifolia*, *A. saccharum*, et *V. alnifolium* s'accroît avec l'élévation topographique tandis que diminue celle de *P. rubens* et *Abies balsamea*. Aucun autre rapport ne peut être établi entre l'importance des espèces et autres caractéristiques physiques. La composition forestière de ces deux bassins est comparée avec les classifications forestières existantes et le changement topographique.

Abstract

Tree cover was assessed in 67 and 50 plots (400 m²) in the control and treatment (to be clear cut) watersheds, respectively, in the hilly terrain of the Nashwaak Experimental Watershed Project. Sapling (and shrub) cover was assessed in three 4-m² subplots in each plot. Stands on each watershed had similar all-aged structures, densities, and basal areas of trees (>2.49-cm dbh) and saplings (<2.50-cm dbh >0.49-m tall). Fifteen species of tree size, and 13 species of sapling size were common to both watersheds. Based on importance values, *Picea rubens* Sarg., *Fagus grandifolia* Ehrh., *Acer saccharum* Marsh., and *Abies balsamea* (L.) Mill. were the most important trees, and *F. grandifolia*, *Viburnum alnifolium* Marsh., *A. saccharum*, and *P. rubens* the most important sapling-sized species in each watershed. Importance of *F. grandifolia*, *A. saccharum*, and *V. alnifolium* increased with increasing elevation, while that of *P. rubens* and *Abies balsamea* decreased. Consistent inter-watershed relationships of species importance with other physical site variables were not detected. Relationships of the forest cover on these watersheds to existent forest classifications and to elevational change are discussed.

Introduction

The forests of New Brunswick have been described in general terms by Halliday (1937) and Rowe (1972), and by Loucks (1962). Forest cover on a few areas has been investigated more fully (e.g. Long, 1952; Hughes, 1964), but quantitative information on more than a stand basis is lacking. Selection of two brook watersheds in hilly terrain for a comparative long-term hydrologic

study (Anonymous, 1976a) led to detailed study of their respective forest covers.

It is the purpose of this paper (1) to compare on a quantitative basis, the forests on the two watersheds, (2) to relate quantitative changes in forest cover on these watersheds to elevational gradients and to other environmental parameters, and (3) to relate the forest cover to regional forest classifications and to forest cover as described for some other regions.

Materials and methods

THE WATERSHEDS

The watersheds lie in west-central New Brunswick (latitude 46°16' N, longitude 67°5' W) near the southern border of the New Brunswick uplands, which occupy the northwestern portion of the Province. The area is within the Upper Miramichi-Tobique Section of the Acadian Forest Region of Canada (Rowe, 1972), and within the Napadogan Site District of the Maritime Uplands Ecoregion in the Sugar Maple-Yellow Birch-Fir Zone of Loucks (1962).

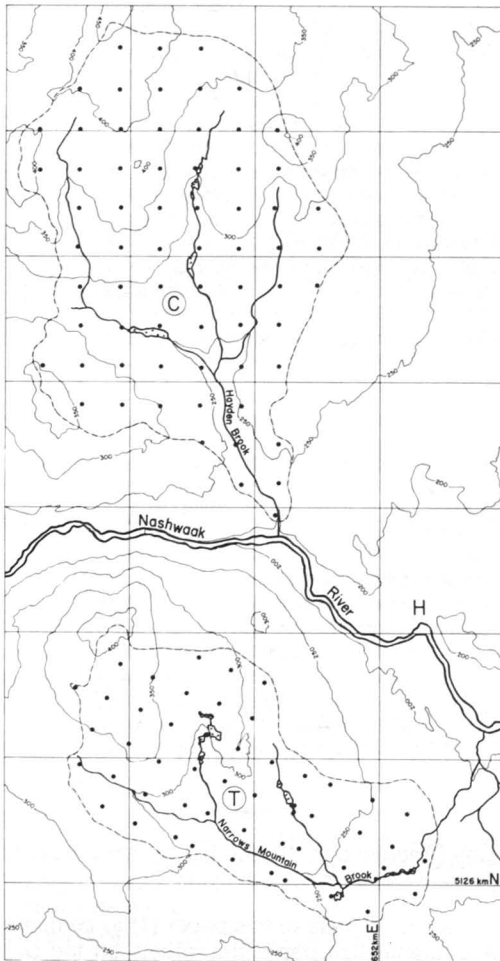


Figure 1. Locations of the control (C) and treatment (T) watersheds of the Nashwaak Experimental Watershed Project, showing 50-m contours, plot positions (dots: 67 in C, 50 in T) and the field headquarters (H). The grid is of 1-km squares corresponding with Universal Transverse Mercator Grid Zone 19.

The watersheds (Fig. 1), Hayden Brook and Narrows Mountain Brook, are, respectively, the control and treatment watersheds for a clear-cutting experiment in the Nashwaak Experimental Watershed Project (Anonymous, 1976a). The 660-ha control watershed has a predominantly southern aspect. Its outflow (gauging station) is at 195 m, and peaks occur on the perimeter at elevations of 403 m in the northeast, 478 m in the north, and 433 m in the west. The total elevational rise is 283 m. The 391-ha treatment watershed has a predominantly southeastern aspect. It rises 200 m from the gauging station at 218 m to a single peak at 418 m in the northwest.

Both watersheds are underlain by argillite (Anonymous, 1976a), and are blanketed with till varying in thickness from 20 cm to several metres. Soil profiles range from gleysols in depressions to ferro-humic podzols on slopes. The soils are generally strongly acid and have compacted C horizons. The mean annual temperature is about 3°C and annual extremes are $\pm 30^\circ\text{C}$. Annual precipitation averages 125 cm, of which about a third is snow. The frost-free period is short with light frosts occurring some years in July or August (Anonymous, 1976a).

PROCEDURES

Circular, 400-m² plots were established on grids in each watershed (Fig. 1) and their elevations estimated from 5-m contours on a topographic map. Within each plot, diameters at breast height (dbh) of stems of tree size (>2.49 cm dbh) were measured, and heights of trees were estimated in 3-m classes.

The average percent slope and aspect of each plot were measured and the position of the plot in the local topography was recorded on a four-part scale which reflected increasing moisture. The surface condition was scaled (1 to 4) as rocky, mound and pit (Lyford & MacLean, 1966), undulating, or flat. Evidence of cutting was scaled (1 to 3) from presence and condition of stumps as none, distant, or relatively recent. Cover of hardwood and softwood seedlings was estimated on a five-part scale.

Within each plot, three circular, 4-m² subplots were established at randomly selected distances along randomly selected radial bearings. In each subplot, the diameter at 0.5 m and the height of each woody stem of sapling size (<2.50-cm dbh and >0.49 m tall) were recorded. The average depth of surface organic matter was estimated from three random measurements in each subplot.

Importance values were calculated for each species on a per-plot basis as relative density

plus relative basal area (at dbh for trees and at 0.5 m for saplings) plus relative frequency, and expressed as percentages. Tree and sapling data were subjected to regression and correlation analyses using site values as independent variables. The site values were expressed in measured units (elevation in metres, slope in degrees, depth of organic matter in centimetres), numerically in classes (aspect, position in local topography,

surface condition), or transformed (cosine aspect). Aspect classes were: N = 1, NE = 2, NW = 3, E = 4, W = 5, flat = 6, SE = 7, SW = 8, and S = 9. For the treatment watershed, soil types (from Anonymous, 1976b) were scaled (3 to 9) in sequence; orthic gleysol, orthic humic gleysol, medium gleyed ferro-humic podzol, mild gleyed ferro-humic podzol, shallow orthic ferro-humic podzol, intermediate orthic ferro-humic podzol,

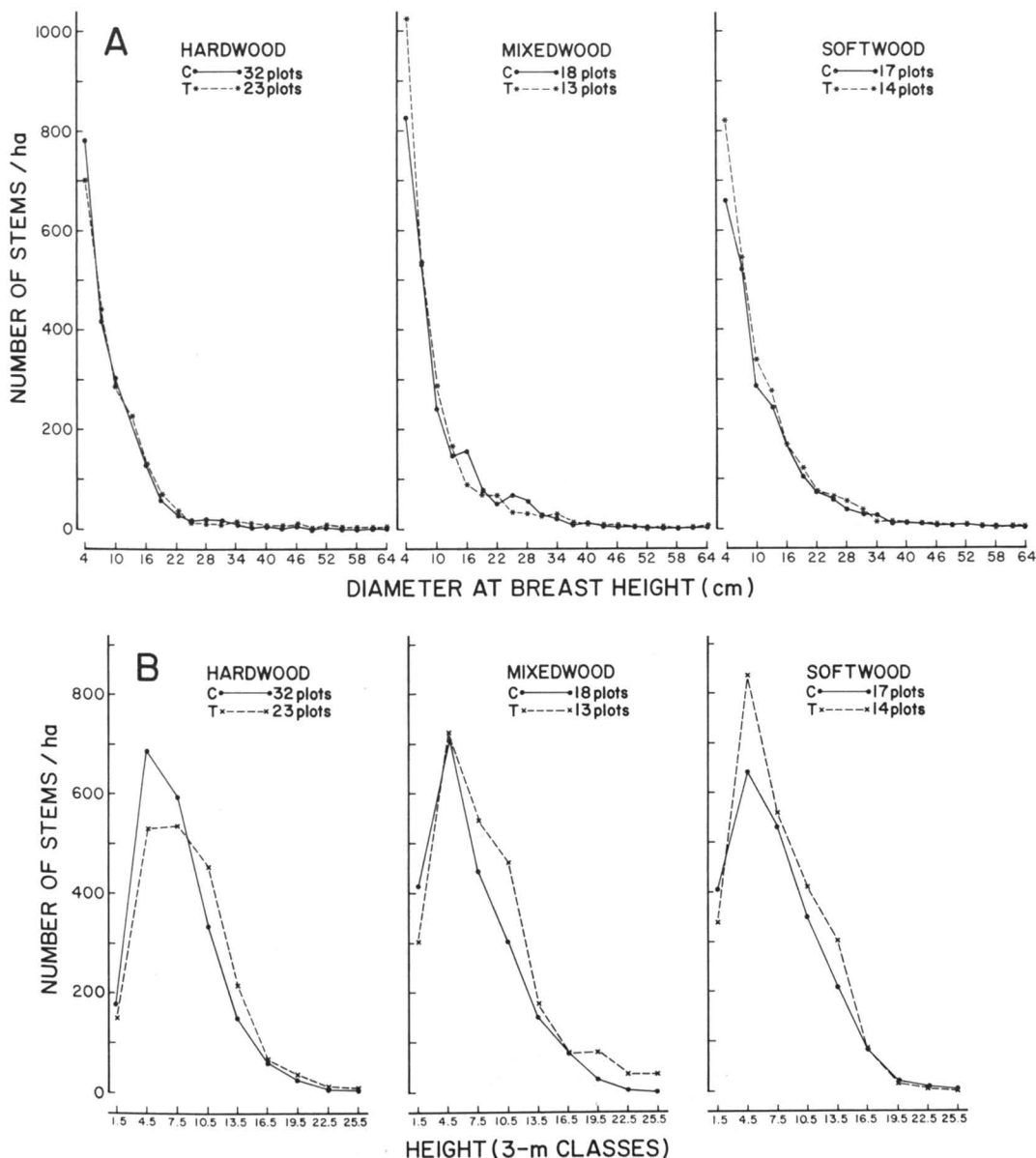


Figure 2. Relationships A, between density and diameter at breast height and B, between density and height of trees, in hardwood, mixedwood, and softwood cover in the control (C) and treatment (T) watersheds. In B, the 1.5-m height class includes only trees with dbh >2.49 cm.

and orthic ferro-humic podzol. Data were also subjected to gradient analyses (Whittaker, 1967) with elevation. For these analyses, running averages of elevation were computed using a 30-m spread of elevation for every 5-m rise in elevation.

Results

FOREST COVER AND STAND CHARACTERISTICS

Density, basal area, and height data, indicated that 48% and 46% of the plots had hardwood cover (>66.7% hardwood species), 27% and 26% of the plots had mixedwood cover, and 25% and 28% of the plots had softwood cover (<33.3% hardwood species) in the control and treatment watersheds, respectively. An all-aged type of stand structure occurred in each covertype in each watershed (Fig. 2). All plots but one softwood plot in each watershed were represented by density/dbh curves similar to those of Fig. 2A. Two hardwood and one softwood plot in the control, and three hardwood and two softwood plots in the treatment watershed lacked trees greater than 30-cm dbh, and several plots had relatively few small-sized trees.

An all-aged structure is typical of stands of shade-tolerant species which have existed for an appreciable period of time without major disturbance. Stumps from distant and relatively recent cuttings were evident in 73% and 70% of the plots in the control and treatment watersheds, respectively. Fewer of the plots in the control watershed showed relatively recent cutting. The cutting appears not to have had much effect on stand structure.

Shade-intolerant tree species occurred in 42% of the control plots and 26% of the treatment

plots. Despite this difference, only 10% and 9% of the plots, respectively, had greater than 10% of their stand densities comprised of shade-intolerant species. Plots with greater than 10% of the density comprised of shade-intolerant species, tended to contain small shade-intolerant trees indicating relatively recent disturbance. Other plots where shade-intolerant species occurred, tended to contain larger shade-intolerant trees indicating more distant disturbance.

Stand density (number of trees/ha) and basal area (m^2/ha) of trees (>2.49-cm dbh) were similar on each watershed (Table I). Stand density for trees averaged 2164 ± 95 for the control and 2276 ± 174 for the treatment watershed. Basal areas of trees averaged 28.45 ± 0.96 for the control and 30.78 ± 1.34 for the treatment watershed. Stand density and basal area of small, medium and large trees were lesser, and of saplings greater, on the control watershed than on the treatment watershed (Table I), but differences were not significant. Thirty percent of the treatment and 31% of the control plots contained one or two trees over 50.5-cm dbh. The largest trees were, respectively, a *Betula alleghaniensis* Britton (85.0-cm dbh) and a *Betula papyrifera* Marsh. (74.7-cm dbh).

Total basal area of trees per plot varied widely — from 10.08 to 43.12 m^2/ha in the control, and from 11.31 to 50.55 m^2/ha in the treatment watershed. Gradient analysis showed that basal area decreased with increasing elevation on each watershed, but the relationship was more distinct on the treatment watershed (Fig. 3A). Total basal area of trees per plot was not consistently related to other site features, except for depth of forest floor, which was also negatively correlated with elevation. Basal area of saplings (at 0.5 m) was not consistently related to any site features.

TABLE I
Mean density and mean basal area of saplings, and of three size classes of trees
in the control and treatment watersheds

	Size class	Control	Treatment
Density (number/ha)	Sapling (0.5-m tall to 2.49-cm dbh)	9416 \pm 1106	6833 \pm 1182
	Small tree (2.50 to 10.50-cm dbh)	1448 \pm 83	1536 \pm 168
	Medium tree (10.51 to 20.50-cm dbh)	508 \pm 31	527 \pm 37
	Large tree (>20.50-cm dbh)	208 \pm 13	213 \pm 17
Basal area (m^2/ha)	Sapling	0.95 \pm 0.13	0.78 \pm 0.13
	Small tree	4.18 \pm 0.25	4.44 \pm 0.47
	Medium tree	8.55 \pm 0.51	8.78 \pm 0.63
	Large tree	15.72 \pm 0.93	17.53 \pm 1.31

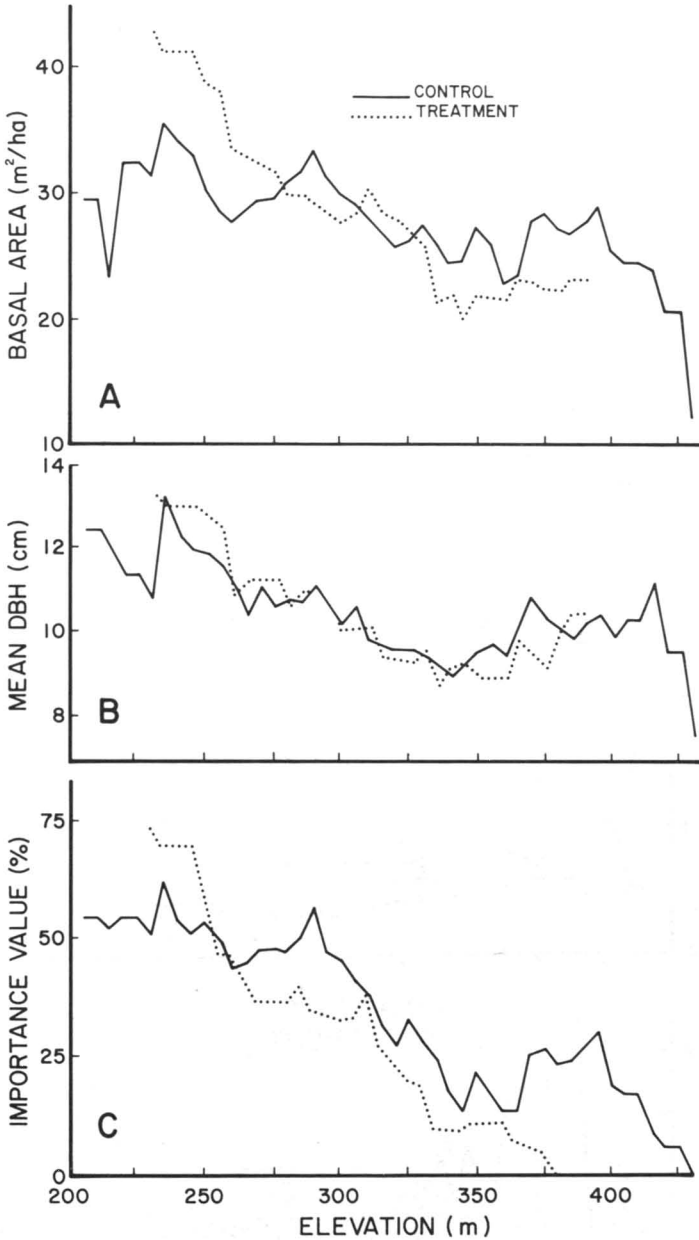


Figure 3. Running averages along the elevational gradients of the control and treatment watersheds of A, basal area of trees, B, mean diameter at breast height (DBH), and C, importance values (%) of softwood trees.

Gradient analysis revealed that stand density of trees was not consistently related to elevation (Fig. 4A), but when densities of different sizes of trees were analysed, those of small and medium trees remained unrelated to elevation, whereas density of large trees decreased with rising elevation in both watersheds (Fig. 4B). Declining

numbers of large trees with increasing elevation was consistent with a general decline, in both watersheds, of mean dbh of all trees with increasing elevation (Fig. 3B). Density of saplings was irregular: it tended to increase with increasing elevation in the treatment watershed but not in the control (Fig. 4C). At mid-elevations in the

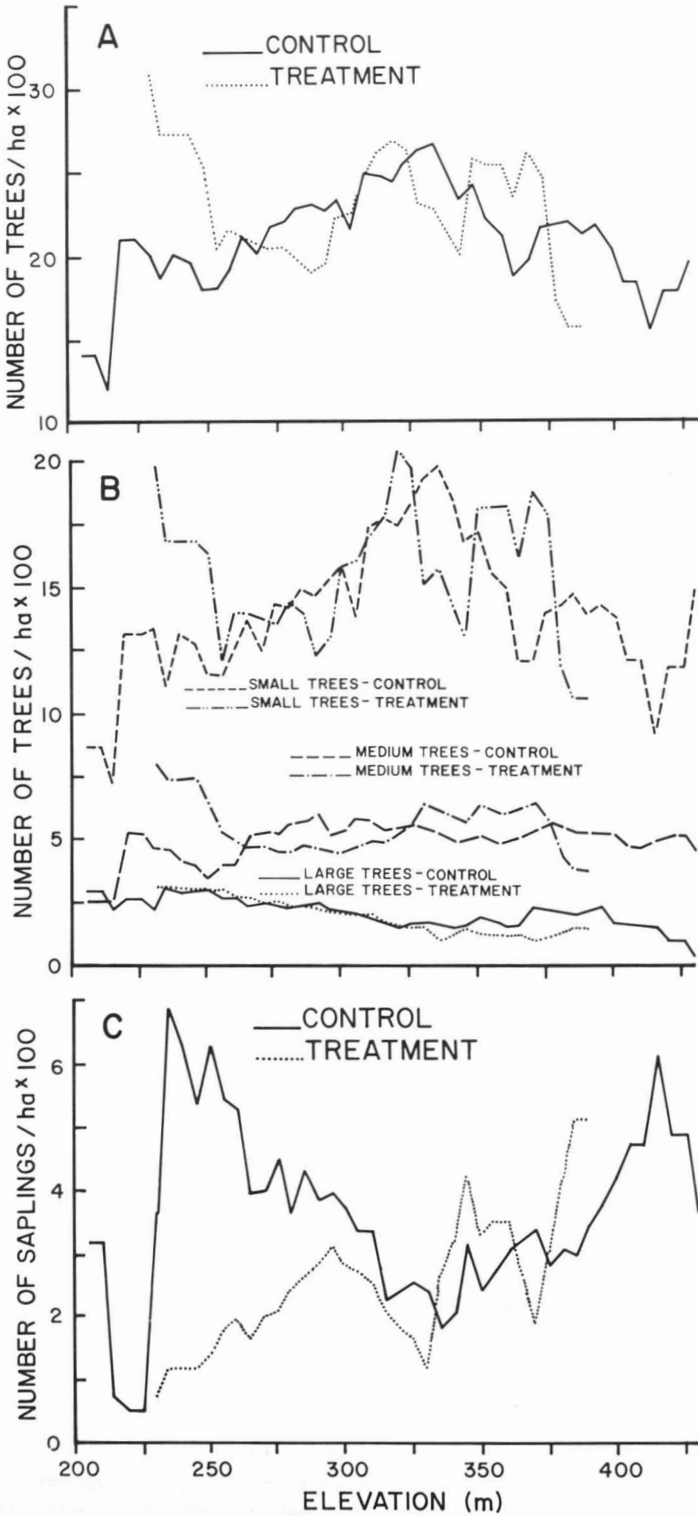


Figure 4. Running averages of A, total numbers of trees, B, numbers of small, medium and large trees, and C, numbers of saplings along the elevational gradients in the control and treatment watersheds.

TABLE II

Densities, basal areas, frequencies, and importance values* for tree species (≥ 2.50 cm dbh) arranged, for the control and treatment watersheds, in order of decreasing mean importance

		Density (number/ha)		Basal area(m ² /ha)		Frequency (%)		Importance value (%)	
		Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment	Control	Treatment
Major species which characterized the tree cover	<i>Picea rubens</i> Sarg.	469.4	546.5	6.77	7.41	89.4	86.4	19.37	19.51
	<i>Fagus grandifolia</i> Ehrh.	513.4	551.5	4.26	4.41	72.7	74.0	19.18	19.21
	<i>Acer saccharum</i> Marsh.	274.6	295.0	3.95	5.45	71.2	74.0	14.56	16.63
	<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.	409.3	336.0	4.37	4.21	65.2	68.0	13.11	12.07
	<i>Acer pensylvanicum</i> L.	222.0	203.0	1.58	1.16	86.4	76.0	10.25	9.04
	<i>Acer rubrum</i> L.	106.0	154.0	2.75	3.49	65.2	54.0	7.53	8.50
	<i>Betula alleghaniensis</i> Britton	71.6	52.5	2.16	1.93	74.3	66.0	7.39	6.37
Lesser species common to both watersheds	<i>Thuja occidentalis</i> L.	17.1	34.0	1.28	1.61	27.2	20.0	2.63	2.85
	<i>Betula papyrifera</i> Marsh.	46.2	60.5	0.52	0.26	31.8	20.0	2.55	1.79
	<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carr.	4.8	4.5	0.50	0.54	12.1	14.0	1.04	1.27
	<i>Alnus rugosa</i> (DuRoi) Spreng.	18.2	20.0	0.02	0.02	4.5	4.0	0.56	0.50
	<i>Acer spicatum</i> Lam.	2.6	5.0	0	0.02	10.6	6.0	0.59	0.36
	<i>Fraxinus americana</i> L.	1.9	3.5	0.02	0.03	7.6	4.0	0.26	0.35
	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh.	1.9	1.0	0.03	0.10	7.6	4.0	0.20	0.29
Minor species which occurred only in one watershed	<i>Prunus pensylvanica</i> L.f.	0.4	1.5	0	0.01	1.5	6.0	0.08	0.19
	<i>Sambucus pubens</i> Michx.	0	1.5	0	0	0	6.0	0	0.49
	<i>Fraxinus nigra</i> Marsh.	0	5.0	0	0.06	0	2.0	0	0.46
	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	4.1	0	0.23	0	1.5	0	0.45	0
	<i>Prunus virginiana</i> L.	0.4	0	0	0	1.5	0	0.09	0
	<i>Corylus cornuta</i> Marsh.	0.8	0	0	0	1.5	0	0.08	0
	<i>Sorbus americana</i> Marsh.	0.4	0	0	0	1.5	0	0.08	0

* Relative density plus relative basal area plus relative frequency.

control watershed, relatively low densities of saplings were offset by relatively high densities of small trees (Figs. 4B and C). Neither density of trees nor density of saplings was related to other site features. Tree height, expressed as (1) mean height of the 10 tallest trees per plot, (2) mean height of trees per plot >5.9 m, or (3) mean height of all trees per plot was not consistently related to elevation, nor to other site features.

The most striking feature of the forests in each watershed was the change in species composition with elevation. Softwoods were predominant at lower elevations and decreased in importance with increasing elevation (Fig. 3C) and hardwoods showed reverse patterns. As might be expected from the tree cover, hardwood-seedling cover increased, and softwood-seedling cover decreased with increasing elevation.

OVERALL COMPOSITION

Twenty-two species of tree size occurred in the plots sampled, but only 15 of those were common to both watersheds (Table II). Ten of

the latter occurred in more than 10% of the plots, and seven in more than 50% of the plots in each watershed. Those seven species, which ranked 1 through 7 in importance value, each occurred in numbers greater than 50 trees/ha and had basal areas greater than 1.15 m²/ha (Table II). The four most important species (*F. grandifolia*, *A. saccharum*, *P. rubens*, and *Abies balsamea*) accounted for 77% and 75% of the density and 68% and 70% of the basal area in the control and treatment watersheds, respectively.

There were 25 woody species of sapling size (<2.50-cm dbh and >0.49-m tall) in subplots on the two watersheds, but only 13 species were common to both watersheds (Table III). None of the non-common species was of much significance in the watershed in which it occurred. The major sapling-sized species on both watersheds were, in order of importance, *F. grandifolia*, *Viburnum alnifolium*, *A. saccharum* and *P. rubens*. These four species accounted for 63% and 78% of the basal area (at 0.5 m) and 67% and 72% of the density of saplings in the control and treatment watersheds, respectively. Ten of the sapling-size

TABLE III

Percentage importance values* for species of saplings (0.5-m tall to 2.49-cm dbh) arranged, for the control and treatment watersheds, in order of decreasing mean importance

		Control	Treatment
Major species which characterized the understory	<i>Fagus grandifolia</i> Ehrh.	22.68	28.92
	<i>Viburnum alnifolium</i> Marsh.	19.15	16.47
	<i>Acer saccharum</i> Marsh.	15.60	13.80
	<i>Picea rubens</i> Sarg.	12.75	13.37
Lesser species common to the understory of both watersheds	<i>Thuja occidentalis</i> L.	6.87	6.17
	<i>Betula allenghaniensis</i> Britton	2.58	7.59
	<i>Acer pensylvanicum</i> L.	2.90	5.17
	<i>Alnus rugosa</i> (DuRoi) Spreng.	5.37	1.09
	<i>Corylus cornuta</i> Marsh.	2.76	3.09
	<i>Acer rubrum</i> L.	2.71	2.13
	<i>Acer spicatum</i> Lam.	2.73	0.16
	<i>Sambucus pubens</i> Michx.	0.14	1.11
	<i>Salix</i> sp.	0.11	0.22
Minor species which occurred in the understory of only one watershed	<i>Ribes</i> sp.	1.64	0
	<i>Betula papyrifera</i> Marsh.	0.60	0
	<i>Amelanchier</i> sp.	0	0.51
	<i>Ilex verticillata</i> (L.) Gray	0.49	0
	<i>Lonicera canadensis</i> Bartr.	0.26	0
	<i>Fraxinus americana</i> L.	0	0.24
	<i>Diervilla lonicera</i> Mill.	0.19	0
	<i>Sambucus canadensis</i> L.	0.18	0
	<i>Populus</i> sp.	0	0.17
	<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carr.	0.12	0
	<i>Sorbus americana</i> Marsh.	0.10	0
<i>Prunus virginiana</i> L.	0.08	0	

* Relative density plus relative basal area plus relative frequency.

TABLE IV

Correlation coefficients between density and elevation, and basal area and elevation for the eight most important tree species, in decreasing order of importance, in the control and treatment watersheds

Species	Density		Basal area	
	Control	Treatment	Control	Treatment
<i>Picea rubens</i>	-0.295	-0.407	-0.260	-0.619
<i>Fagus grandifolia</i>	+0.357	+0.451	+0.454	+0.464
<i>Acer saccharum</i>	+0.435	+0.639	+0.346	+0.509
<i>Abies balsamea</i>	-0.247	-0.422	-0.421	-0.486
<i>Acer pensylvanicum</i>	NS	NS	NS	NS
<i>Acer rubrum</i>	-0.264	NS	NS	-0.327
<i>Betula alleghaniensis</i>	NS	NS	-0.288	NS
<i>Thuja occidentalis</i>	-0.329	-0.335	-0.275	-0.310

species in the subplots were not found as tree-sized specimens in the plots, but among these, only *V. alnifolium* was important. One of the major species of tree size, *Abies balsamea*, was not encountered as a sapling, but was present in the seedling size class.

The number of species of saplings or trees per plot ranged from 2 to 14, and from 3 to 11, in the control and treatment watersheds, respectively. In each watershed, the greatest species diversity occurred at mid-elevations and the least at high elevations. This was consistent with var-

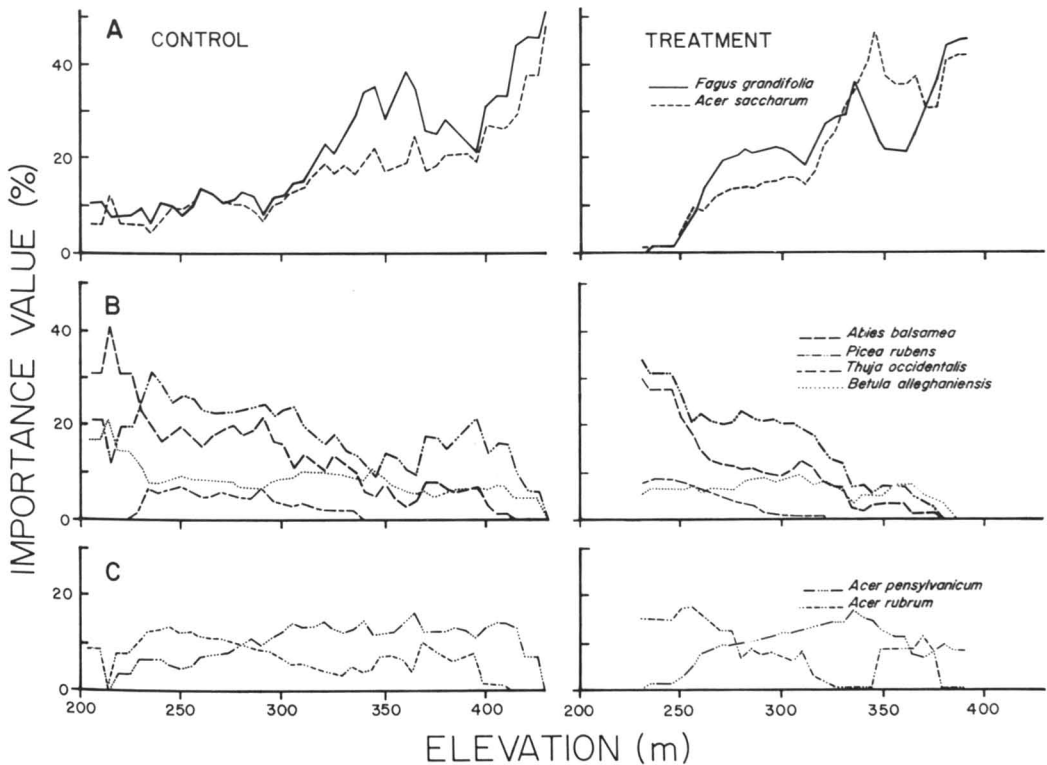


Figure 5. Running averages of importance values (%) for trees of A, *F. grandifolia* and *A. saccharum*, B, *Abies balsamea*, *P. rubens*, *T. occidentalis*, and *B. alleghaniensis*, and C, *A. pensylvanicum* and *A. rubrum* along the elevational gradients in the control and treatment watersheds.

iations in the patterns of species in relation to elevation.

SPECIES RELATIONSHIPS WITH ELEVATION

Both basal area and density of *F. grandifolia* and *A. saccharum* trees were positively correlated with increasing elevation, while basal area and density of *P. rubens*, *Abies balsamea* and *Thuja occidentalis* were each negatively correlated with elevation in each watershed (Table IV). Correlations for other major tree species were not consistent between watersheds.

Gradient analyses, using importance values for trees, and elevation, revealed distinctive trends for some species (Fig. 5). Importance of *F. grandifolia* and *A. saccharum* increased similarly with increasing elevation in each watershed (Fig. 5A). *Abies balsamea* and *P. rubens* each decreased in importance with increasing elevation, but *P. rubens* occurred at higher elevations (Fig. 5B). *Thuja occidentalis* also decreased in importance with increasing elevation, and did not occur above 340 m (Fig. 5B). *Betula alleghaniensis* showed a slight decrease in importance with increasing elevation in the control watershed, but not in the treatment watershed (Fig. 5C). The importance of *A. rubrum* fluctuated in each watershed, and relatively high importance values at higher elevations negated an apparent decreasing tendency at mid-elevations (Fig. 5C).

Saplings of *F. grandifolia* and *A. saccharum* had trends with elevation similar to those of trees of those species, but importance values for saplings were more variable (Figs. 6A and 5A). Saplings and trees of *P. rubens* were less similarly related with elevation, especially in the treatment watershed (Figs. 6A and 5B). *Viburnum alnifolium* responded to elevation in a similar way to saplings of *F. grandifolia* and *A. saccharum* in the treatment watershed, but less so in the control watershed (Figs. 6A and B). Saplings of *B. alleghaniensis* were evident at most elevations, but had relatively low importance values (Table III).

SPECIES RELATIONSHIPS WITH OTHER SITE VARIABLES

Correlation analyses revealed no significant relationships between basal area or density of any of the eight most important tree species (Table II) and aspect (class). A few significant correlations between basal area or density of some species and slope, position in the local topography, and surface condition did occur, but the patterns were inconsistent between watersheds.

Correlations existed between density and basal area of trees of several major species and depth of organic matter in each watershed (Table V). Tree measures for *F. grandifolia* and *A. saccharum* were consistently negatively correlated

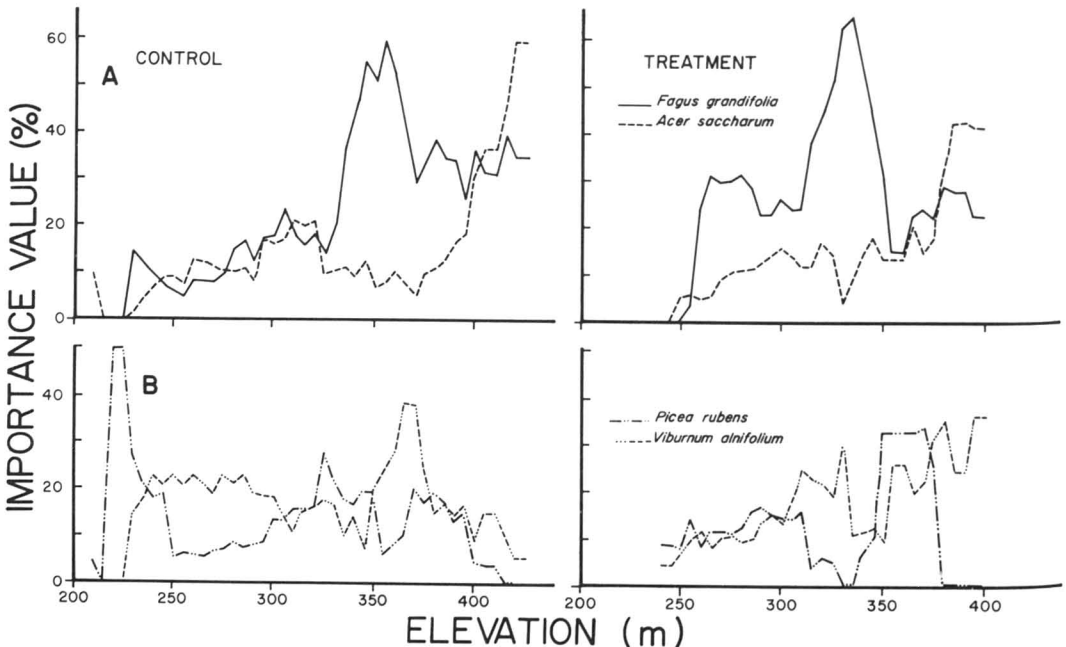


Figure 6. Running averages of importance values (%) for saplings of A, *F. grandifolia* and *A. saccharum*, and B, *P. rubens* and *V. alnifolium* along the elevational gradients in the control and treatment watersheds.

TABLE V

Correlation coefficients between density and depth of organic matter, and basal area and depth of organic matter, for the eight most important tree species, in decreasing order of importance, in the control and treatment watersheds

Species	Density		Basal area	
	Control	Treatment	Control	Treatment
<i>Picea rubens</i>	+0.563	+0.347	+0.495	+0.476
<i>Fagus grandifolia</i>	-0.538	-0.524	-0.552	-0.512
<i>Acer saccharum</i>	-0.528	-0.370	-0.472	-0.412
<i>Abies balsamea</i>	+0.386	+0.401	+0.509	NS
<i>Acer pensylvanicum</i>	NS	NS	-0.336	-0.298
<i>Acer rubrum</i>	+0.260	NS	NS	NS
<i>Betula alleghaniensis</i>	NS	NS	NS	NS
<i>Thuja occidentalis</i>	+0.600	+0.346	+0.492	+0.501

with depth of organic matter; whereas, measures for *P. rubens*, *Abies balsamea* (except basal area in the treatment watershed), and *T. occidentalis* were consistently positively correlated with depth of organic matter. Basal area of *A. pensylvanicum* was negatively correlated with depth of organic matter in each watershed. However, depth of organic matter was, itself, correlated with elevation ($r = -0.469$ in the control and $r = -0.39$ in the treatment watershed), which, with inherent differences in rate of breakdown of litter of different species, confounds interpretation.

In the treatment watershed, where soil types have been mapped (Anonymous, 1976b), both basal area and density of trees of *A. saccharum* and *F. grandifolia* were positively correlated with soil class, as was basal area of *A. pensylvanicum*. Basal area and density of trees of *Abies balsamea* and *P. rubens* were negatively correlated with soil class, as was basal area of *T. occidentalis*. Soil class in the treatment watershed was correlated with increasing elevation ($r = 0.32$), thus better soils were located at higher elevations. Soil class and depth of organic matter were negatively correlated ($r = 0.41$), as was to be expected. Soil class was positively correlated with degree of slope ($r = 0.42$), so better soils were associated with more strongly sloping situations.

INTERSPECIES RELATIONSHIPS

Graphs of running averages of importance values of the eight most important species of tree size and of the four most important species of sapling size, and elevation (Figs. 5 and 6) provide an indication of inter-species affiliations. Generally, *F. grandifolia*, *A. saccharum* and *V. alnifolium* responded similarly to increasing elevation, as did *Abies balsamea* and *P. rubens* in a reverse

sense. Correlation analyses of density and basal-area tree data showed *Abies balsamea* and *P. rubens*, and *F. grandifolia* and *A. pensylvanicum* to be positively correlated in each watershed (Table VI). *Fagus grandifolia* and *A. saccharum* were also positively correlated for each set of data except basal area in the control watershed. Consistent negative correlations were evident for both sets of data in each watershed for *F. grandifolia* and *Abies balsamea*, *A. saccharum* and *Abies balsamea*, *F. grandifolia* and *T. occidentalis*, and *A. saccharum* and *A. rubrum*. *Betula alleghaniensis* was not consistently correlated with any other species (Table VI), probably because it, alone, occurred more or less equally at all elevations (Fig. 5) and was a component of hardwood, mixedwood and softwood cover.

Discussion

COMPARISON OF THE FOREST COVER ON THE TWO WATERSHEDS

In virtually all respects, the data show that the tree and sapling cover on the control and treatment watersheds was similar and that it responded to environmental factors in a similar manner. Stand structure, total basal area and density were not different. Variations that may have existed in past selective cutting patterns did not affect the forest on the two watersheds differently in any substantial manner. Shade-intolerant species of relatively recent origin occurred at relatively high densities in only a few locations in each watershed; generally, older shade-intolerant species occurred as widely scattered individuals. Evidence of extensive opening of the forest canopy was lacking. This is consistent with earlier logging practices, in the

TABLE VI

Correlation coefficients between basal area (A) and densities (B) of each of the eight most important tree species in the control (upper right) and treatment (lower left) watersheds

	<i>Picea rubens</i>	<i>Fagus grandifolia</i>	<i>Acer saccharum</i>	<i>Abies balsamea</i>	<i>Acer pensylvanicum</i>	<i>Acer rubrum</i>	<i>Betula alleghaniensis</i>	<i>Thuja occidentalis</i>
A								
<i>Picea rubens</i>		-0.604	-0.554	+0.484	NS	NS	NS	+0.250
<i>Fagus grandifolia</i>	-0.598		+0.502	-0.677	+0.316	-0.438	-0.340	-0.404
<i>Acer saccharum</i>	-0.442	NS		-0.536	NS	-0.385	NS	-0.334
<i>Abies balsamea</i>	+0.459	-0.513	-0.428		-0.368	+0.337	NS	+0.433
<i>Acer pensylvanicum</i>	-0.311	+0.427	NS	-0.337		-0.294	NS	-0.247
<i>Acer rubrum</i>	NS	-0.323	-0.322	NS	NS		NS	NS
<i>Betula alleghaniensis</i>	NS	NS	NS	NS	NS	NS		NS
<i>Thuja occidentalis</i>	NS	-0.316	-0.289	NS	NS	NS	NS	
B								
<i>Picea rubens</i>		-0.658	-0.670	+0.586	NS	+0.468	NS	+0.293
<i>Fagus grandifolia</i>	-0.372		+0.515	-0.494	+0.333	-0.332	-0.324	-0.462
<i>Acer saccharum</i>	-0.422	+0.365		-0.448	NS	-0.348	NS	-0.374
<i>Abies balsamea</i>	+0.657	-0.521	-0.419		NS	+0.306	+0.299	+0.309
<i>Acer pensylvanicum</i>	NS	+0.330	NS	NS		NS	NS	-0.322
<i>Acer rubrum</i>	NS	NS	-0.346	NS	NS		NS	NS
<i>Betula alleghaniensis</i>	NS	NS	NS	NS	NS	+0.378		NS
<i>Thuja occidentalis</i>	+0.306	-0.316	NS	NS	NS	NS	NS	

region, of removing only better quality large-sized material (of hardwood for veneer or saw timber, and of softwood for saw timber).

Both watersheds were characterized by the same seven tree species. Importance values for those species were of similar magnitudes and were ordered in the same way. Eight lesser tree species were common to each watershed, and each had similar importance values. Similarities extended to the sapling-sized species; four of these characterized each watershed in a similar manner.

The relationships between each of the four most important tree species and elevation were similar: densities, basal areas, and importance values of *F. grandifolia* and *A. saccharum* increased with increasing elevation, while those of *P. rubens* and *Abies balsamea* decreased. Importance values of saplings of *F. grandifolia*, *A. saccharum*, and *P. rubens* reacted with elevation as did the trees of those species. No saplings of *Abies balsamea* occurred in the sampling in either watershed. The second most important sapling-sized species (second to *F. grandifolia*) in each watershed was the shrub, *V. alnifolium*; its importance generally increased with elevation.

Configurations of the two watersheds influenced the behavior of some species. The control watershed, has several peaks around its northern perimeter (Fig. 1), and between them is a relatively broad, high-level plateau where drainage is slow. In that area, between elevations of 360 and 400 m, trees of *P. rubens* were relatively more important than on the more steeply sloping equivalent elevations in the treatment watershed (Fig. 5B). This indicates that the relationships of species' importance with elevation are not simple: other site variables affect the overall pattern as has been noted elsewhere (Whittaker, 1967; Bormann *et al.*, 1970).

Consistent relationships existed for each watershed between measures of the major tree species and depth of the organic matter. In all cases, the relationships were the reverse of those with elevation and partially reflected existence of negative correlations between depth of the organic matter and increasing elevation. Deeper organic-matter layers were associated with conifers which tended to occupy the moister, less well-drained areas where rates of organic-matter decomposition were lower than on dryer, better-drained areas. Because species composition affects litterfall composition, and because litter of different species

decomposes at different rates, species composition can itself affect the depth of organic matter. Thus, further interpretation of relationships with depth of organic matter was not feasible.

THE FOREST COVER IN RELATION TO EXISTENT FOREST CLASSIFICATIONS

The forest cover on the studied watersheds conforms in general with the two available forest classifications (Loucks, 1962; Rowe, 1972), but, in several respects, it points to limitations of their broad mapping units and descriptions. In both watersheds, *F. grandifolia* was more important and *Tsuga canadensis* and *Picea glauca* much less important than was suggested by Loucks (1962) for his Napadogan District, and by Rowe (1972) for his Upper Miramichi-Tobique Section. *Fagus grandifolia* was the most important hardwood species on the watersheds (Tables II and III) and it reacted with elevation in a manner similar to *A. saccharum* (Fig. 5). It was not therefore, restricted to prominence only on exposed hilltops, as Loucks (1962) indicated. *Tsuga canadensis* had importance values of only 1%, while *P. glauca* occurred in only two plots in one watershed. Thus, neither was of much prominence.

Both authors also ascribed more prominence to *B. alleghaniensis* on hilltops and upper slopes than was apparent in the watersheds. A combination of past logging for high-quality material and of birch dieback (Clark & Baxter, 1958) may account for this. Both classifications were based on conditions before the full effects of the dieback were apparent (Rowe [1972] derived his descriptions from Halliday [1937], and Loucks [1962] mentioned that his classification dealt with pre-dieback conditions). However, *B. alleghaniensis* was the one species of tree size which was of approximately equal importance at all elevations (Fig. 5), and therefore a constant component of hardwood, mixedwood and softwood cover.

In a broader framework, the sugar maple-yellow birch-fir zone of Loucks (1962) extends to the northwest in New Brunswick where, at the Québec border, it joins with Grandtner's (1966) «*Domaine de l'érablière à bouleau jaune*». The latter is characterized by *A. saccharum*, *B. alleghaniensis* and *F. grandifolia* with *Abies balsamea* and *B. papyrifera*, and understories of *V. alnifolium*, *A. pensylvanicum*, *A. spicatum*, *Corylus cornuta* and *Lonicera canadensis*. That forest type lacks the prominence of *P. rubens*, the most important tree species in the Nashwaak watersheds. However, Bouchard & Maycock (1978) reported for forests somewhat further west in southern Québec that *P. rubens* was among

the seven most important species which occurred in various mixtures. Their study embraced a greater range of elevations (76 to 914 m), and a wider variety of site types than do the Nashwaak watersheds. Over the range of elevations of the latter (190 to 480 m), they showed that *A. saccharum* (the most important species in their study) and *F. grandifolia* increased in importance with increasing elevation, but in contrast to the situation in the Nashwaak watersheds, *Abies balsamea* and *P. rubens* showed no trends with elevation.

Classification available for forest vegetation in adjacent portions of the United States (e.g. Westveld *et al.*, 1956) are broader than those mentioned for New Brunswick and southern Québec. Those covering all three areas (e.g. Nichols, 1935; Braun, 1950) are broader still and hence are only of general value. Westveld *et al.* (1956) placed the areas of Maine which abut New Brunswick, and the areas of Maine and New Hampshire which abut Québec in their Spruce-fir-northern hardwood zone. The zone extends south-westwards into the White and Green Mountains where it occupies elevations to 1370 m. In it, Westveld *et al.* (1956) found *F. grandifolia*, *B. alleghaniensis* and *A. saccharum* to occupy lower slopes and well-drained flats at relatively low elevations. This contrasts with the situation on the Nashwaak watersheds.

Barrett (1962) summarized altitudinal sequencing of forest types in the northeastern United States. At low elevations the stands are of spruce-fir-hardwood type with *Abies balsamea*, *Tsuga canadensis*, *A. rubrum*, *P. rubens* and *B. alleghaniensis* prominent. At somewhat higher elevation with better drainage, *A. saccharum* and *F. grandifolia* also occur. With further increase in elevation and improved drainage conditions, the forest cover is typical northern hardwoods — *F. grandifolia*, *B. alleghaniensis*, and *A. saccharum*, with some *P. rubens*, *Tsuga canadensis*, *A. rubrum*. At much higher elevation, the tolerant hardwoods reach their upper elevational limit and then *P. rubens* and *Abies balsamea* become the dominant species.

For several northeastern locations, Bormann *et al.* (1970) found that the transition from tolerant hardwoods to high-elevation spruce-fir occurred at about 760 m, with *B. alleghaniensis* extending further into the spruce-fir zone than *A. saccharum* or *F. grandifolia*. Data of Siccama (1974), Martin (1977) and Bouchard & Maycock (1978) support this. The Nashwaak watersheds are not high enough to show this transition, though Loucks (1962) allowed for occurrence of conifers on some hill tops in his Napadogan District.

Comparison of gradient analyses of data from the Nashwaak watersheds and Hubbard Brook Watershed 6 (Bormann *et al.*, 1970) permit interpretation of equivalence of elevation between these two geographically remote areas carrying similar *F. grandifolia*-*A. saccharum* forest cover. In the Nashwaak watersheds, importance values of the two species rose from 10 or less at 230 m to between 40 and 50 at 400 m. In Hubbard Brook, importance values between 40 and 50 for these species occurred below 630 m and dropped to 20 or less at 760 m. Whittaker (1967) showed that importance values of individual species have bell-shaped curves along elevational gradients. Thus, if the two sets of data are combined, the peaks for *F. grandifolia* and *A. saccharum* lie at about the upper elevational limit of the Nashwaak watersheds and near the lower elevational limit of Watershed 6 at Hubbard Brook. Thus, elevations at about 400 m in the Nashwaak area appear to be equivalent to elevations of about 600 m in the Hubbard Brook area. It is at such respective elevations that the two species tend to mix at equivalent, maximum, importance levels.

Acknowledgments

This work was made possible through receipt of subventions from the Canadian Forestry Service, either directly (1974, 1975, 1976), or indirectly through the annual award to the Faculty of Forestry, University of New Brunswick (1972, 1973, 1977, 1978). The writer gratefully acknowledges this financial support. The writer is also indebted to Joanne E. MacDonald, Department of Forest Resources, University of New Brunswick, for helpful comments on the original manuscript.

References

- ANONYMOUS, 1976a. Nashwaak Experimental Watershed Project: A cooperative research program on environmental impacts of forestry practices. — Nashwaak Experimental Watershed Project, c/o Maritimes Forest Research Centre, Fredericton, N.B., 12 p.
- ANONYMOUS, 1976b. Nashwaak Experimental Watershed Project Annual Report, 1975-76. — Nashwaak Experimental Watershed Project, c/o Maritimes Forest Research Centre, Fredericton, N.B., 20 p.
- BARRETT, J.W., 1962. Regional silviculture of the United States. — The Ronald Press Co., New York, N.Y., 610 p.
- BORMANN, F.H., T.G. SICCAMI, G.E. LIKENS & R.H. WHITTAKER, 1970. The Hubbard Brook Ecosystem Study: composition and dynamics of the tree stratum. — *Ecol. Monogr.*, 40: 373-388.
- BOUCHARD, A. & P.F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.
- BRAUN, E.L., 1950. Deciduous forests of eastern North America. — The Blakiston Co., Philadelphia, PA, 596 p.
- CLARK, J. & G.W. BAXTER, 1958. Growth and climate in relation to dieback of yellow birch. — *For. Sci.*, 4: 343-364.
- GRANDTNER, M.M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. — Les Presses de l'Université Laval, Québec, 216 p.
- HALLIDAY, W.E.D., 1937. A forest classification for Canada — *Can. Dept. Mines Resources, For. Serv. Bull.* no. 89, 50 p.
- HUGHES, E.L., 1964. Forest development in north-western New Brunswick 1947-1957. — *Can. Dept. For.*, Publ. no. 1054, 28 p.
- LONG, H.D., 1952. Forest types and sites of the Acadia Forest Experiment Station. — *Can. Dept. Resour. Develop., For. Bra.*
- LOUCKS, O.L., 1962. A forest classification for the Maritime Provinces. — *Proc. Nova Scotia Inst. Sci.*, 25 (1959-60) (2): 85-167.
- LYFORD, W.H. & D.W. MacLEAN, 1966. Mound and pit microrelief in relation to soil disturbance and tree distribution in New Brunswick, Canada. — *Harvard For. Pap.* no. 15., Harvard Univ., Harvard Forest, Petersham, MA, 18 p.
- MARTIN, C.W., 1977. Distribution of tree species in an undisturbed northern hardwood-spruce-fir forest, the Bowl, N.H. — *U.S. Dept. Agric. For. Serv., Res. Note NE-244*, 6 p.
- NICHOLS, G.E., 1935. The hemlock-white pine-northern hardwood region of eastern North America. — *Ecology*, 16: 403-422.
- ROWE, J.S., 1972. Forest regions of Canada. — *Can. Dept. Environ., Can. For. Serv., Publ.* no. 1300, 172 p.
- SICCAMI, T.G., 1974. Vegetation, soil, and climate on the Green Mountains of Vermont. — *Ecol. Monogr.*, 44: 325-349.
- WESTVELD, M., R.I. ASHMAN, H.I. BALDWIN, R.P. HOLDSWORTH, R.S. JOHNSON, J.H. LAMBERT, H.J. LUTZ, L. SWAIN & M. STANDISH, 1956. Natural forest vegetation zones of New England. — *J. For.*, 54: 332-338.
- WHITTAKER, R.H., 1967. Gradient analysis of vegetation. — *Biol. Rev.*, 49: 207-264.

LES DIATOMÉES BENTHIQUES DE SUBSTRATS DURS DES EAUX MARINES ET SAUMÂTRES DU QUÉBEC

1. COCCONEIOIDEAE (ACHNANTHALES, ACHNANTHACEAE)¹

M. POULIN, L. BÉRARD-TERRIAULT et A. CARDINAL

GIROQ, Département de biologie
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Cet article est le premier d'une série qui, à son terme, constituera une monographie des diatomées benthiques de substrats durs des côtes marines et estuariennes du Québec. Il porte sur la sous-famille des Cocconeioideae (Achnanthales, Achnanthaceae). Le genre *Cocconeis* Ehrenberg avec ses 15 taxons est le plus important et le plus abondant, alors que 2 taxons seulement sont présentés pour le genre *Anorthoneis* Grunow. La description des taxons est accompagnée de références, d'illustrations en microscopie optique ou en microscopie électronique à balayage, de données biométriques et d'informations sur la répartition régionale.

Abstract

The present paper is the first of a series in a monograph of benthic diatoms on hard substrates of Québec marine and estuarine coasts. It deals with the subfamily Cocconeioideae (Achnanthales, Achnanthaceae). The genus *Cocconeis* Ehrenberg is the most important and abundant with 15 taxa while 2 taxa only are listed for the genus *Anorthoneis* Grunow. Descriptions of the taxa are presented with selected references, illustrations under the light or scanning electron microscope, biometric data and regional distributions.

Introduction

Les études sur le phytoplancton marin ont foisonné au cours des 20 dernières années dans l'est du Canada et au Québec, de telle sorte que l'on dispose maintenant d'un important bagage de connaissances sur la taxonomie, l'écologie et l'écophysiologie de ces populations. Nous n'avons par contre que très peu d'information sur la flore microscopique benthique des milieux marins. Cette flore, qui occupe des substrats durs ou meubles, est généralement dominée par des diatomées pennales qui joueraient un rôle important dans l'économie du littoral en intervenant notamment dans l'alimentation de diverses espèces animales (Hunter & Russell-Hunter, 1983; Whitlach & Obrebski, 1980).

Au Québec, seulement deux travaux ont porté sur des aspects taxonomiques (Bélanger & Cardinal, 1975; Poulin *et al.*, 1982) et deux sur des

aspects écologiques (Bélanger & Cardinal, 1977; Hudon & Bourget, 1981). Ailleurs dans l'est du Canada, outre quelques listes floristiques déjà anciennes (v.g. Bailey, 1910, 1913, 1914, 1915; Mackay, 1907; Bailey & Mackay, 1921), on ne relève que trois travaux de nature proprement taxonomique, ceux de Hanic & Lobban (1979) sur *Navicula ulvacea* et de Lobban (1983, sous presse) sur les formes occupant des tubes mucilageux. Un seul travail écologique y a été réalisé, celui de Bacon à l'Île-du-Prince-Édouard (Bacon, 1972; Bacon & Taylor, 1976).

L'effort consenti sur les côtes atlantiques des États-Unis n'est pas sensiblement plus grand. Citons Hustedt (1955) qui fournit une information taxonomique importante sur les diatomées de substrat meuble de la région de Beaufort (Caroline du Nord), et Lee *et al.* (1975) qui présentent d'intéressantes observations sur une population de diatomées épiphytes de Long Island (New York).

¹ Contribution au programme du GIROQ (Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec).

Les diatomées pennales comprennent beaucoup de taxons très cosmopolites d'où la nécessité

de tenir compte des travaux taxonomiques exécutés ailleurs en Amérique du Nord. Mentionnons notamment l'étude de Riznyk (1973) sur les diatomées interstitielles de l'estuaire de la Yaquina (Oregon, U.S.A.) et celle de Rao & Lewin (1976) sur les diatomées benthiques de False Bay (Washington, U.S.A.); la piètre qualité des illustrations diminue toutefois considérablement l'utilité de ces deux publications. McIntire & Reimer ont pour leur part publié en 1974 un bref travail sur le genre *Achnanthes* de l'estuaire de la Yaquina.

Même si elle touche surtout les formes d'eau douce des États-Unis, nous ne pouvons passer sous silence la monographie de Patrick & Reimer (1966; 1975) qui fait état d'un certain nombre de taxons observés dans les eaux saumâtres. Ce travail nous a fortement influencés d'autre part pour les aspects systématiques.

Matériel et méthodes

Nous avons confiné nos investigations aux formes retrouvées fixées à des substrats solides naturels (rochers, cailloux, algues, etc.) ou artificiels (tuiles de céramique, bouées de navigation, charpentes de quais, etc.). Nous avons ainsi obtenu plus de 500 prélèvements sur l'ensemble des côtes du Québec attenantes au golfe du Saint-Laurent, à l'exception des Îles-de-la-Madeleine. Ceci ne signifie pas pour autant que les espèces décrites présentement soient retrouvées exclusivement sur de tels substrats; bien des taxons sont en effet rencontrés tout aussi bien en faciès meuble que rocheux. D'autre part, étant donné la très petite taille de ces organismes, nombre de frustules vides d'origines diverses sont prélevés en même temps que les formes fixées. Nous avons également retenu certaines formes d'eau douce rencontrées avec régularité dans nos prélèvements, car nous ne sommes pas en mesure d'affirmer qu'elles ne peuvent se maintenir dans des milieux à salinité variable (v.g. *Surrella* spp., *Achnanthes* spp.).

Nous proposons donc des descriptions plus substantielles pour un grand nombre de taxons déjà connus, ainsi que des descriptions originales pour un certain nombre d'entités nouvelles. Pour chacun nous ne fournissons que les références les plus pertinentes, une bibliographie plus complète pouvant être retrouvée dans Van-Landingham (1967-1979).

Nos descriptions reposent sur un grand nombre de données biométriques des différents caractères des valves à raphé (VR) ou sans raphé (VSR); ces données sont présentées sous la forme de tableaux synoptiques. Pour chacun des taxons, nous indiquons le nombre d'individus observés,

les minima et les maxima de longueur et de largeur, de même que le nombre de stries en 10 μm qui a été calculé à la marge des valves.

Chacune des descriptions est accompagnée de photographies originales. Ces photomicrographies, de même que toutes les données biométriques, ont été obtenues à l'aide d'un microscope à contraste de phase (Wild M20), doté d'un oculaire à vis micrométrique, et d'un microscope électronique à balayage (MEB) (JEOL JSM 25). Les échantillons ont été au préalable nettoyés de toute matière organique par un traitement aux acides forts, puis inclus dans un milieu de montage permanent (Hyrax) pour les observations en microscopie optique, ou ombrés à l'orpalladium pour l'examen au microscope à balayage. Enfin, nous fournissons la répartition des taxons selon les sept régions québécoises inventoriées, soit l'estuaire moyen et l'estuaire maritime du Saint-Laurent, la Côte Nord et la Basse Côte Nord du golfe du Saint-Laurent, l'île d'Anticosti, la péninsule gaspésienne et la baie des Chaleurs (fig. 1).

Les différentes parties de cette monographie ne seront pas publiées selon un ordre systématique, mais plutôt selon leur disponibilité. L'ensemble des collections et des préparations microscopiques sont pour l'instant conservées au laboratoire de A. Cardinal à l'Université Laval. Toute information additionnelle pourra donc être obtenue de ce laboratoire.

Taxonomie

Dans ce premier article, nous traitons la sous-famille des Cocconeioideae (Achnanthes, Achnantheaceae). Cette sous-famille est représentée dans les eaux québécoises par 17 taxons appartenant à deux genres: *Anorthoneis* Grunow et *Cocconeis* Ehrenberg. Des deux, *Cocconeis* est nettement le plus commun et abondant, et certains de ses représentants figurent parmi les éléments les plus importants lors des stades initiaux de la colonisation de substrats vierges (Bélanger & Cardinal, 1977). Dans un travail antérieur réalisé dans la baie des Chaleurs (Bélanger & Cardinal, 1975), cinq taxons avaient déjà été observés et décrits; l'extension de nos observations à l'ensemble des côtes du Québec explique l'augmentation considérable du nombre de taxons.

Ordre Achnanthes

Frustules possédant un raphé bien développé sur une valve et un espace axial sur l'autre valve.

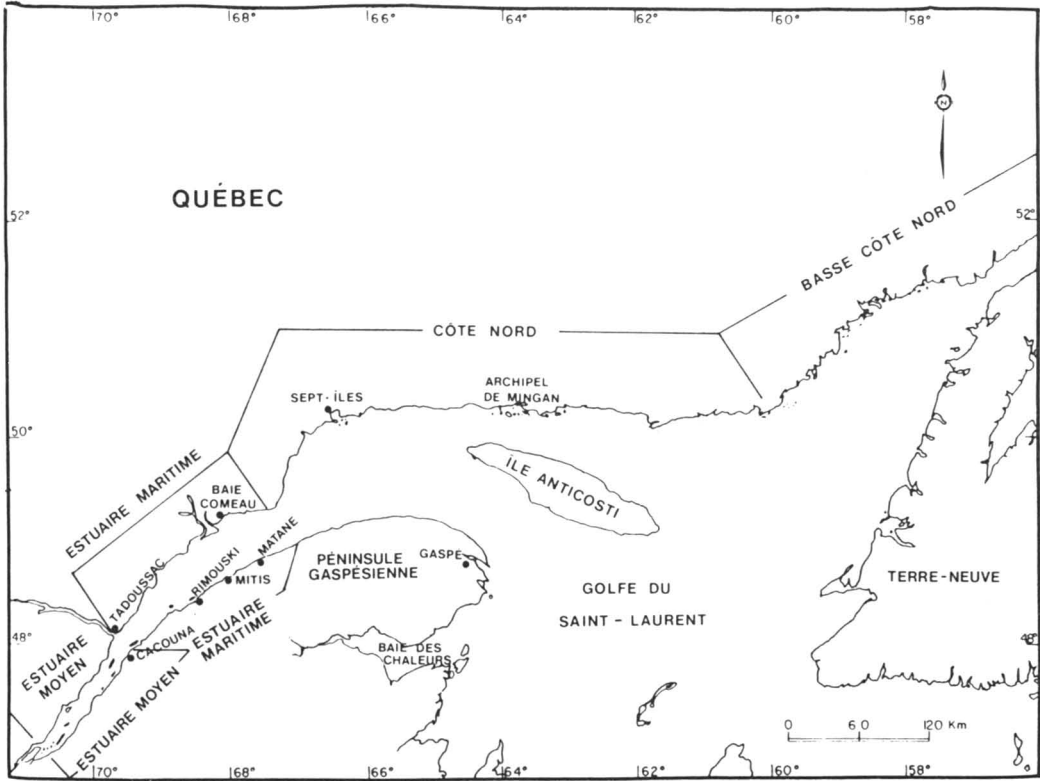


Figure 1. Carte présentant les limites des régions maritimes du Québec.

Famille Achnanthaceae

Frustules solitaires, accolés au substrat ou pédonculés, ou en colonies filamenteuses. Valves de linéaires à rhomboïdes.

Sous-famille Cocconeioideae

Valves de forme elliptique très variable. Frustules avec un raphé bien développé en position centrale ou excentrique sur une valve et un espace axial sur l'autre. Différences dans l'ornementation des deux valves. Frustules solitaires, accolés fortement au substrat.

Genre *Anorthoneis* Grunow

Asymétrie selon l'axe apical des valves. Excentricité des structures valvaires (raphé et aire axiale). Stries plus finement ponctuées et plus denses sur la valve à raphé.

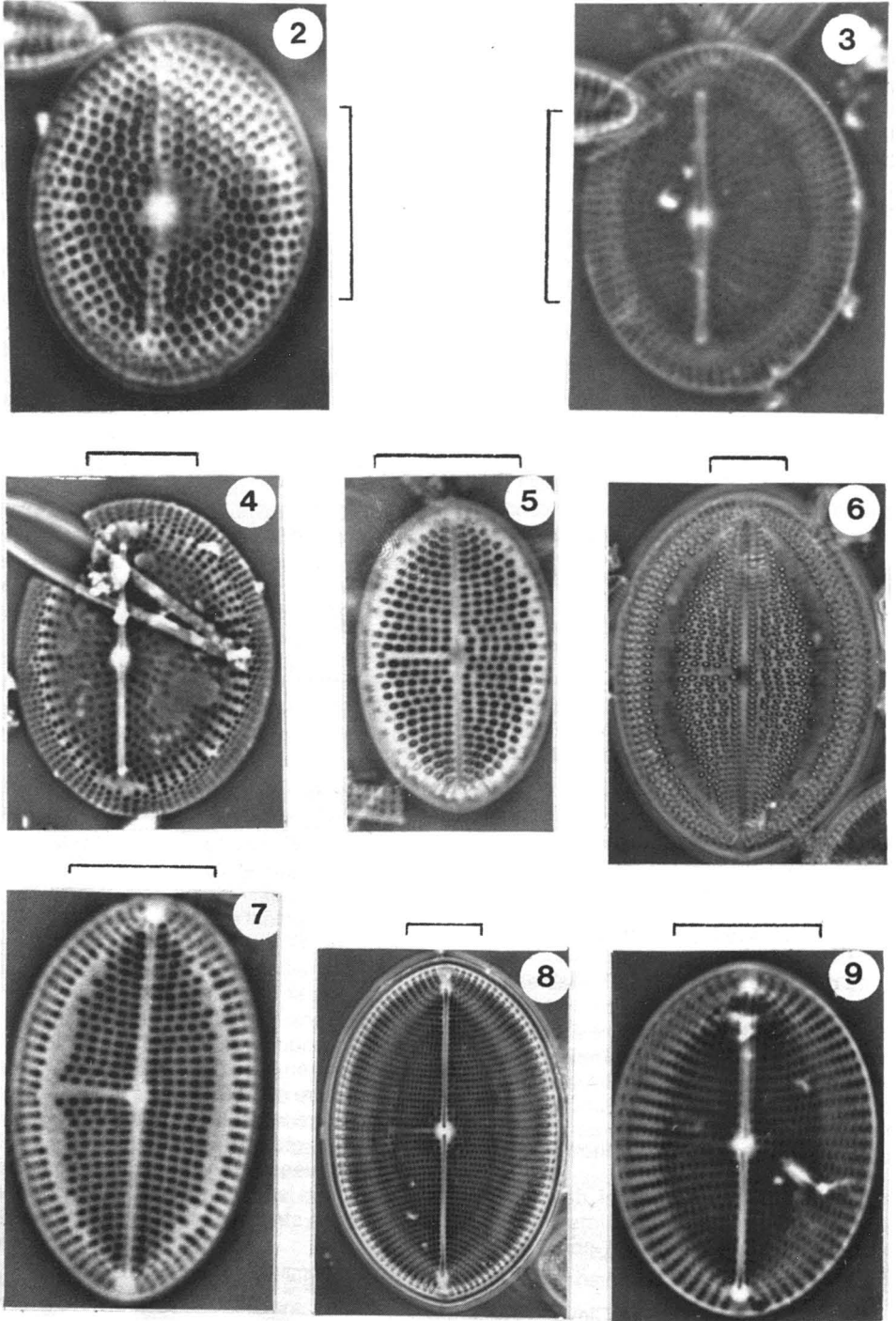
Anorthoneis eurystoma Cleve (fig. 2,3)

Valves de très largement elliptiques à orbiculaires, plus fortement siliciifiées sur les valves sans raphé. VSR: aire axiale excentrique, très étroite, rectiligne et se terminant à une bonne distance de l'apex. Aire centrale bien développée quoique légèrement asymétrique et de forme plutôt orbiculaire. Stries grossièrement ponctuées, courbées et radiantes sur toute la valve. Présence de quelques stries marginales écourtées. Ponctuations disposées longitudinalement en un patron courbé ou ondulé. VR: raphé droit, excentrique, avec les extrémités proximales très rapprochées l'une de l'autre et les extrémités distales éloignées de l'apex. Aire axiale très étroite et rectiligne. Aire centrale très réduite et elliptique. Stries très finement ponctuées, progressivement courbées et radiantes vers les extrémités de la valve. Présence de quelques stries marginales écourtées.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	
			VSR	VR
10	18-22 μm	14-18 μm	12-14	18

Cleve (1895), p. 166, pl. 3, fig. 12. Hustedt (1955), p. 15, pl. 2, fig. 7, pl. 5, fig. 16, 17.

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; Côte Nord (rare).



Figures 2-9. Figures 2, 3. *Anorthoneis eurystoma* (fig. 2 VSR; fig. 3 VR). Figure 4. *Anorthoneis excentrica*, VR. Figures 5-9. *Cocconeis californica* (fig. 5-7 variations morphologiques, VSR; fig. 8, 9 VR). Échelles: 10 μm .

Discussion: L'absence d'un anneau marginal de stries écourtées et finement ponctuées sur la valve à raphé du *Anorthoneis eurystoma* Cleve constitue la principale distinction avec le *A. excentrica* (Donkin) Grunow.

Anorthoneis excentrica (Donkin) Grunow
(fig. 4)

Cleve (1895), p. 166. Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 24, pl. 5, fig. 1. Hustedt (1931-1959), p. 319, fig. 780.

Valves largement elliptiques. VR: raphé droit, excentrique, avec les extrémités proximales près de l'une de l'autre et les extrémités distales éloignées de l'apex. Aire axiale très étroite et rectiligne. Aire centrale très réduite et quelque peu orbiculaire. Stries finement ponctuées et progressivement courbées et radiantées vers les extrémités de la valve. Présence d'un anneau marginal de stries écourtées, plus denses et plus finement ponctuées.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	
			VSR	VR
2	27-32 µm	22-23 µm	10-14	

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord (très rare).

Genre *Cocconeis* Ehrenberg

Valves symétriques selon l'axe apical (raphé central). Valve à raphé avec un anneau hyalin marginal et/ou sub-marginal et des stries habituellement plus finement ponctuées et plus denses.

Cocconeis californica (Grunow in Cleve et Moeller)
Grunow in Van Heurck var. *californica*
(fig. 5-11)

Schmidt (1874-1959), pl. 191, fig. 40-43. Hustedt (1931-1959), p. 343, fig. 796. Bélanger & Cardinal (1975), p. 607, fig. 1g, 1h. *Cocconeis scutellum* var. *californica* (Cleve, 1895, p. 171).

Valves de elliptiques à largement elliptiques et fortement silicifiées. VSR: aire axiale rectiligne, bien distincte et dilatée aux extrémités en une aire terminale. Aire centrale unilatérale, formée par l'absence d'une strie et n'atteignant pas la marge de la valve. Stries radiantées au centre, courbées et radiantées aux extrémités de la valve. Stries grossièrement ponctuées et généralement interrompues par une aire latérale plus ou moins large selon les spécimens observés. Alignement plus ou moins ondulé des ponctuations selon l'axe apical de la valve. Ponctuations plus serrées aux marges de la valve. VR: raphé droit avec les extrémités proximales rapprochées l'une de l'autre et les extrémités distales se terminant à une cer-

taine distance de l'apex. Aire axiale rectiligne et très étroite. Aire centrale petite et plutôt arrondie. Stries finement ponctuées, radiantées au centre, courbées et radiantées aux extrémités. Présence d'une strie médiane écourtée sur un seul côté de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	
			VSR	VR
38	13-51 µm	8-36 µm	10-16	10-15

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (commun).

Discussion: La valve à raphé de cette espèce montre plusieurs caractères morphologiques identiques à la valve à raphé du *Cocconeis distans* Gregory. Elle s'en distingue principalement par la présence d'une strie médiane écourtée, une striation plus finement ponctuée ainsi que par l'absence d'une mince couronne submarginale hyaline.

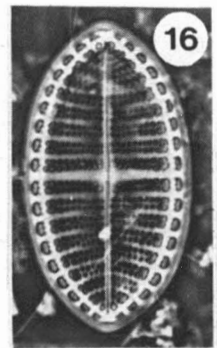
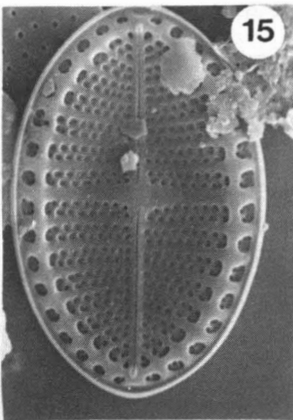
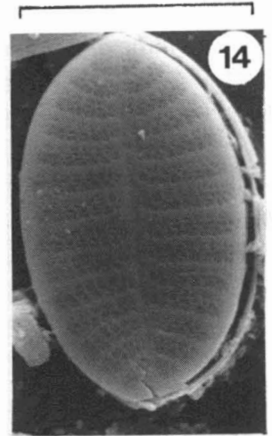
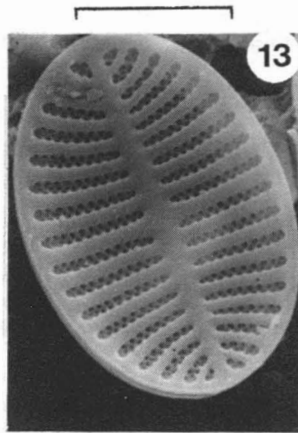
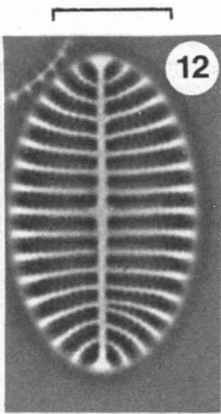
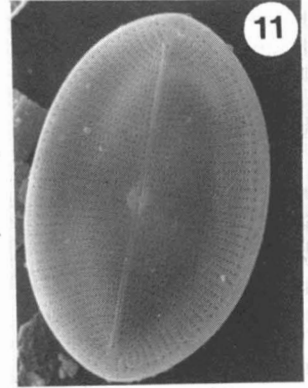
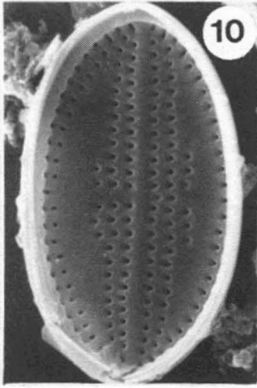
Cocconeis costata Gregory var. *costata*
(fig. 12-16)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 10, pl. 2, fig. 10. Hustedt (1931-1959), p. 332, fig. 785. Hendey (1964), p. 179. Bélanger & Cardinal (1975), p. 605, fig. 1a, 1b. *Cocconeis costata* var. *typica* (Cleve, 1895, p. 182).

Valves généralement elliptiques-lancéolées, parfois largement elliptiques et fortement silicifiées. VSR: aire axiale droite, distincte et se terminant à l'apex en un espace hyalin. Stries plutôt parallèles au centre, courbées et radiantées aux extrémités de la valve. Stries robustes et constituées d'une double rangée de ponctuations disposées en quinconce. VR: raphé droit avec les extrémités proximales plutôt rapprochées l'une de l'autre et légèrement infléchies en sens inverse sur la partie interne de la valve (fig. 15). Extrémités distales du raphé se terminant à la base de l'anneau sub-marginal hyalin. Aire axiale très étroite et linéaire. Aire centrale dilatée transversalement en un mince bandeau. Anneau submarginal hyalin parallèle à la marge de la valve. Stries larges, constituées d'une double rangée de ponctuations disposées en quinconce et progressivement courbées et radiantées vers les extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	
			VSR	VR
81	9-38 µm	5-24 µm	5-9	5-8

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte



Figures 10-16. Figures 10, 11. *Cocconeis californica* (fig. 10 vue interne VSR, MEB; fig. 11 vue interne VR, MEB). Figures 12-16. *Cocconeis costata* (fig. 12 VSR; fig. 13 vue interne VSR, MEB; fig. 14 vue externe VSR, MEB; fig. 15 vue interne VR, MEB; fig. 16 VR). Échelles: 10 μ m.

Nord; Basse Côte Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (très commun).

Discussion: La valve à raphé du *Cocconeis costata* Gregory peut être confondue avec la valve à raphé du *Cocconeis scutellum* var. *stauroneiformis* Rabenhorst. Elle en diffère par une double rangée de perforations constituant la strie ainsi que par un anneau submarginal hyalin plus nettement défini. Il est aussi à noter que la densité de stries des spécimens observés est nettement inférieure à ce qui est mentionné dans la littérature.

Cocconeis decipiens Cleve
(fig. 17-21)

Hustedt (1931-1959), p. 353, fig. 808.

Valves largement elliptiques. VSR: aire axiale étroite, distincte et sigmoïde. Aire centrale large, plutôt rhombique et laissant transparaître une ponctuation plus faiblement silicifiée (faint puncta). Stries distinctement ponctuées, radiantées sur toute la valve. Présence de quelques stries marginales écourtées vers le centre de la valve. Ponctuations disposées selon un patron longitudinal ondulé. VR: raphé sigmoïde avec les extrémités proximales près l'une de l'autre et les extrémités distales fortement courbées en sens inverse. Aire axiale sigmoïde, étroite et distincte. Aire centrale dilatée transversalement en un très mince bandeau bordé de stries écourtées. Stries finement ponctuées et radiantées sur toute la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	
			VSR	VR
32	20-67 µm	13-51 µm	11-15	10-15

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord (rare).

Cocconeis diminuta Pantocsek var. *diminuta*
(fig. 27, 28)

Hustedt (1930), p. 190, fig. 265. Bélanger & Cardinal (1975), p. 605, fig. 1c.

Valves très petites, étroites et de forme elliptique à elliptique-lancéolée. VSR: aire axiale très étroite et rectiligne. Stries évidentes, finement ponctuées et progressivement courbées et radiantées vers les extrémités de la valve. Alignement des ponctuations selon un patron longitudinal régulier et plutôt linéaire.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	
			VSR	VR
11	9-13 µm	4-8 µm	12-16	

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Ce taxon peut être facilement confondu avec le *Cocconeis scutellum* var. *parva* (Grunow in Van Heurck) Cleve étant donné la petite taille des valves. Cependant il s'en distingue par des ponctuations plus allongées de part et d'autre de l'aire axiale ainsi que par l'absence d'une couronne marginale plus finement ponctuée (fig. 27).

Cocconeis disculus (Schumann) Cleve
var. *disculus*
(fig. 26)

Hustedt (1931-1959), p. 345, fig. 799. Patrick & Reimer (1966), p. 239, pl. 15, fig. 1, 2.

Valves elliptiques et fortement silicifiées sur la valve sans raphé. VSR: aire axiale étroite, plutôt linéaire et parfois n'atteignant pas les extrémités de la valve. Stries robustes, grossièrement ponctuées et progressivement courbées et radiantées vers l'apex. Présence de 2 à 3 lignes hyalines et ondulées selon l'axe apical de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	
			VSR	VR
3	10-20 µm	7-14 µm	6-10	

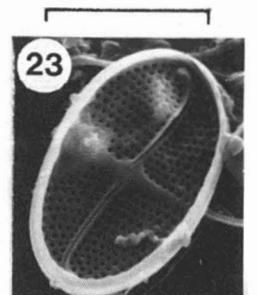
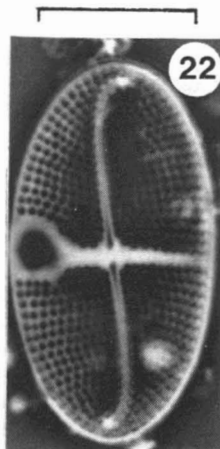
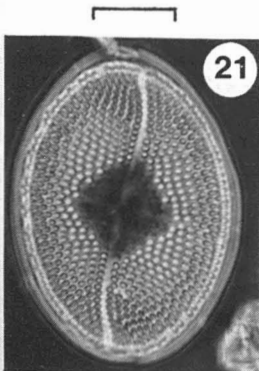
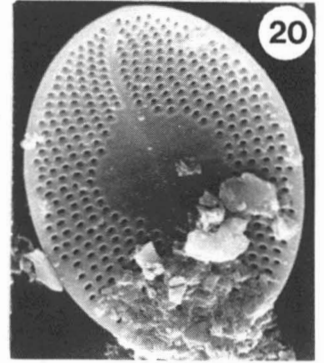
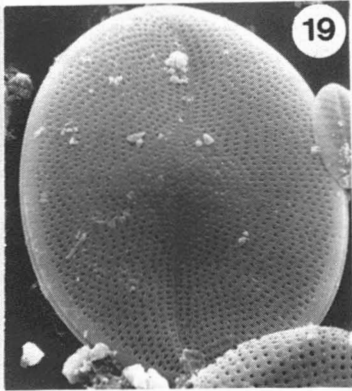
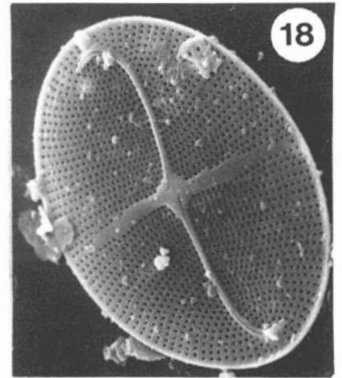
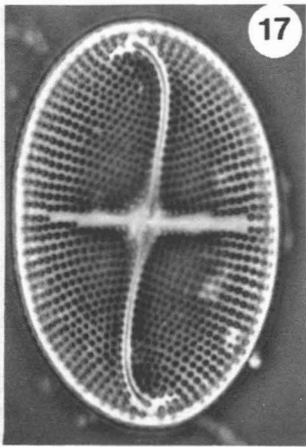
Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord (très rare).

Cocconeis aff. *distans* Gregory
(fig. 29-32)

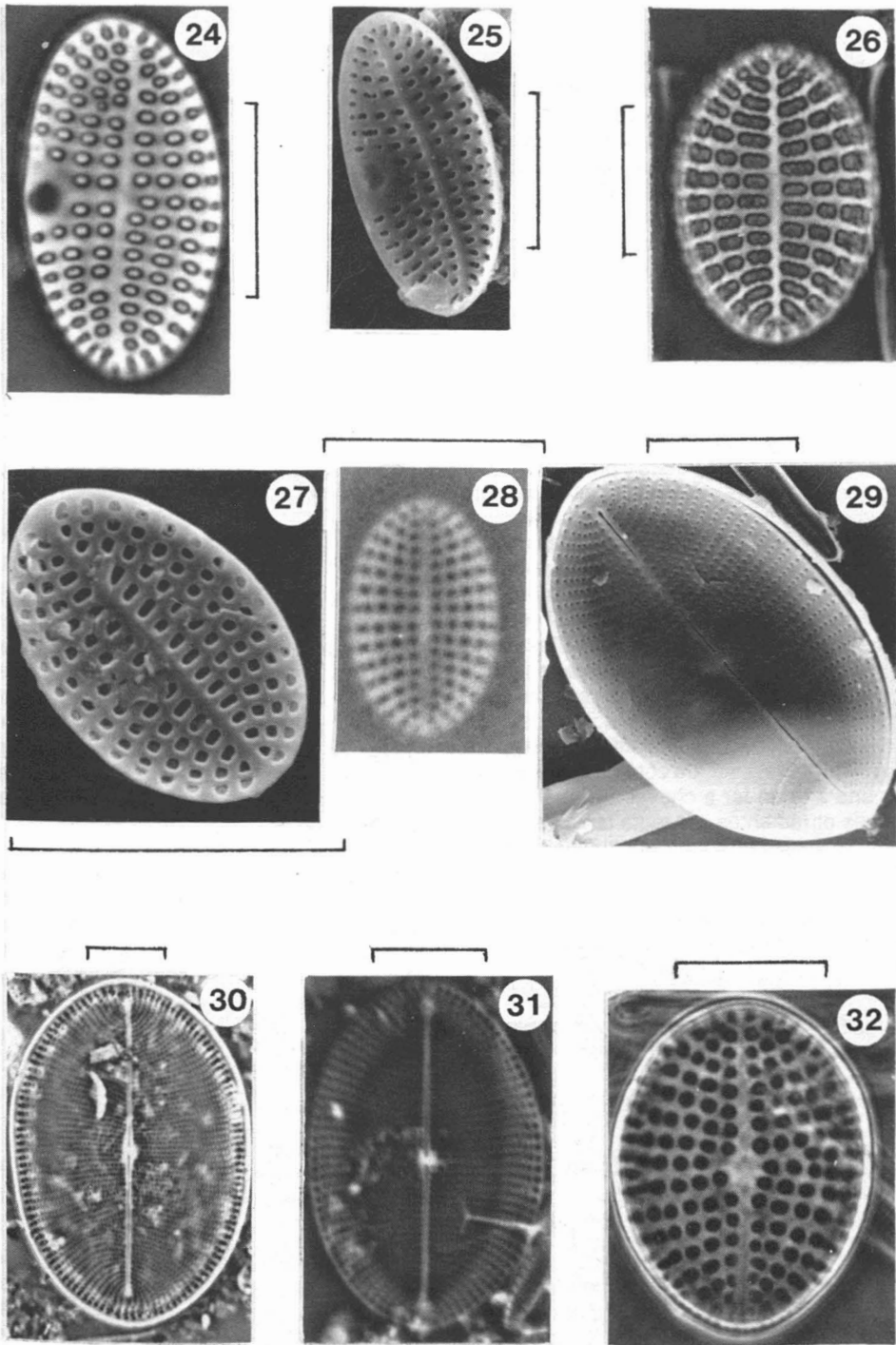
Gregory (1857), p. 490, pl. 9, fig. 23. Hustedt (1931-1959), p. 343, fig. 797. Hendey (1964), p. 177.

Valves de largeur largement elliptiques à elliptiques. VSR: aire axiale étroite et linéaire. Aire centrale petite et quelque peu orbiculaire. Stries grossièrement ponctuées et radiantées sur toute la valve. Ponctuations plutôt arrondies, disposées selon un patron longitudinal quelque peu ondulé. Marge de la valve finement striée quoique difficile à observer. VR: raphé droit avec les extrémités proximales près l'une de l'autre et les extrémités distales se terminant à une certaine distance de l'apex. Aire axiale très étroite et rectiligne. Aire centrale petite et de forme elliptique à orbiculaire. Stries très finement ponctuées, passant de parallèles au centre de la valve à courbées et radiantées aux extrémités. Stries interrompues par une fine ligne submarginale hyaline très étroite (fig. 29).

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	
			VSR	VR
16	14-45 µm	10-31 µm	8-10	10-14



Figures 17-23. Figures 17-21. *Cocconeis decipiens* (fig. 17 VR; fig. 18 vue interne VR, MEB; fig. 19 vue externe VSR, MEB; fig. 20 vue interne VSR, MEB; fig. 21 VSR). Figures 22, 23. *Cocconeis notata* (fig. 22 VR; fig. 23 vue interne VR, MEB). Échelles: 10 μm .



Figures 24-32. Figures 24, 25. *Cocconeis notata* (fig. 24 VSR; fig 25 vue interne VSR, MEB). Figure 26. *Cocconeis disculus*, VSR. Figures 27, 28. *Cocconeis diminuta* (fig. 27 vue interne VSR, MEB; fig. 28 VSR). Figures 29-32. *Cocconeis distans* (fig. 29 vue interne VR, MEB; fig. 30, 31 VR; fig. 32 VSR). Échelles: 10 μm .

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Les quelques valves sans raphé observées pour cette espèce laissent voir une striation plus fine que ce qui est mentionné dans la littérature. De plus nous n'avons pu observer sur ces valves la présence de rainure dans la strie [«watery grooves», Hendey (1964), p. 178]. Toutefois nous considérons les valves sans raphé des spécimens observés comme appartenant à l'espèce *Cocconeis distans* Gregory.

Cocconeis notata Petit var. *notata*
(fig. 22-25)

Hustedt (1931-1959), p. 352, fig. 806.

Valves étroites, elliptiques et plutôt fortement silicifiées. VSR: aire axiale étroite et faiblement sigmoïde. Aire centrale unilatérale ou asymétrique, s'élargissant en un espace orbiculaire marginal sur un côté de la valve et dilatée transversalement de l'autre côté en un mince bandeau bordé de stries écourtées. Stries grossièrement ponctuées et radiantées sur toute la valve. Alignement des ponctuations selon un patron longitudinal quelque peu ondulé. VR: raphé sigmoïde avec les extrémités proximales près l'une de l'autre et les extrémités distales fortement courbées en sens inverse. Aire axiale sigmoïde et très étroite. Aire centrale asymétrique, dilatée transversalement en un mince bandeau qui s'évase sur un côté de la valve pour former une aire en fer à cheval. Stries finement ponctuées et radiantées sur toute la valve. Ponctuations disposées en lignes longitudinales plutôt droites.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	
			VSR	VR
27	16-29 μm	9-19 μm	9-12	14-17

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Basse Côte Nord (rare).

Cocconeis pediculus Ehrenberg var. *pediculus*
(fig. 33-35)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 16, pl. 3, fig. 24, 25. Hustedt (1931-1959), p. 350, fig. 804. Patrick & Reimer (1966), p. 240, pl. 15, fig. 3, 4.

Valves très arquées et généralement largement rhomboïdes-elliptiques. VSR: aire axiale très étroite, linéaire et semblant s'arrêter à une certaine distance de l'apex. Stries passant de parallèles au centre de la valve à fortement courbées et radiantées aux extrémités. Stries apparaissant comme un sillon sur lequel sont distribuées des

ponctuations bien distinctes. Alignement des ponctuations selon un patron longitudinal faiblement ondulé. VR: raphé droit avec les extrémités proximales près l'une de l'autre et les extrémités distales se terminant à une certaine distance de l'apex. Aire axiale très étroite et linéaire. Aire centrale très réduite et quelque peu orbiculaire. Stries très finement ponctuées, passant de parallèles au centre de la valve à fortement courbées et radiantées aux extrémités et interrompues près de la marge par un mince espace hyalin (fig. 33).

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	
			VSR	VR
13	16-35 μm	10-22 μm	15-18	16-17

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Cocconeis placentula Ehrenberg var. *placentula*
(fig. 36-38)

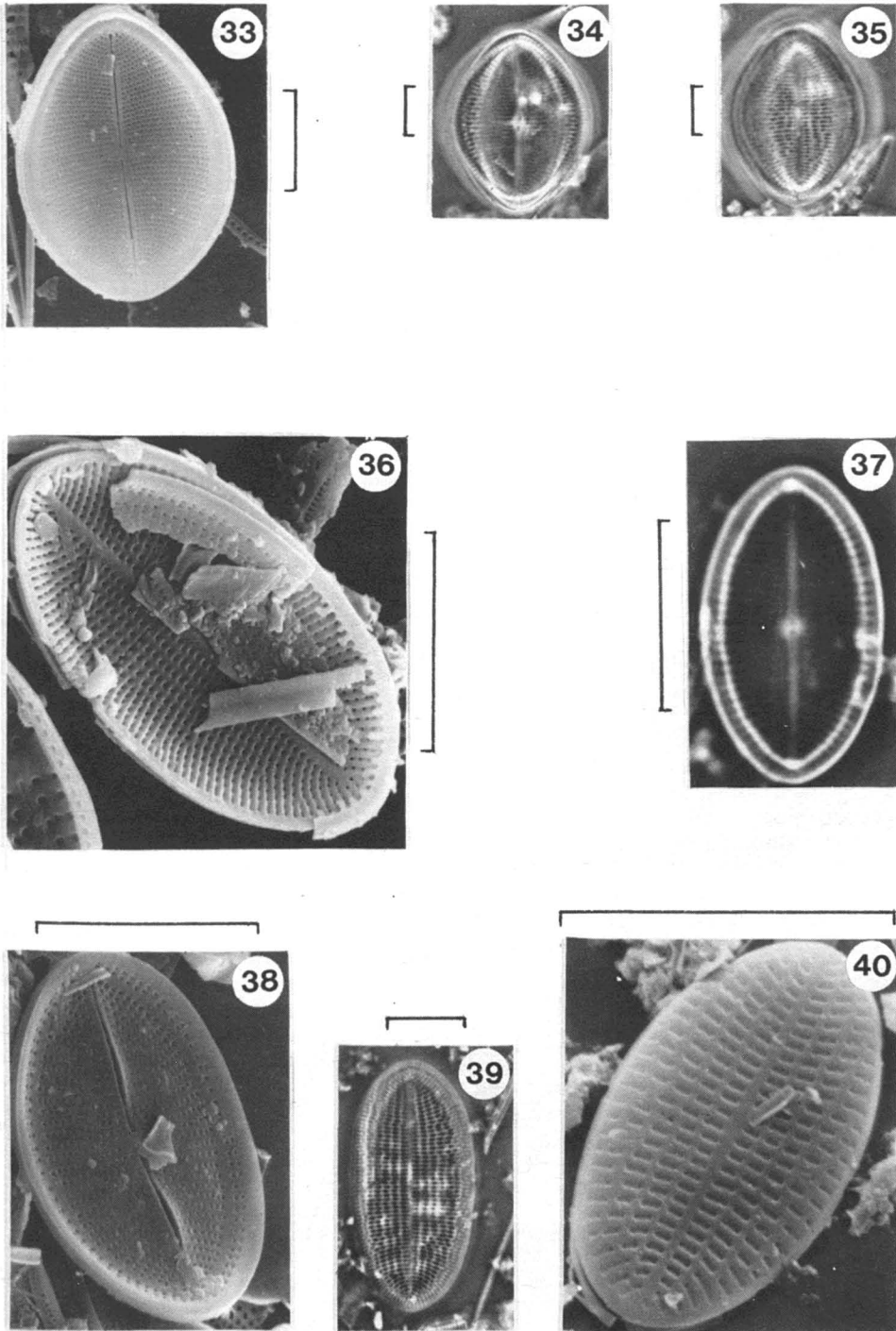
Hustedt (1931-1959), p. 347, fig. 802a, 802b. Patrick & Reimer (1966), p. 240, pl. 15, fig. 7.

Valves généralement elliptiques-lancéolées. VSR: aire axiale très étroite et linéaire. Stries très finement ponctuées, passant de radiantées au centre de la valve à courbées et radiantées aux extrémités. Ponctuations disposées selon un patron longitudinal très serré et quelque peu ondulé. VR: raphé droit avec les extrémités proximales très rapprochées l'une de l'autre et les extrémités distales se terminant au niveau de l'anneau submarginal hyalin. Aire axiale très étroite et linéaire. Aire centrale très réduite et plutôt orbiculaire. Stries passant de radiantées au centre de la valve à courbées et radiantées aux extrémités. Stries très finement ponctuées (fig. 38), interrompues par un anneau submarginal étroit, hyalin et réfringent. Présence d'une aire marginale hyaline très évidente.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	
			VSR	VR
18	12-38 μm	7-23 μm	24-26	16-21

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Basse Côte Nord; péninsule gaspésienne (rare; taxon généralement rencontré en eau douce).

Discussion: La valve à raphé du *Cocconeis placentula* Ehrenberg montre certaines ressemblances avec la valve à raphé du *Cocconeis scutellum* Ehrenberg. Elle s'en distingue principalement par des ponctuations simples submarginales (fig. 38) alors que le *C. scutellum* possède une couronne finement striée (fig. 48). De plus, les valves à raphé des variétés du *C.*



Figures 33-40. Figures 33-35. *Cocconeis pediculus* (fig. 33 vue interne VR, MEB; fig. 34 VR; fig. 35 VSR). Figures 36-38. *Cocconeis placentula* (fig. 36 vue interne VSR, MEB; fig. 37 VR; fig. 38 vue interne VR, MEB). Figures 39, 40. *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (fig. 39 VSR; fig. 40 vue interne VSR, MEB). Échelles: 10 μm .

placentula ne montrent aucune différence entre elles.

Cocconeis placentula var. *euglypta*
(Ehrenberg) Cleve
(fig. 39, 40)

Hustedt (1931-1959), p. 349, fig. 802c. Patrick & Reimer (1966), p. 241, pl. 15, fig. 8.

Ne diffère de la variété nominale (VSR) que par une aire axiale étroite et linéaire, parfois n'atteignant pas les extrémités de la valve, ainsi que par des stries plutôt larges et interrompues en une série de 2 à 4 segments distincts formant autant d'espaces longitudinaux hyalins très faiblement ondulés. VR: identique à la variété nominale.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm VSR
34	11-36 µm	6-16 µm	17-22

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (commun).

Cocconeis placentula var. *lineata*
(Ehrenberg) Van Heurck
(fig. 41, 42)

Hustedt (1931-1959), p. 348, fig. 802d. Patrick & Reimer (1966), p. 242, pl. 15, fig. 5, 6.

Se distingue de la variété nominale par des valves largement elliptiques et (VSR) une aire axiale étroite, linéaire, imperceptiblement dilatée au centre et n'atteignant pas les extrémités de la valve ainsi que par des stries finement ponctuées et interrompues de nombreuses fois produisant un réseau mince d'espaces longitudinaux ondulés. VR: identique à la variété nominale.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm VSR
17	18-27 µm	10-18 µm	19-24

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; baie des Chaleurs (rare).

Cocconeis scutellum Ehrenberg var. *scutellum*
(fig. 43-48)

Van Heurck (1880-1885), p. 132, pl. 29, fig. 1-3. Hustedt (1930), p. 191, fig. 267. Hendey (1964), p. 180, pl. 27, fig. 8. Bélanger & Cardinal (1975), p. 607, fig. 1d, 1e.

Valves de elliptiques à largement elliptiques, valves sans raphé plus silicifiées que les valves à raphé. VSR: aire axiale étroite et rectiligne, n'atteignant pas les extrémités de la valve. Stries

progressivement courbées et radiantes du centre de la valve vers les extrémités. Stries grossièrement ponctuées formant un patron longitudinal plus ou moins distant et ondulé. Anneau marginal relativement large constitué par la multiplication des ponctuations en des expansions plus ou moins triangulaires graduellement et plus finement ponctuées (fig. 43). VR: raphé droit avec les extrémités proximales très rapprochées l'une de l'autre et les extrémités distales se terminant au niveau de l'anneau submarginal hyalin. Aire axiale très étroite et linéaire. Aire centrale très réduite et étroitement elliptique dans l'axe apical de la valve. Stries progressivement courbées et radiantes du centre de la valve vers les extrémités. Stries finement ponctuées et interrompues par un anneau submarginal étroit, hyalin et réfringent. Anneau marginal relativement large formé par une ponctuation plus fine.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm VSR	VR
48	13-39 µm	10-28 µm	5-8	10-13

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte Nord; Basse Côte Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (très commun).

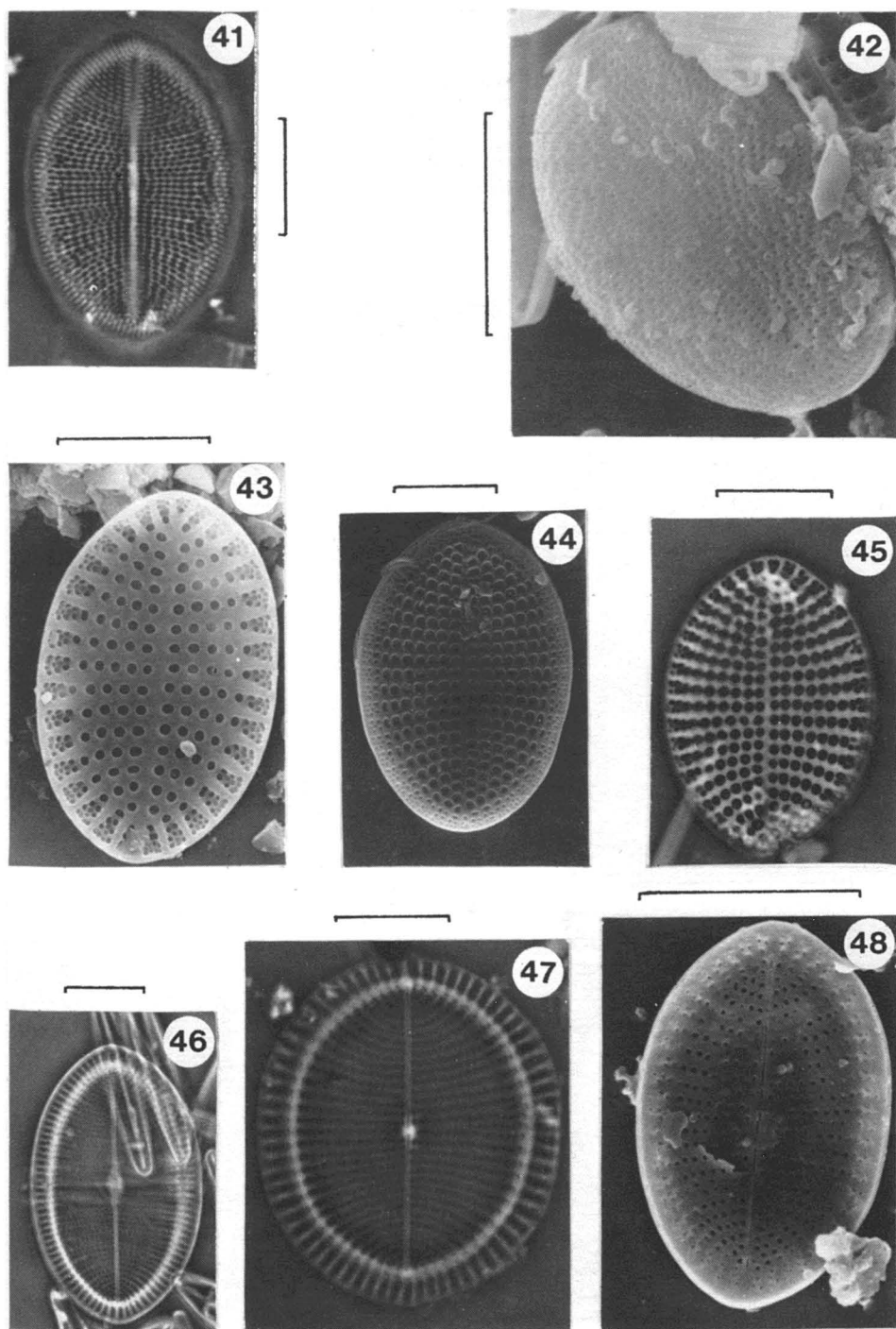
Cocconeis scutellum var. *parva*
(Grunow in Van Heurck) Cleve
(fig. 49-53)

Cleve (1895), p. 170. Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 20, pl. 4, fig. 3. *Cocconeis scutellum* f. *parva* (Grunow in Van Heurck 1880-1885, p. 133, pl. 29, fig. 8, 9).

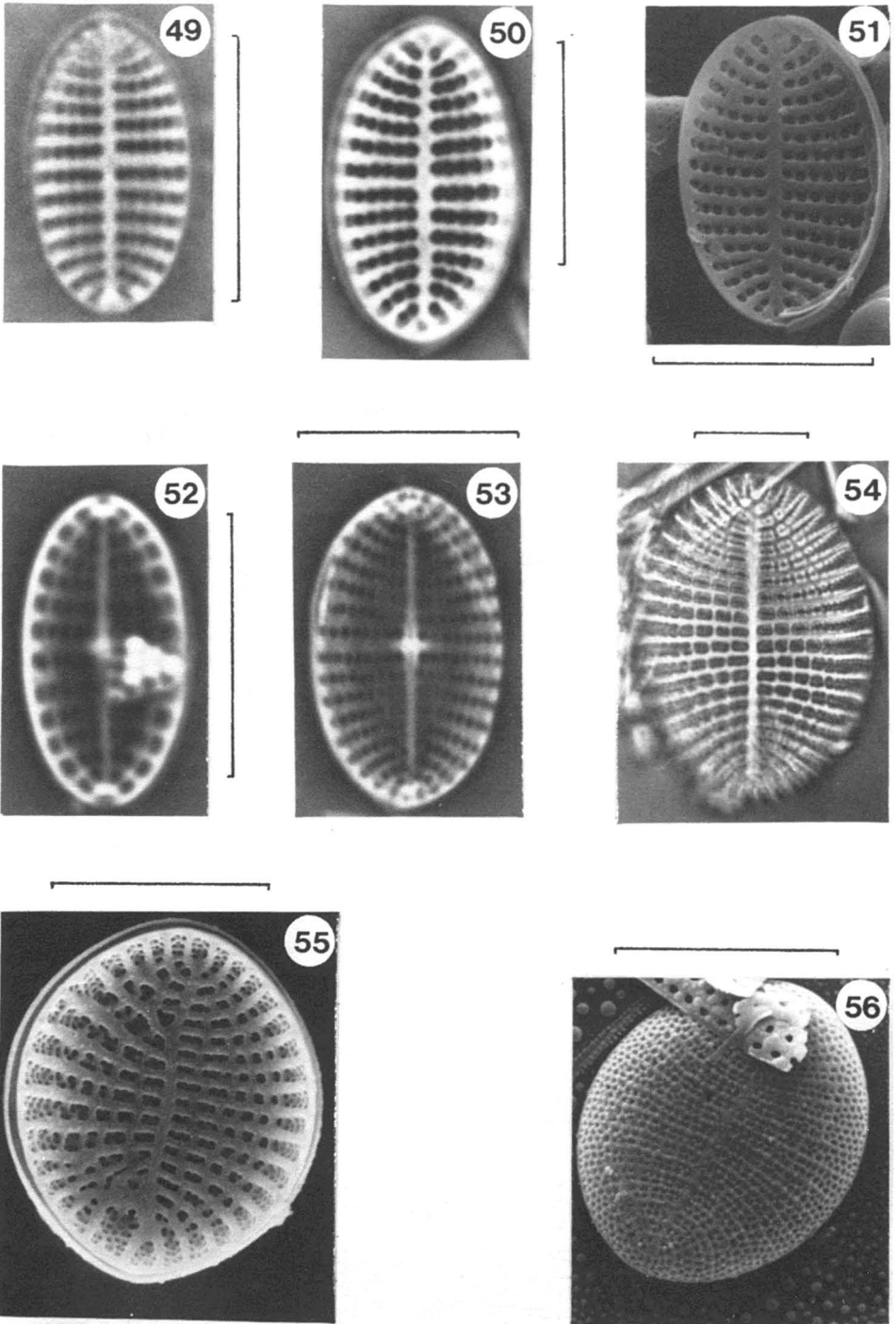
Se distingue de la variété nominale surtout par des valves petites et de forme elliptique-lancéolée. Les caractéristiques de la VSR sont des stries distinctement ponctuées formant un patron longitudinal plutôt régulier et serré ainsi qu'un anneau marginal, plus difficile à voir mais présent, constitué de ponctuations légèrement plus grosses. Les principales distinctions de la VR sont une aire axiale très réduite, l'absence d'aire centrale, et un anneau marginal distinct constitué par une ponctuation plus grossière que sur le reste de la valve (fig. 52) quoique finement perforée à très fort grossissement.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm VSR	VR
37	9-17 µm	5-11 µm	9-13	9-14

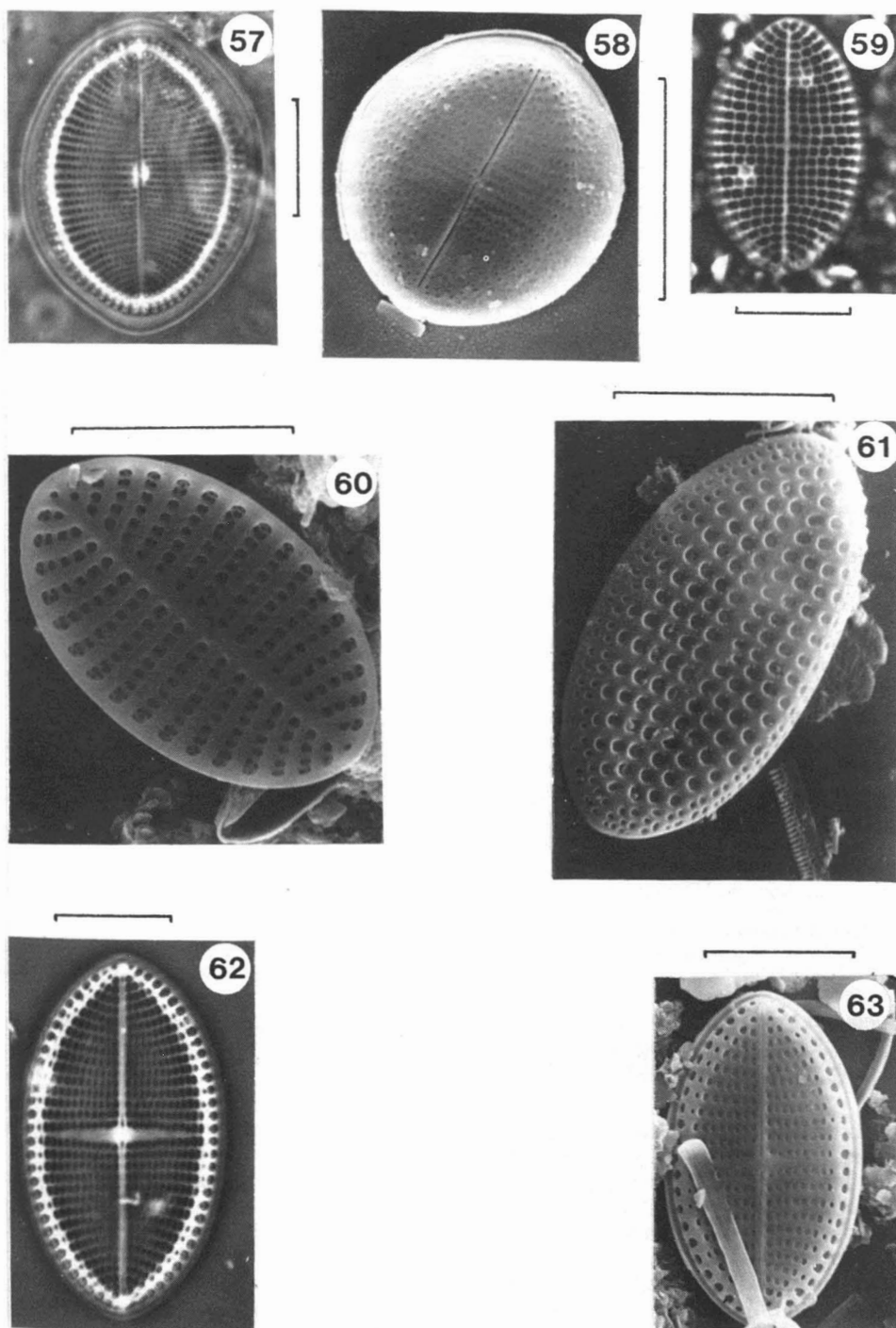
Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (commun).



Figures 41-48. Figures 41, 42. *Cocconeis placentula* var. *lineata* (fig. 41 VSR; fig. 42 vue externe VSR, MEB). Figures 43-48. *Cocconeis scutellum* (fig. 43 vue interne VSR, MEB; fig. 44 vue externe VSR, MEB; fig. 45 VSR; fig. 46, 47 VR; fig. 48 vue interne VR, MEB). Échelles: 10 μ m.



Figures 49-56. Figures 49-53. *Cocconeis scutellum* var. *parva* (fig. 49, 50 VSR; fig. 51 vue interne VSR, MEB; fig. 52, 53 VR). Figures 54-56. *Cocconeis scutellum* var. *speciosa* (fig. 54 VSR; fig. 55 vue interne VSR, MEB; fig. 56 vue externe VSR, MEB). Échelles: 10 μ m.



Figures 57-63. Figures 57, 58. *Cocconeis scutellum* var. *speciosa* (fig. 57 VR; fig. 58 vue interne VR, MEB). Figures 59-63. *Cocconeis scutellum* var. *stauroneiformis* (fig. 59 VSR; fig. 60 vue interne VSR, MEB; fig. 61 vue externe VSR, MEB; fig. 62 VR; fig. 63 vue interne VR, MEB). Échelles: 10 μm .

Cocconeis scutellum var. *speciosa*
(Gregory) Cleve-Euler
(fig. 54-58)

Cleve-Euler (1953), p. 7, fig. 489f, 489g. *Cocconeis scutellum* var. *parva* (Hustedt, 1931-1959, p. 338, fig. 791). *C. speciosa* (Hendey, 1964, p. 180, pl. 28, fig. 18).

Se différencie de la variété nominale par des valves de largement elliptiques à rhombiques-elliptiques. La principale caractéristique de la VSR réside dans les espaces hyalins formant un patron longitudinal irrégulier et ondulé de telle sorte que les ponctuations apparaissent rectangulaires. Les caractères variétaux de la VR sont une plus grande largeur de l'anneau marginal finement ponctué ainsi que la présence d'une aire marginale large et hyaline.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	
			VSR	VR
18	12-30 μm	11-22 μm	5-9	11-14

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Les valves du *Cocconeis scutellum* var. *speciosa* (Gregory) Cleve-Euler pourraient être confondues avec les valves de la variété nominale. Cependant la présente variété montre des perforations rectangulaires sur sa valve sans raphé plutôt qu'orbiculaires comme chez le *Cocconeis scutellum* Ehrenberg var. *scutellum* ainsi qu'un anneau marginal ponctué beaucoup plus large. Quant à la valve à raphé, la présente variété se distingue de la variété nominale par la forme et une ponctuation plus fine des stries.

Cocconeis scutellum var. *stauroneiformis*
Rabenhorst
(fig. 59-63)

Grunow in Van Heurck (1880-1885), pl. 29, fig. 10, 11. Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 20, pl. 4, fig. 4. Hustedt (1931-1959), p. 339, fig. 792.

Diffère de la variété nominale par des valves elliptiques-lancéolées. La principale caractéristique de la VSR est une interruption des stries par plusieurs lignes longitudinales hyalines quelque peu ondulées de telle sorte que les perforations apparaissent carrées. La VR se distingue aisément par son aire centrale développée transversalement en un mince bandeau évident (fig. 62).

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	
			VSR	VR
72	13-37 μm	8-27 μm	7-11	8-11

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte Nord; Basse Côte Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (très commun).

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements au Conseil des recherches en sciences naturelles et en génie du Canada de même qu'au ministère de l'Éducation du Québec pour leur appui financier tant à A.C. (subvention pour dépenses courantes et subvention thématique du C.R.S.N.G., subvention d'équipe du M.É.Q.) qu'au G.I.R.O.Q. (subventions d'infrastructure du C.R.S.N.G. et du M.É.Q.) dans le cadre duquel ce travail a été réalisé. Nous sommes également redevables au ministère des Approvisionnements et Services du Canada qui, grâce à l'appui du Musée national d'histoire naturelle, acceptait de financer une partie importante de ce projet. Nos remerciements s'adressent enfin au Département des mines et métallurgie de l'Université Laval, et plus particulièrement à M. Jean-Pierre Tremblay, qui a mis à notre disposition un microscope électronique à balayage, de même qu'à M. Guy Plante pour l'excellent travail d'impression des multiples microphotographies qui illustrent ce travail. Enfin, nous sommes reconnaissants aux Drs Michael J. Sullivan et Charles W. Reimer pour leur évaluation critique de ce manuscrit.

Références

- BACON, G.B., 1972. Marine algal settlement and fouling of collectors in an oyster culture area of Prince Edward Island. — Ph.D. thesis, Univ. New Brunswick, Fredericton, 251 p.
- BACON, G.B. & A.R.A. TAYLOR, 1976. Succession and stratification in benthic diatom communities colonizing plastic collectors in a Prince Edward Island estuary. — *Bot. mar.*, 19: 231-240.
- BAILEY, L.W., 1910. The marine and estuarine diatoms of the New Brunswick coasts. — *Bull. nat. Hist. Soc. N.B.*, 6: 219-239.
- BAILEY, L.W., 1913. Diatoms from New Brunswick. III. Forms from the north shore. — *Bull. nat. Hist. Soc. N.B.*, 6: 387-417.
- BAILEY, L.W., 1914. The diatoms of New Brunswick and Prince Edward Island. — *Trans. R. Soc. Canada, Ser. 3, Sec. IV*, 7: 57-76.
- BAILEY, L.W., 1915. Some recent diatoms, freshwater and marine, from the vicinity of the Biological Station, St. Andrews, N.B., August 20-30, 1909. — *Contr. Can. Biol. Fish.*, 1912: 115-124.
- BAILEY, L.W. & A.H. MACKAY, 1921. The diatoms of Canada. — *Contr. Can. Biol. Fish.* 1918-1920: 115-124.
- BÉLANGER, C. & A. CARDINAL, 1975. Le genre *Cocconeis* Ehr. dans la baie des Chaleurs (golfe du Saint-Laurent), Québec. — *Naturaliste can.*, 102: 605-607.

- BÉLANGER, C. & A. CARDINAL, 1977. Stades initiaux de colonisation de substrats durs dans la baie des Chaleurs. — *Mar. Biol.*, 44: 27-38.
- CLEVE, P.T., 1895. Synopsis of the naviculoid diatoms. — *K. svenska VetenskAkad. Handl.*, 27: 1-235.
- CLEVE-EULER, A., 1953. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. — *K. svenska VetenskAkad. Handl.*, Fjärde Ser., 4: 1-255, figs. 484-970.
- GREGORY, W., 1857. On new forms of marine Diatomaceae found in the Firth of Clyde and in Loch Fyne. — *Trans. R. Soc. Edinburgh*, 21: 473-542.
- HANIC, L.A. & C.S. LOBBAN, 1979. Observations on *Navicula ulvacea*, a rare foliose marine diatom. — *J. Phycol.*, 15: 174-181.
- HENDEY, N.I., 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part. V. Bacillariophyceae (Diatoms). — Her Majesty's Stationery Office, London, 317 p., 45 pl.
- HUDON, C. & E. BOURGET, 1981. Initial colonization of artificial substrate: community development and structure studied by scanning electron microscopy. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 38: 1371-1385.
- HUNTER, R.D. & W.D. RUSSEL-HUNTER, 1983. Bioenergetic and community changes in intertidal aufwuchs grazed by *Littorina littorea*. — *Ecology*, 64: 761-769.
- HUSTEDT, F., 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). — Pages 1-466 in A. Pascher (ed.). *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas*. G. Fisher, Jena, 466 p.
- HUSTEDT, F., 1931-1959. *Die Kieselalgen*. Band 7, Teil 2, Lief. 1-6. — L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora, Leipzig, 845 p.
- HUSTEDT, F., 1955. Marine littoral diatoms of Beaufort, North Carolina. — *Bull. Duke Univ. mar. Sta.*, no. 6, 67 p.
- LEE, J.J., M.E. McENERY, E.M. KENNEDY & H. RUBIN, 1975. A nutritional analysis of a sublittoral diatom assemblage epiphytic on *Enteromorpha* from a Long Island salt marsh. — *J. Phycol.*, 11: 14-49.
- LOBBAN, C.S., 1983. Colony and frustule morphology of three tube-dwelling diatoms from eastern Canada. — *J. Phycol.*, 19: 281-289.
- LOBBAN, C.S. (sous presse). Marine tube-dwelling diatoms of eastern Canada, preliminary checklist and illustrated key. — *Can. J. Bot.*
- MackAY, A.H., 1907. The Diatomaceae of Canso harbour, Nova Scotia. — *Contr. Can. Biol. Fish.*, 1902-1905: 55-58.
- McINTIRE, C.D. & C.W. REIMER, 1974. Some marine and brackish-water *Achnanthes* from Yaquina estuary, Oregon (USA). — *Bot. mar.*, 17: 164-175.
- PATRICK, R. & C.W. REIMER, 1966. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1. — *Monogr. 13, Acad. nat. Sci.*, Philadelphia, 688 p.
- PATRICK, R. & C.W. REIMER, 1975. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 2, part 1. — *Monogr. 13, Acad. nat. Sci.*, Philadelphia, 213 p.
- PERAGALLO, H. & M. PERAGALLO, 1897-1908. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. — *M.J. Tempère, Grez-sur-Loing*, 492 p., 137 pl.
- POULIN, M., C. HUDON & A. CARDINAL, 1982. Trois nouveaux taxons de diatomées benthiques estuariennes. — *Naturaliste can.*, 109: 279-282.
- RAO, V.N.R. & J. LEWIN, 1976. Benthic marine diatom flora of False Bay, San Juan Island, Washington. — *Syesis*, 9: 173-213.
- RIZNYK, R.Z., 1973. Interstitial diatoms from two tidal flats in Yaquina estuary, Oregon, USA. — *Bot. mar.*, 26: 113-138.
- SCHMIDT, A., 1874-1959. *Atlas der Diatomaceen-Kunde*. Vols. 1-4. — O.R. Reisland, Leipzig.
- VAN HEURCK, H., 1880-1885. *Synopsis des diatomées de Belgique*. — H. Van Heurck, Anvers, 235 p., 135 pl.
- VAN HEURCK, H., 1899. *Traité des diatomées*. — H. Van Heurck, Anvers, 572 p., 35 pl.
- VANLANDINGHAM, S.L., 1967-1979. *Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms*. Parts I-VIII. — J. Cramer, Vaduz.
- WHITLACH, R.B. & S. OBREBSKI, 1980. Feeding selectivity and coexistence in two deposit feeding Gastropods. — *Mar. Biol.*, 58: 219-226.

CATCH HISTORY AND INITIAL POPULATION OF WHITE WHALES (*DELPHINAPTERUS LEUCAS*) IN THE RIVER AND GULF OF ST. LAWRENCE, EASTERN CANADA

R.R. REEVES and E. MITCHELL

*Arctic Biological Station, Department of Fisheries and Oceans,
Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec H9X 3R4*

Résumé

Une recherche élaborée a été menée à partir de publications et de manuscrits relatifs à la pêche au marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) dans le Saint-Laurent. L'aire de distribution de la population du Saint-Laurent se situe historiquement et de nos jours encore, dans le fleuve et son estuaire, quoique des concentrations de marsouins blancs aient été observées périodiquement le long de la rive nord du golfe du Saint-Laurent jusqu'à Natashquan et le long de la rive sud jusque dans la baie des Chaleurs. L'absence d'arguments concluants sur les affinités entre la population du Saint-Laurent et celles de l'est de l'Arctique canadien et de la côte ouest du Groënland nous porte à croire en l'existence d'une population distincte.

Bien que la présence du marsouin blanc dans le fleuve Saint-Laurent ait été notée dès le 17^e siècle par des visiteurs européens, certains faits démontrant l'existence d'une pêcherie aborigène à cette époque, la pêcherie commerciale n'a pris son essor qu'au tournant du 18^e siècle. Elle a atteint son apogée vers les années 1720, pour ensuite voir décliner son aire géographique. La pêche a toutefois continué jusqu'au 20^e siècle à l'île aux Coudres, Rivière-Ouelle et Sainte-Anne-de-la-Pocatière. De la deuxième moitié du 19^e siècle jusqu'aux années 1950, on pratiquait la pêche en bateau, les hommes utilisant des armes à feu et des harpons. Au cours de la période 1932-1938, leurs efforts furent stimulés par les primes qu'offrait le Gouvernement pour chaque béluga abattu au Québec. Depuis environ 1955, l'exploitation directe s'est limitée à une chasse en bateau, mal connue mais probablement réduite, et à un bref épisode de pêche entre 1962 et 1970 à l'île aux Coudres. En 1979, les bélugas du Saint-Laurent obtenaient le statut d'espèce protégée en vertu de lois explicites prohibant toute forme de chasse. Selon les données de captures, le nombre record de prises aurait été enregistré entre 1886 et 1895 alors qu'environ 4 178 bélugas étaient abattus. Au cours des cinq décennies suivantes (c'est-à-dire jusqu'en 1945), la moyenne estimée des mises à mort s'éleva à 1 963 par décennie.

L'évaluation de la population initiale à partir de données cumulatives des captures est étroitement liée au taux de recrutement net de l'espèce. Le taux de recrutement net du marsouin blanc a été évalué à 0,075 dans le détroit de Cumberland au sud-est de la Terre de Baffin; cette estimation est supérieure à celles obtenues pour la plupart des autres odontocètes. Si l'accroissement annuel net avait été de 0,075 entre 1885 et 1945 dans le Saint-Laurent, une population initiale de l'ordre de 4 000 ou 5 000 animaux aurait alors supporté les pressions de chasse connues. Nous croyons qu'il y avait au moins 5 000 marsouins blancs dans le Saint-Laurent en 1885. La population actuelle, d'environ 500 individus, représente à peine 10% de ce qu'elle était en 1885. Selon la documentation disponible, la mortalité due à la pêche depuis 1876 aurait fluctué de façon cyclique, reflétant jusqu'à un certain point les tendances d'abondance et d'accessibilité pour les pêcheurs. Un modèle des tendances devrait être utilisé pour vérifier les hypothèses touchant la population de bélugas du Saint-Laurent et en particulier, pour déterminer les raisons qui sembleraient avoir empêché le rétablissement de la population depuis 1950. Grâce à l'abondante documentation amassée depuis nombre d'années sur les cycles de prises, et à l'entière protection dont l'espèce jouit contre toute forme de chasse, la population du Saint-Laurent devrait fournir des renseignements utiles pour l'aménagement des populations décimées de bélugas qui demeurent sujettes à l'exploitation.

Abstract

An extensive search was made of published and manuscript material concerning fisheries for white whales or belugas, *Delphinapterus leucas*, in the St. Lawrence system. The known historic and present-day range of the St. Lawrence stock is centered in the St. Lawrence River and Estuary, although concentrations of white whales have been observed periodically along the north shore of the Gulf of St. Lawrence to Natashquan and along the south shore into Baie des Chaleurs. Arguments for a connection between the St. Lawrence stock and those in the eastern Canadian Arctic and off West Greenland are inconclusive, and we assume it is discrete from them.

Although the presence of white whales in the St. Lawrence River was noted by seventeenth-century European visitors, and there is some evidence of early aboriginal whaling, commercial fisheries did not begin on a major scale until the early eighteenth century. Weir fishing for white whales reached a peak during the 1720's and declined in its geographic extent thereafter. It continued, however, well into the twentieth century at Île aux Coudres, Rivière-Ouelle, and Sainte-Anne-de-la-Pocatière. Fishing from boats, using firearms and harpoons, began during the second half of the nineteenth century and continued into the 1950's. Effort was stimulated by a government bounty on belugas killed in Québec during the period 1932-1938. Direct exploitation since ca 1955 has been limited to poorly documented but presumably low-level hunting from boats and a brief episode of weir fishing at Île aux Coudres between 1962 and 1970. Belugas in the St. Lawrence were given explicit legal protection from all forms of hunting in 1979. Documented catch history suggests a peak in fishing mortality from 1886 to 1895, when an estimated 4,178 belugas were killed. For the following five decades (i.e. through 1945), the mean estimated kill was 1,963 per decade.

Conclusions about early population size derived from cumulative catch data are sensitive to the net recruitment rate for the species involved. The net recruitment rate for white whales in Cumberland Sound, southeast Baffin Island, has been estimated as 0.075, which is higher than estimates for most other odontocetes. If net annual increase in the St. Lawrence were 0.075 from 1885 to 1945, then an initial population of between 4,000 and 5,000 animals could have sustained documented removals. Our inference is that there were at least 5,000 white whales in the St. Lawrence system in 1885. Thus, the population today, estimated to include about 500 individuals, is probably no more than about 10 percent of what it was in 1885. Documented fishing mortality since 1876 has increased and decreased in cyclic fashion, probably reflecting, to some degree at least, trends in whale availability or abundance. Simulation of population trends should be used to test hypotheses about the St. Lawrence beluga stock, especially to determine why the population has apparently not recovered since the 1950's. Because this population has a long, cyclic, and well documented catch history and is now fully protected from hunting, it should provide insights useful to the management of other severely depleted beluga stocks which continue to be exploited.

Introduction

The beluga or white whale, *Delphinapterus leucas* (Fig. 1), is circumpolar in the northern hemisphere, distributed widely in small and generally separate stock units in Arctic waters. One of several stocks found in subarctic latitudes lives year-round in the St. Lawrence system of eastern Canada (Fig. 2). Some Arctic stocks have been reduced by subsistence and commercial whaling. The St. Lawrence stock has been hunted commercially since the early eighteenth century and is believed to be depleted, but the reasons for its reduction are not well understood.

In 1979 Canada's "Beluga Protection Regulations" under the Fisheries Act were amended to include an explicit prohibition against the hunting of white whales in the "St. Lawrence River, the Saguenay River or any tidal tributaries thereto" (Anonymous, 1979). This action was clearly taken

in response to concern about a perceived decline in the population's abundance (Sergeant & Brodie, 1975; Reeves, 1976; Pippard & Malcolm, 1978; Pippard, 1980; Laurin, 1980).

Mitchell (1974) made a crude approximation of "initial" population size as less than 5,000, based on catches reported in Vladykov (1944); and Laurin (1980) estimated pre-commercial exploitation population size as 2,500-3,000, without indicating the rationale or data base for this estimate. In a subsequent paper, Laurin (1982) presented his data and estimated, by back-calculation using a net recruitment rate of 0.08 and a population of 500 in 1975, that there were a maximum of 3,742 belugas in the St. Lawrence in 1886 and a minimum of 189 in 1952. He concluded that the population in 1975 represented no more than 13.4 percent of the number present in 1886 — "nombre le plus élevé d'animaux ayant habité



Figure 1. Belugas, or white whales, observed on 3 November 1973 from the rocks at Cap de Bon-Désir, north shore of the St. Lawrence. A herd of 120 animals was seen between 1000 and 1100 h, 30 to 370 m offshore, swimming upstream. They were segregated into smaller groups of 2 to 7 individuals. Two bluish calves were in one of the pods, and three very small bluish gray animals, less than 1.8 m long, were at the rear of the herd. (EDM photo G-101-73:24; photo and observations by D. Young, L.S. Wade, and J.A.F. Macfarlane).

l'estuaire." Other published estimates of recent or current population size are: 300 (Anonymous, 1983), 325 (Perrin, 1980, Table 1), 350 (Pippard & Malcolm, 1978), "around 500" (Sergeant *et al.*, 1982), 500-600 (Laurin, 1980), 500-1,000 (Sergeant & Brodie, 1975), and "about 500" (Sergeant, 1983a).

Some of the apparent decline in abundance since the nineteenth and early twentieth centuries can be attributed to hunting, but more subtle factors may be involved. Lavoie (1870, p. 14) speculated: "The present scarcity of these animals may, to a great extent, be attributed to the erection of wharves, thereby causing a change in the direction of the currents, and consequently altering the run of the porpoises [belugas]." More than a century later, Sergeant & Brodie (1975) postulated that the damming of the Manicouagan and Outardes rivers for hydroelectric power "has altered the heat budget sufficiently to have eliminated calving here." They cited evidence of an 83 percent reduction in peak flow of the Manicouagan River after a hydroelectric dam was constructed between 1965 and 1970 (see Neu, 1975; El-Sabh, 1979). May surface water temperatures in the central Manicouagan-Outardes estuary declined from 6-7°C to 2-3°C, apparently due to the reduced outflow. Although the hypothesis that warm estuarine

waters are used for calving is unproven, Manicouagan Bank was, for whatever reasons, a productive area for white whale hunting during the 1930's. Sergeant & Brodie (1975) found no belugas there during aerial surveys in 1973. There is no evidence that calving occurred on Manicouagan Bank; in fact, more adult males than females were caught on this bank by hunters during the 1930's (Vladykov, 1944).

Pippard & Malcolm (1978) speculated that unspecified prey populations on Manicouagan Bank had been "greatly altered or destroyed during hydro [-electric] developments," reducing the availability of food for white whales. They also cited boat and ship harassment, dynamite blasting, overfishing, pollution, and underwater noise as factors possibly contributing to a decline in white whale abundance (also see Lessard, 1980; Plante, 1981; Keating, 1983). Although Laurin (1982) emphasized the significance of casual shooting as a mortality factor since 1960, he noted that various behavioral and environmental factors may have helped retard this population's recovery.

The purpose of the present study, begun in early 1982, was to document in more detail than had been done previously, the history of white whale exploitation in the St. Lawrence system.¹ It was hoped that such documentation would enable us to estimate early population size more rigorously and to assess more accurately the present status of the stock (cf. Mitchell & Reeves, 1981, for the Cumberland Sound stock of white whales). It is ironic that as recently as 1938 a bounty of \$15 was being paid by the Province of Québec for each white whale killed in the St. Lawrence (Scharrer, 1938, 1983; Vladykov, 1944, p. 148-149). Also, during the late 1920's or early 1930's, government-sponsored bombing of these whales was taking place in the St. Lawrence "because of their supposed damage to the cod fishery" (Grenfell, 1934, p. 175-176; Anonymous, 1928, 1932b). Now there is concern in government (Anonymous, 1980a; 1980b; 1981; *n.d.* a) and in the private conservation sector (Anonymous, 1983; *n.d.* b; Breton-Provencher, 1982a; 1982b; MacKay, 1983; Pippard, [1982, 1983]) about the low number of white whales in the St. Lawrence and the possibility that the population is not recovering. This concern is not unanimously felt.

¹ We wish to point out that Laurin's (1982) short paper on the status of this whale population apparently was in press, unbeknownst to us, as we were completing our contract report for the sponsor of this project (Parks Canada). In fact, our final contract report was submitted on 31 August 1982, and the journal issue in which Laurin's paper was published was received at the library of McGill University (Montréal) on 4 October 1982.

For example, Sergeant (1983a; cf. Sergeant, 1983b, and Sergeant *et al.*, 1982) stated that the population shows "normal" fecundity, calf production, and survival as compared to Arctic white whale populations, that it is "no longer in trouble", and that it is increasing its range.

Materials and methods

DATA COLLECTION PROCEDURES

We reviewed much of the available English- and French-language literature. Published government statistics and fishery inspector reports were examined for information on catches, areas where white whales were observed, and attitudes of fishermen toward the whales (Tables I, II).

In addition to published sources, we examined 80 manuscript journals from Hudson's Bay Company (HBC) posts on the North Shore of the St. Lawrence. Reeves spent one week (1-5 March 1982) examining post-1870 documents in the Hudson's Bay Company Archives, Winnipeg, and two days (22-23 April 1982) at the Public Archives of Canada, Ottawa, reading selected microfilm of the HBC Archives from 1670 to 1870. Information on whale or "porpoise" sightings and kills was noted on index cards and tabulated (Table III).

Reeves, accompanied by G. Horonowitsch, visited Rivière-Ouelle and Île aux Coudres, two communities with long, documented histories of weir fisheries for white whales, on 23-26 March 1982. Information was obtained verbally from local people, some of whom had first-hand acquaintance with the fishery. Local archives, libraries, museums, and bookstores along the north and south shores of the St. Lawrence River and Estuary were searched for whaling information.

Reeves and Horonowitsch returned to Île aux Coudres on 5 May 1982 to interview Léopold Tremblay, a 73-year-old former beluga fisherman. Access to a set of privately owned diaries from Île aux Coudres was facilitated by Tremblay (Table IV). Information from the files and memory of another former beluga fisherman, E. Lizotte of Rivière-Ouelle, was obtained through the good offices of Roger Martin (pers. comm., 24 March 1982; *in litt.*, 14 April 1982; Table V). Information compiled from literature and manuscript sources on weir fishing prior to 1859 is presented in Table VI.

Fruitful additional searches for published and unpublished sources were made by and with the aid of A. Evelyn and R. Olsen at the libraries of McGill University (Montréal), the archives of the

Séminaire de Québec (Québec), the Archives nationales du Québec (Québec) (cited below as Arch. nat., followed by the archival reference code number), the library of the Séminaire de Sherbrooke (Sherbrooke), and the Archives of the Anglican Diocese of Montréal.

NOMENCLATURE

The nomenclature used in historical accounts and statistical tables is fraught with ambiguities and inconsistencies. Consequently, it was necessary to interpret these materials carefully and to avoid confusing beluga catches and products with those of other cetaceans. The term "whale" or "baleine" generally was not used in statistical summaries to refer to belugas in the St. Lawrence. However, the terms "porpoise" and "marsouin" were used frequently, making it difficult to determine whether the white whale, the harbor porpoise *Phocoena phocoena*, or perhaps even one or both of the boreal marine dolphins found in the St. Lawrence, *Lagenorhynchus acutus* and *L. albirostris* (see Reeves & Mitchell, 1982) was intended in a given instance (Forbin, 1930). There is no evidence that either of the last-named species was ever caught commercially in the St. Lawrence, so we assume catches of them would not have been reported in government statistical tables. The harbor porpoise, however, definitely was hunted (Laurin, 1976), and its possible inclusion in catch statistics must be taken into account. Vladykov told Laurin (1982) that some of the flukes presented for bounties in 1932-1938 were probably from harbor porpoises. On rare occasions, fishery officers made a clear distinction between white whales and harbor porpoises. For example, in 1887 the inspector at Godbout reported (Wakeham, 1888, p. 191-192): "White porpoises [*Delphinapterus*] were seen in great numbers in June and July, but after that became scarce. Black porpoises or <puffing pigs> [*Phocoena*] were also scarce, only a few having been killed by the local hunters."

According to Vladykov (1944, p. 49), the harbor porpoise, called *pourcil* in Québec, makes regular incursions during summer into the Gulf and "le long de la rive-sud du Saint-Laurent." Harbor porpoises were probably taken primarily in waters east of the Saguenay River; there is no evidence that anything but white whales was taken in the weir fisheries upriver from Tadoussac.

ESTIMATION PROCEDURES

Records of "porpoises" caught probably refer in some instances to harbor porpoises, and returns of "porpoise oil" sometimes may include quantities

TABLE I

Data and comments from reports of fishery officers, Canadian Department of [Marine and] Fisheries, 1859 to 1916/17, and from the Province of Québec (1914-on), pertaining to white whales and white whale fisheries in the River and Gulf of St. Lawrence

Year	Oil ¹			No. of "porpoises", belugas or skins ²			Our estimate of landed beluga catch for year ³	
	Amount (L), by area [Imp. Gal.]	Locality	Total (L) for all areas [Imp. Gal.]	Amount, by area	Locality	Total for all areas		Comments
1859							<p>"The catch of porpoises was but small" (Nettle, 1860).</p> <p>Porpoise-fishing has been a failure (Tétu, 1869, p. 36). A "large quantity" of belugas, mainly females and young, seen near Hare Island on 21 May. "These animals do not seem to have decreased in number in... the river St. Lawrence, although a smaller number are caught by our Canadian fishermen, than formerly. The cause of this want of success arises from the fact of the porpoises not coming near the pounds, being too shy; and this fishery therefore affords only indifferent results." "Large school" of "porpoises" seen moving upriver at Rivière-Ouelle. They were "formerly abundant" and gave "handsome profits" to citizens of Rivière-Ouelle and Île aux Coudres. Now "more wary, and keep further away from our shores, following the middle channel of the river in their migration" (Lavoie, 1870, p. 14).</p> <p>We consider the "porpoise oil" attributed to North Shore and Anticosti Is. localities for this year to be suspect, particularly the latter which is probably cod oil.</p>	
1866			1,818[400]					8
1867			10,224[2,249]					45
1868			705[155]	8 Rivière-Ouelle 3 Sainte-Anne		12		12
1869	1,046[230] 2,409[530] 1,618[356] 1,818[400]	Rivière au Tonnerre Baie du Renard McDonnell's Cove[?] Baie des Anglais	9,224[2,029]	50 Rivière-Ouelle 13 Saint-Jean-Port-Joli to Saint-Roch-des-Aulnaies 8 Cap Martin to Sainte-Anne 100 Île aux Coudres				171

1870	9[2] 227[50] 436[96]	Moisie Cap Chat Sainte-Anne-des-Monts	12,947[2,848]	1 Île aux Coudres 8 Cap Martin 199 Rivière-Ouelle	208	Île aux Coudres fishermen unable to keep belugas in their weirs (Mailloux, 1879, p. 40). 101 taken in a single tide at Rivière-Ouelle (Casgrain, 1873, p. 205).	208
1871				115 South Shore			115
1872	282[62]	Sainte-Anne-des-Monts	4,887[1,075]	19 Mouth of Saguenay R. 6 South Shore	25	At Rivière-Ouelle in May belugas "se montraient avec une abondance qui ne s'était pas vue depuis longtemps" (Casgrain, 1873, p. 203).	25
1873	182[40] 455[100] 14[3]	Cap-Chat Sainte-Anne-des-Monts Baie des Anglais	650[143]				
1874	55[12] 23[5]	Sainte-Anne-des-Monts Bonaventure Island	77[17]				
1875	11,774[2,590] 273[60] 77[17]	Île aux Coudres Kégashka Grande-Rivière	12,124[2,667]	102 Île aux Coudres 3 Kégashka 1 Grande-Rivière		Île aux Coudres fishermen had "clear profit" of over \$1,500 (Anon., 1876, p. 138; also see Mather, 1899, p. 366; Casgrain, 1912, p. 23).	106
1876	47,919[10,541] 91[20]	Tadoussac (includes production from 300 seals and 100 "porpoises") Anse des Îlets Caribou	43,687[9,610] (includes Île aux Coudres previous year catch)	100 Tadoussac 10 Îlets Caribou	212	The Île aux Coudres catch of 102 porpoises and 11,774 L[2,590 Gal.] of oil for 1875 is also attributed, probably erroneously, to this year.	100
1877	273[60] 23[5] 136[30] 7,819[1,720] 59[13] 38,641[8,500] 273[60] 1,137[250] 909[200] 1,591[350]	Cap-Chat Rivière au Tonnerre Rivière Saint-Jean Île aux Coudres Rivière Noire Rivière aux Canards to Bersimis Rivière-Ouelle Rivière-du-Loup Cacouna Île-Verte	50,861[11,188]	1 Cap-Chat 1 Rivière au Tonnerre 10 Rivière Saint-Jean 43 Île aux Coudres 1 Rivière Noire 70 Rivière aux Canards to Bersimis 1 Rivière-Ouelle 3 Rivière-du-Loup 3 Cacouna 4 Île-Verte	137		126
1878	455[100] 11,383[2,504] 34,095[7,500]	Godbout Île aux Coudres Rivière aux Canards to Bersimis	45,233[9,950] or 45,933[10,104]	1 Godbout 42 Île aux Coudres 60 Rivière aux Canards to Bersimis 13 Rivière-Ouelle (Hudon, 1972, p. 264)	103 or 193		116
1879	8,592[1,890] 11,410[2,510] 777[171] 2,073[456]	Rivière-Ouelle Île aux Coudres Baie des Rochers Rivière aux Canards	25,535[5,617]	189 Rivière-Ouelle 45 Île aux Coudres 3 Baie des Rochers 8 Rivière-aux-Canards	255	At Rivière-Ouelle, "Pêche extraordinaire de marsouins ce printemps" (Hudon, 1972, p. 265).	255

TABLE I (continued)

Year	Oil ¹			No. of "porpoises", belugas or skins ²			Our estimate of landed beluga catch for year ³
	Amount (L), by area [Imp. Gal.]	Locality	Total (L) for all areas [Imp. Gal.]	Amount by area	Locality	Total for all areas	
1880	1,864[410]	Baie Sainte-Catherine		7	Baie Sainte-Catherine		68
	818[180]	Tadoussac		3	Tadoussac		
	3,319[730]	Sainte-Anne		13	Sainte-Anne		
	12,047[2,650]	Rivière-Ouelle		49	Rivière-Ouelle		
1881	909[200]	Rivière Saint-Mathieu[?] to Romieu		6	Rivière Saint-Mathieu[?] to Romieu		8
	446[98]	Île aux Caribous		39	Îles aux Caribous		
	309[68]	Pointe aux Anglais		31	Pointe aux Anglais		
	32[7]	Les Jambons		3	Les Jambons		
1882	9[2]	Sept-Îles		1	Sept-Îles		94
	41[9]	Moisie		4	Moisie		
	1,455[320]	Sainte-Anne		5	Sainte-Anne		
	764[168]	Rivière-Ouelle		3	Rivière-Ouelle		
	10,001[2,200]	Sainte-Anne		25	Sainte-Anne		
	5,564[1,224]	Rivière-Ouelle		17	Rivière-Ouelle		
1883	72,895[16,035](sic)	Île aux Coudres		52	Île aux Coudres		51
	114[25]	Rivière Marthe					
	14[3]	Pointe-Saint-Pierre		2	Pointe-Saint-Pierre		
	364[80]	Manicouagan		40	Manicouagan		
	136[30]	Ilets Caribou		17	Sept-Îles		
	45[10]	Pointe aux Anglais					
1884	132[29]	Sept-Îles					83
	2,273[500]	Manicouagan and Baie des Anglais ⁴		14	Manicouagan and Baie des Anglais		
	3,491[768]	Sainte-Anne		12	Sainte-Anne		
	2,964[652]	Rivière-Ouelle		8	Rivière-Ouelle		
1884	6,301[1,386]	Île-Verte		17	Île-Verte		83
	877[193]	Sainte-Anne's Sub-div. (Gaspé)		36	Sainte-Anne's Sub-div. (Gaspé)		
				30	Godbout		
	55[12]	Grande-Rivière		3	Grande-Rivière	83	
	382[84]	Sainte-Anne-des-Monts		20	Sainte-Anne-des-Monts	skins	
	827[182]	La Table		91	La Table		
1884	127[28]	Saint-Pancrace and Mistassini		14	Saint-Pancrace and Mistassini		83
	2,182[480]	Île aux Coudres		8	Île aux Coudres		
	1,091[240]	Les Éboulements		4	Les Éboulements		

	14,729[3,240]	Pointe Lévis to Rivière-Ouelle (probably Sainte-Anne-de-la-Pocatière)		54	Pointe Lévis to Rivière-Ouelle (probably Sainte-Anne-de-la-Pocatière)		herds frequent this vicinity (Manicouagan) all through the summer" (Wakeham, 1885).	
	4,637[1,020]	Rivière-Ouelle to Île-Verte (probably Rivière-Ouelle)		17	Rivière-Ouelle to Île-Verte (probably Rivière-Ouelle)		"Porpoises were abundant off Moisie" (Wakeham, 1885).	
1885	582[128]	Godbout		64	Godbout	108	"Porpoise fishing at Isle aux Coudres was a failure" (Anon., 1886, p. 224).	44
	546[120]	Île aux Coudres		2	Île aux Coudres	skins		
	273[60]	La Malbaie		1	La Malbaie			
	818[180]	Sainte-Anne-de-la-Pocatière		3	Sainte-Anne-de-la-Pocatière			
	10,365[2,280]	Rivière-Ouelle		38	Rivière-Ouelle			
1886	818[180]	Île aux Coudres		3	Île aux Coudres	177	"An extensive white porpoise fishery, with stakes, was erected at Manicouagan; it was a failure, only one porpoise being caught in it. Porpoises were very abundant, but the water is too clear for this mode of fishing" (Wakeham, 1887, p. 201).	161
	18,184[4,000]	Tadoussac		80	Tadoussac	skins		
	4,364[960]	Île-Verte		16	Île-Verte			
	14,184[3,120]	Rivière-Ouelle		52	Rivière-Ouelle			
	1,637[360]	Sainte-Anne-de-la-Pocatière		6	Sainte-Anne-de-la-Pocatière			
	191[42]	Godbout		16	Godbout			
	1,091[240]	Rivière Madeleine		4	Rivière Madeleine			
1887	95,466[21,000]	Bersimis to Pointe des Monts		350	Bersimis to Pointe des Monts	656	"Large schools of porpoises stayed during the whole season at the mouth of the Saguenay" (Wakeham, 1888, p. 220).	640
	6,819[1,500]	Anse à Pelletier		25	Anse à Pelletier			
	15,002[3,300]	Pointe à la Cariole		55	Pointe à la Cariole			
	25,912[5,700]	Tadoussac		95	Tadoussac			
	6,819[1,500]	Île aux Coudres		25	Île aux Coudres			
	20,921[4,602]	Île-Verte		81	Île-Verte			
	2,455[540]	Rivière-Ouelle		9	Rivière-Ouelle			
	82[18]	Godbout		9	Godbout			
	64[14]	Pointe des Monts		7	Pointe des Monts			
	55[12]	Sept-Îles						
	455[100]	Sainte-Anne-des-Monts						
	568[125]	Cap-Chat						
1888	5,728[1,260]	Tadoussac	50,338[11,073]	210	Tadoussac	455		428
	20,457[4,500]	Île aux Coudres		135	Île aux Coudres			
	11,729[2,580]	Île-Verte		43	Île-Verte			
	2,728[600]	Rivière-Ouelle		10	Rivière-Ouelle			
	8,183[1,800]	Sainte-Anne-de-la-Pocatière		30	Sainte-Anne-de-la-Pocatière			
	236[52]	Godbout		26	Godbout			
	218[48]	Baie des Anglais						
	1,046[230]	Sainte-Anne-des-Monts						
	14[3]	Chien Blanc		1	Chien Blanc			
1889	39,823[8,760]	Île aux Coudres		146	Île aux Coudres	777		739
	546[120]	Saint-Siméon		2	Saint-Siméon			
	40,914[9,000]	Tadoussac		150	Tadoussac			
	3,546[780]	Sainte-Anne-de-la-Pocatière		13	Sainte-Anne-de-la-Pocatière			
	6,273[1,380]	Rivière-Ouelle		23	Rivière-Ouelle			
	109,104[24,000]	Matane to Capucins		400	Matane to Capucins			
	273[60]	Manicouagan		1	Manicouagan			
	318[70]	Godbout		1	Godbout			

TABLE I (continued)

Year	Oil ¹			No. of "porpoises", belugas or skins ²			Comments	Our estimate of landed beluga catch for year ³
	Amount (L), by area [Imp. Gal.]	Locality	Total (L) for all areas [Imp. Gal.]	Amount by area	Locality	Total for all areas		
1890	377[83]	Sept-Îles		39	Sept-Îles		477	
	818[180]	Sainte-Anne-des-Monts		2	Sainte-Anne-des-Monts			
	182[40]	L'Échouerie (Gaspé)		11	Rivière au Renard (Gaspé)			
	546[120]	Île aux Coudres		20	Île aux Coudres	549		
	3,000[660]	Saint-Siméon		11	Saint-Siméon			
	34,095[7,500]	Tadoussac		125	Tadoussac			
	42,005[9,240]	Capucins to Matane		154	Capucins to Matane			
	4,910[1,080]	Île-Verte		18	Île-Verte			
	1,091[240]	Cacouna		4	Cacouna			
	13,911[3,060]	Rivière-Ouelle		51	Rivière-Ouelle			
	24,548[5,400]	Sainte-Anne-de-la-Pocatière		90	Sainte-Anne-de-la-Pocatière			
	273[60]	Saint-Roch		1	Saint-Roch			
	18[4]	Natashquan						
	909[200]	Manicouagan to Cailles Rouges[?]		3	Manicouagan to Cailles Rouges[?]			
1891	796[175]	Les Jambons		43	Les Jambons		301	
	1,682[370]	Sept-Îles		29	Sept-Îles			
	295[65]	Sainte-Anne-des-Monts						
	409[90]	Cap-Chat						
	28,640[6,300]	Baie Sainte-Catherine		105	Baie Sainte-Catherine	221		
	13,638[3,000]	Tadoussac		50	Tadoussac			
	34,095[7,500]	Pointe à la Cariole		125	Pointe à la Cariole			
	2,455[540]	Kamouraska		9	Kamouraska			
	3,000[660]	Rivière-Ouelle		11	Rivière-Ouelle			
	273[60]	Sainte-Anne-de-la-Pocatière		1	Sainte-Anne-de-la-Pocatière			
1892	318[70]	Godbout					362	
	473[104]	Sept-Îles						
	273[60]	Sainte-Anne-des-Monts						
	205[45]	Cap-Chat						
	1,591[350]	Baie-Saint-Paul (probably from Île aux Coudres)		7	Baie-Saint-Paul (probably from Île aux Coudres)	316		
	30,686[6,750]	Vicinity of Baie Sainte- Catherine		135	Vicinity of Baie Sainte- Catherine			
	21,821[4,800]	Rivière-Ouelle		96	Rivière-Ouelle			
	5,455[1,200]	Sainte-Anne-de-la-Pocatière		24	Sainte-Anne-de-la-Pocatière			
	27,276[6,000]	Matane		100	Matane			
	682[150]	Godbout						
182[40]	Échouerie							

	182[40] 295[65]	Sainte-Anne-des-Monts Cap-Chat	20 32	Sainte-Anne-des-Monts Cap-Chat				
1893	10,229[2,250] 3,410[750] 12,502[2,750] 9,092[2,000]	Saint-Firmin Tadoussac Bergeronnes Escoumins	45 15 55 40	Saint-Firmin Tadoussac Bergeronnes Escoumins	252		"The [north shore] fishermen who have done extensive repairs to their porpoise fishery were greatly disappointed in capturing but a single white-whale (<i>Marsouin</i>)" (Wakeham, 1894, p. 229).	252
1894	455[100] 18,184[4,000]	Île aux Coudres Saguenay River area	2 80	Île aux Coudres Saguenay River area	97			97
1895	455[100] 2,955[650] 1,137[250]	Kamouraska Rivière-Ouelle Rivière-Ouelle	2 13 5 10 190	Kamouraska Rivière-Ouelle Rivière-Ouelle Île aux Coudres Saguenay River area				205
1896			63	Rivière-Ouelle	222	"belugas"	"Immense numbers of white porpoises were seen at various times during the season, a few were shot but no regular hunt was made for them [in Pointe des Monts Subdiv., Saguenay Co.]" (Wakeham, 1898, p. 157).	222
1897			59 23 75 80 20 15 50	Rivière-Ouelle Charlevoix Co. (probably from Île aux Coudres) Saint-Firmin Tadoussac Bergeronnes Bon-Désir Escoumins	322			322
1898	1,364[300] 22,730[5,000] 17,048[3,750] 4,546[1,000]	Charlevoix Co. (probably from Île aux Coudres) Saint-Firmin Tadoussac Escoumins	6 100 75 20	Charlevoix Co. (probably from Île aux Coudres) Saint-Firmin Tadoussac Escoumins	452			452
1899	2,046[450] 25,003[5,500] 16,138[3,550] 5,683[1,250]	Charlevoix Co. (probably Île aux Coudres) Saint-Firmin Tadoussac Escoumins	9 110 71 25 12	Charlevoix Co. (probably Île aux Coudres) Saint-Firmin Tadoussac Escoumins Rivière-Ouelle	227			227
1900	2,546[560] 5,114[1,125]	Trois-Pistoles Rivière-Ouelle	6 12 150	Trois-Pistoles Rivière-Ouelle Tadoussac to Les Jambons	168		"This fishery, which in years past was so popular and so remunerative in some localities, such as River Ouelle, has sadly come down, so much so that for a num-	168

TABLE I (continued)

Year	Oil ¹			No. of "porpoises", belugas or skins ²			Our estimate of landed beluga catch for year ³
	Amount (L), by area [Imp. Gal.]	Locality	Total (L) for all areas [Imp. Gal.]	Amount by area	Locality	Total for all areas	
1901	9,592[2,110]	Rivière-Ouelle		28	Rivière-Ouelle	28	ber of years it has hardly paid for the outfit" (Wakeham, 1902, p. 188). Belugas "extremely abundant during the whole season" at Pointe des Monts, absent at Mont-Louis (p. 185-188). See photo in Hudon (1972, p. 115). 28
1902			11,365[2,500]			33	Mostly young animals. "Although large schools... were seen on several occasions... the catch was very poor" (Wakeham <i>et al.</i> , 1905, p. 149). 33
1903	8,183[1,800]	Rivière-Ouelle		32	Rivière-Ouelle	32	"...white whales were seen in great numbers" (Wakeham <i>et al.</i> , 1905, p. 149). 32
1904				28	Rivière-Ouelle	28	
1905				11	Between Île-Verte and Rivière-Ouelle	201	
				121	Tadoussac to Escoumins		
				21	Mille-Vaches to Portneuf		
				2	Colombier to Bersimis		
				1	Pointe aux Outardes to Pointe des Monts		
1906				93	Tadoussac to Bersimis	193	"...white whales were seen in immense numbers" (Wakeham <i>et al.</i> , 1907, p. 145). 193
				4	Pointe aux Outardes to Pointe des Monts		
				1	Baie Trinité to Les Jambons		
				9	Île-Verte		
				33	Rivière-Ouelle		
				1	Berthier		
1907				2	Pointe aux Outardes to Godbout	56	"For some unknown reason the white whales... were scarce from Manicouagan eastward—though west of the above place they were abundant as usual." "Quite a few white whales... were noticed at the mouth of the Saguenay, but few 56
				4	Rivière-Ouelle		

1908			15 Île aux Coudres 40 Saguenay River 19 Rivière-Ouelle 3 Île-Verte 2 Pointe aux Outardes to Pointe des Monts 67 Tadoussac to Bersimis	146	were reported captured" (Wakeham <i>et al.</i> , 1908-9, p. 148, 151). In the Godbout Subdivision "white whales were very numerous..." (Wakeham & Riendeau, 1909, p. 161).	146
1909-10			37 Tadoussac to Bersimis 2 Pointe aux Outardes to Pointe des Monts 20 Rivière-Ouelle 30 Saguenay River	109		109
1910-11	909[200]	L'Islet Co.	5 L'Islet Co. 3 Bersimis to Pointe des Monts 31 Tadoussac to Bersimis	39	Belugas "usually spend the summer in that part of the river between Rimouski and Crane Island; but every few years we see them lower down the river, and occasionally they even get as far as the Bay Chaleur" (Wakeham <i>et al.</i> , 1911, p. 222).	39
1911-12			30 Godbout Subdivision	30		30
1912-13			47 Gulf Division		No information on "inland" catches.	47
1913-14			75 Godbout Subdivision	75		75
1914-15			No information		105 taken at Rivière-Ouelle (Dupont, 1980).	105
1915-16			145 Tadoussac to Les Jambons 605 Les Jambons to Pigou	750		750
1916-17	2,273[500] 19,775[4,350] 11,592[2,550]	Témiscouata Co. Kamouraska Co. Charlevoix Co.	10 Témiscouata Co. 87 Kamouraska Co. 51 Charlevoix Co. 141 Tadoussac to Les Jambons	289		289
1917			91 Tadoussac to Les Jambons 25 Témiscouata Co. 19 Kamouraska Co. 5 Chicoutimi 33 Charlevoix Co.			173
1918	68,213[15,005]	Saguenay Co.	342 Saguenay Co. 12 Témiscouata Co. 43 Kamouraska Co. 110 Charlevoix Co.			507
1919			184 Tadoussac to Les Jambons 103 Kamouraska Co. 1 Charlevoix Co.			288

TABLE I (continued)

Year	Oil ¹			No. of "porpoises", belugas or skins ²			Our estimate of landed beluga catch for year ³
	Amount (L), by area [Imp. Gal.]	Locality	Total (L) for all areas [Imp. Gal.]	Amount by area	Locality	Total for all areas	
1920	16,911[3,720]	Saguenay Co.		186	Tadoussac to Les Jambons		260
				6	Témiscouata Co.		
				7	Kamouraska Co.		
				61	Chicoutimi		
1921				173	Tadoussac to Sept-Îles		210
1922				No information			37 taken at Rivière-Ouelle (Sans-Terre, 1922, p. 31).
1923	396[87]	"Sea Fisheries"		3	"Sea Fisheries"		128
1924	727[160]	"Sea Fisheries"		5	"Sea Fisheries"		5
1925				No information			
1926			636[140]			2	2
1927			273[60]			1	1
1928			646[142]			3	3
1929						26	187 at Rivière-Ouelle (Vladykov, 1944, p. 148; also see Hudon, 1972, p. 123, 431; Dupont, 1980).
1930			1,364[300]			9	9
1931			20,866[4,590]			103	103
1932			27,890[6,135]			195	177 bountied (Vladykov, 1944, p. 148).
1933			34,686[7,630]			232	208 bountied (Vladykov, 1944, p. 148).
1934			44,269[9,738]	9	Rivière-Ouelle (Hudon, 1972, p. 431).	465	433 bountied (Vladykov, 1944, p. 148).
1935			47,960[10,550]			577	558 bountied (Vladykov, 1944, p. 148).
1936			800[176]			28	No bounty (Vladykov, 1944, p. 148).
1937			41,460[9,120]			423	521 bountied (Vladykov, 1944, p. 148).
1938			364[80]			2	336 bountied (Vladykov, 1944, p. 148).

1939	7,819[1,720]		46	46
1940	11,674[2,568]		75	75
1941	3,887[855]		73	73
1942	25,776[5,670]		336	336
1943	18,493[4,068]		93	93
1944	20,662[4,545]		89	89
1945	13,229[2,910]		66	66
1946	9,465[2,082]		42	42
1947	4,401[968]		25	25
1948	6,574[1,446]		33	33
1949			22	22
1950	2,000[440]		23	23
1951	12,706[2,795]		51	51
1952			40	40
1953	273[60]		20	20
1954		No information		
1955		No information		
1956			12	12
1957			1	1
1958			2	2
1959		No information		
1960			6	6

¹ Original units were gallons, presumably imperial gallons. Conversions were based on 1 imperial gallon = 4.546 litres. Numbers in brackets [] are gallons, as reported in the primary source.

² Although beluga hides were often split and marketed as halves or "sides" (Vladykov, 1944), we have assumed that "skins" in the statistical tables refer to full hides, i.e. each is equivalent to a captured whale.

³ For some years, "porpoise" catches at certain North Shore sites were judged, on the basis of average oil yield, to have been of harbor porpoises (*Phocoena phocaena*). See text.

produced by these small cetaceans. There is a substantial difference in oil yield between a large harbor porpoise (5-6 US gallons or 19-23 L—Stevenson, 1904, p. 205) and a large white whale (80-100 US gallons or 303-379 L—Goode, 1884, p. 19). Exceptional yields of 591-682 L (130-150 [imperial] gallons) are possible for large white whales according to Vladykov (1944, p. 155). Because of the difference in oil yield between the two species, some of the catch and production statistics can be interpreted by comparing the number of porpoises or porpoise skins to the oil production. Where average yield was 27 L (6 [imperial] gallons) or less, we suspected the animals were harbor porpoises and eliminated the catch from our calculations, unless there was some convincing reason for not doing so. Returns indicating an average yield greater than 27 L (6 [imperial] gallons) were assumed to pertain to white whales. Where only porpoise oil, porpoise skins, or porpoises were listed, we generally assumed these referred to a catch of white whales unless the locality suggested otherwise. Porpoise oil (in [imperial] gallons) was converted to number of whales by dividing by 50 [imperial] gallons (227 L), i.e. the high end of Vladykov's (1944, p. 155) estimate of 40-50 [imperial] gallons (182-227 L) as average yield of St. Lawrence white whales. E. Lizotte (*in* Martin, 1973, p. 27) stated that a good spring beluga would produce 60-65 [imperial] gallons (273-295 L), but the mean yield for six years of the Rivière-Ouelle fishery was 50.1 [imperial] gallons (228 L) per whale. It is also worth noting that in years when the catch was large at a given weir, considerable amounts of oil could be lost (Casgrain, 1873, p. 212); this factor adds a conservative bias to our estimation procedures.

Each skin was assumed to represent one beluga, notwithstanding that large skins were usually split into "half-hides" before tanning. Harbor porpoise skins were not used commercially (Vladykov, 1944, p. 149), so it is assumed that "porpoise skins" represent only catches of white whales.

LOSS RATE FACTORS

To establish total fishing mortality, it is necessary to correct actual or estimated landed catch by taking into account hunting loss, meaning whales killed or mortally wounded but not secured. The quantification of hunting loss can result in confusing terminology. Rather than a loss rate, *per se*, we find it more useful to speak of a loss rate factor, a value by which the secured catch must be multiplied to produce a corrected estimate of total fishing mortality. The loss rate factor is

calculated by dividing the number killed by the number secured.

Loss rates in white whale fisheries vary according to hunting methods, water depth, turbidity, salinity, and other factors (Perrin, 1980, p. 119-121, 127; Kemper, 1980; Fraker, 1980; Brodie, 1981; Mitchell & Reeves, 1981). It can generally be assumed that more wounded or killed whales are lost in fisheries where firearms are used than in drive (forced stranding), net, or trap (weir) fisheries.

We assume that in weir and net fisheries, hunting loss is negligible. Small individuals were sometimes released intentionally (Sans-Terre, 1922, p. 31). Unweaned animals may have starved after release if their mothers were not released with them, but we have no way of estimating the incidence of such mortality. The occasional release of some animals was probably offset by those instances when unfavorable weather or sea state resulted in the loss of animals killed in the weir (Mailloux, 1879, p. 38). No loss rate factor was applied to the catch data from weir and net fisheries.

We assume most whales that were harpooned were eventually secured. Because of their comparatively small size, white whales are less likely to break lines or other whaling gear and escape than are the great whales. Thus, the loss rate for hunting in which white whales were harpooned first and then killed is assumed to have been so low that we could disregard it in our calculations.

Only when whales were shot first, with rifles or shotguns, then harpooned, was hunting loss likely to have been significant. We have very few data on which to base an estimate of the loss rate in the firearm/harpoon fishery. Andrews (1916, p. 268-277) described a three-day hunt near Île aux Pommes in which six whales were shot, one of which was lost. This record indicates a loss rate factor of 1.2. Vladykov (1944) did not quantify the loss rates for the fisheries he described. However, he indicated (Vladykov, 1944, p. 26, 30) that in the motorboat fishery on Manicouagan Bank (also see Scharrer, 1938, 1983) and sometimes in the sailboat fishery based along the North Shore, whales were shot first and then harpooned. Animals killed without first having been harpooned usually sank unless they were extremely fat (Vladykov, 1944, p. 26). Scharrer (1938, 1983) referred to a hunt on Manicouagan Bank in which secured whales were buoyed and marked by the hunters but, because of inclement weather, could not be relocated at the end of the day. In this instance, the flukes had been taken immediately as vouchers for the bounty; so, although the hides and oil were

lost, these whales probably were included in the bounty statistics for the year in question.

Studies of white whale loss rates in the North American Arctic have resulted in estimates of 20 percent in shallow, open water to 60 percent in deep water in Alaska (Seaman & Burns, 1981, p. 571) and 33 percent in the shallow but turbid Mackenzie River estuary (Fraker, 1980, p. 454) and upper Cumberland Sound (Kemper, 1980, p. 490; also see Brodie, 1981). These estimates pertain to fisheries in which the whales are frequently or always shot with rifles and then harpooned. They suggest loss rate factors of 1.25, 2.5, and 1.5, respectively, as appropriate for calculating total kill using landed catch. We conservatively estimate the killed-but-lost rate for fisheries involving firearms in the St. Lawrence, where most hunting occurred in shallow, ice-free water, to be 17 percent, or one whale killed and lost for every five secured. Thus, a loss rate factor of 1.2 was used to estimate actual kill from landings data in these fisheries.

Our estimates of total fishing mortality for St. Lawrence white whales were tabulated by year (Table VII). From these we attempted to make a conservative estimate of initial population size.

Results

STOCK IDENTITY

During the sixteenth and seventeenth centuries, when the St. Lawrence was explored and colonized by the French, it appears that belugas were almost entirely absent from the Gulf of St. Lawrence but abundant in the St. Lawrence Estuary. Cartier (1863, p. 12) indicated no knowledge of the white whale's existence before his arrival in 1535 at the mouth of the Saguenay River, where great numbers were observed "*entre la mer & l'eau douce*". "In this great river, which is called the St. Lawrence, white porpoises are found, and nowhere else" (Thwaites, 1897a, p. 19); this statement was written in 1632. In 1664 Boucher (1883, p. 44) mentioned that "extraordinary numbers" of white whales were seen between Tadoussac and Québec. Another document, written in the 1760's (Taylor, 1771, p. 112), refers to the St. Lawrence beluga as the "fresh water porpoise", an inhabitant of "fresh water rivers", clearly implying that Taylor believed its range did not usually overlap that of the oceanic or "salt water porpoises" (Fig. 3). In 1863 Fortin (1864) reported "not a single one [beluga] is seen in the gulf." Schmitt (1904, p. 316-317) indicated that at the turn of the twentieth century belugas rarely appeared near Anticosti Island but were often encountered between Baie-Saint-Paul and Pointe-



Figure 3. Seventeenth-century figures of "Le marsouin gris" and "Marsouin blanc", which except for the common early errors of showing the cetacean tail as vertical rather than horizontal and attributing a dorsal fin to the beluga, demonstrate nicely the recognized external differences in appearance between what we take to be the harbor porpoise (above) and the beluga (below). (From Anonymous, 1930, 1974, p. 64, f. 82, illustrating "la faune et la flore de la Nouvelle France"; reproduced courtesy of Concordia University Library).

des-Monts. Fortin (1864) considered their occurrence in Baie des Chaleurs exceptional and regarded Métis as the usual downstream limit of their distribution. Judging by early statements in the literature, the upstream limit of white whale distribution extended to Île d'Orléans and Québec City, at least during the seventeenth and eighteenth centuries (Heriot, 1813, p. 70). During the early nineteenth century belugas were said to ascend the Saguenay as far as Pointe aux Roches (Bouchette, 1832).

Vladykov's (1944, p. 51-61) review of literature, information from local mariners, and catch data led him to describe three "zones" of beluga distribution within the St. Lawrence system. The zone of year-round abundance was between Île aux Coudres and Pointe des Monts on the North Shore and between Rivière-Ouelle and Cap-Chat on the South Shore, with the center of abundance at the Saguenay confluence. The zone of seasonal concentration consisted of areas where small groups of belugas could be seen occasionally. It included Baie des Chaleurs, the Gaspé Peninsula, the area between Natashquan and Baie-Trinité, and upriver from Île aux Coudres to 48 km (30 miles) above Québec City. The zone of absence consisted of the entire Gulf of St. Lawrence except

for the stretch of coastline along the North Shore east to Natashquan and the coast of the Gaspé Peninsula including Baie des Chaleurs. The occasional incursions of white whales to Natashquan and Baie des Chaleurs are well documented (e.g. Fortin, 1864, p. 20; Bernier, 1910, p. 37). Two substocks ("sous-populations") have been proposed for the St. Lawrence — one centered in the Saguenay and the Middle Estuary, the other in the Manicouagan Bank region (Laurin, 1982); however, such a multiple-stock hypothesis has not been rigorously presented and discussed in print.

Fortin (1864) stated that white whales "are met with neither on the coasts of Newfoundland nor on those of Nova Scotia." Nevertheless, they occur sporadically around Newfoundland (Mercer, 1973; Sergeant *et al.* 1970; Sergeant & Fisher, 1957) and south to Nova Scotia, New England, and New Jersey (Reeves & Katona, 1980). A 3-m specimen caught at Prince Edward Island in July 1960 was considered "far from its normal summer range in the St. Lawrence River" (Ray, 1961). Sergeant & Brodie (1969) and Sergeant *et al.* (1970) speculated that extralimital records to the south of Cabot Strait are of wandering St. Lawrence animals that have followed the Gaspé current and the Labrador current, while records for the Atlantic coast of Newfoundland have been attributed to southward drift of northeast Labrador animals with the Labrador current (Sergeant *et al.*, 1970; Mercer, 1973).

An important gap in knowledge about white whale distribution in eastern Canada has been the Labrador coast. Vladykov (1944, p. 51-53) was able to find little more than imprecise references to the species' occasional occurrence off Labrador, and he "presumed" belugas were not very abundant there. In attempting to account for the apparent lack of differences in body size between St. Lawrence belugas and Cumberland Sound (Baffin Island) belugas, Sergeant & Brodie (1969, p. 2573-2574) stated:

"...we have no intermediate strandings to indicate supply southward with the Labrador Current. However, white whales occur regularly in Ungava Bay, and we also have verbal reports from Nain, Labrador, of white whales wintering in March between the fast ice and sea ice. This observation serves considerably to reduce the gap between the ranges."

Recent studies based primarily on hunter knowledge have shown that belugas are seen and hunted along much of the Labrador coast north from Hopedale but that they are uncommon along the central Labrador coast near Postville,

Makkovik, and Rigolet (Brice-Bennett, 1977, 1980). No major summer concentration of belugas has been identified anywhere on the coast of Labrador. Therefore, in Canada the nearest such concentrations are in Ungava Bay/Hudson Strait (Finley *et al.*, 1982) and Cumberland Sound (Brodie, 1971). Both of these populations have been heavily exploited and are severely depleted (Boulva, 1981; Brodie *et al.*, 1981; Mitchell & Reeves, 1981; Finley *et al.*, 1982). A large western Hudson Bay stock winters in Hudson Strait (Finley *et al.*, 1982; also see Brodie *et al.*, 1981, for evidence of wintering in Hudson Strait and adjoining Davis Strait and in Frobisher Bay) and thus creates a potential supply of southbound migrants.

White whales are also hunted off Southwest Greenland, primarily in February and March (Kapel, 1977). The southern limit of a regular hunt is at about 63°N latitude in the Godthaab district. Prior to the 1920's, catches in Southwest Greenland ranged as high as 200-1,000 animals per year, but since 1954 catches between Holsteinsborg and Frederikshaab have usually totaled less than 200 whales.

Sergeant & Brodie (1969) used body size data to differentiate the St. Lawrence population of white whales from those in western Hudson Bay and West Greenland. They could not, on the basis of body size, demonstrate a difference between St. Lawrence animals and those from Cumberland Sound. Extensive aerial survey data from the High Arctic made Davis & Finley (1979) doubt that belugas summering in the eastern Canadian High Arctic are a separate stock from those wintering off West Greenland. However:

"... interchange of animals [between Cumberland Sound/Hudson Strait and West Greenland] is only likely if there is a movement across Davis Strait between Cumberland Sound and the W Greenland wintering areas of the eastern Arctic population. We know of no evidence of such a movement but few studies have been conducted in Davis Strait" (Davis & Finley, 1979).

Aerial surveys in March 1981 revealed that white whale distribution in Davis Strait was at that time "restricted to the loose pack ice off the west coast of Greenland," mainly within 50 km of the coast (McLaren & Davis, 1981, p. 26). Survey coverage across the entire width of northern Davis Strait and southern Baffin Bay revealed no belugas in the close pack ice offshore (where narwhals [*Monodon monoceros*] were widespread) or in ice-free waters. The argument against winter movement by belugas across Davis Strait is thus strengthened.

Vladykov (1944, 1946) argued that the St. Lawrence beluga population is not entirely isolated from more northern stocks. He accepted the claims by fishermen that there had been a dramatic increase in the white whale population in the St. Lawrence during 1927-1929, and he explained this perceived increase as the result of immigration from outside the St. Lawrence system.

"*Nous sommes convaincus que cette abondance était causée par l'immigration dans le Saint-Laurent des troupeaux de Bélugas venant de l'extérieur*" (Vladykov, 1946, p. 117-118). He speculated that climatic warming in West Greenland, coincident with an unusually cold period in the St. Lawrence, resulted in large numbers of white whales from West Greenland penetrating the St. Lawrence, thus greatly inflating the local population. According to Vladykov (1944, p. 145), during a series of warmer years in the St. Lawrence — 1930, 1934, and 1936 — the "immigrant" whales left the region (presumably returning to West Greenland?). As part of his argument, Vladykov (1944, p. 53) referred to data showing that the annual average catch of belugas in West Greenland declined from 1,590 during 1925-1927 to 452 during 1928-1931 and 383 during 1932-1936 (the last of these figures being based on incomplete statistics). Kapel (*in* Mitchell, 1975, p. 20) indicated there may be under-reporting of beluga statistics for Greenland even in recent years.

We cannot disprove Vladykov's hypothesis, but it seems unlikely. There are alternate explanations for the circumstances he described and marshaled as evidence. First, his statement (Vladykov, 1944, p. 138) that in 1928 St. Lawrence fishermen *began* to complain about beluga depredations on commercial fish stocks is not consistent with the information in Table II. Clearly, fishermen had been blaming white whales for poor commercial fishing seasons since at least 1850, and their complaints in 1928 were a continuation of, rather than a departure from, long-standing attitudes and inclinations. But even if their complaints had been new, casual remarks by fishermen, particularly when they wish to explain the periodic failure of their fishery, should not be taken at face value as evidence of a major change in cetacean migratory behavior.

Second, there are other ways of interpreting fluctuations in the West Greenland catch, assuming the catch statistics are reliably and consistently reported. Kapel (1977) pointed out that "unusually high" catches of white whales and narwhals (*Monodon monoceros*) occur in years when *savssats* (ice entrapment) facilitate hunting (also

see Table 12 *in* Mitchell & Reeves, 1981). One or more *savssats* may have contributed to the high catches at West Greenland during 1925-1927. Also, it is possible that the high catches prior to the 1920's at West Greenland (200-1,000 per year; Kapel, 1977) coupled with catches of 1,590 per year during 1925-1927 (Vladykov, 1944, p. 53) resulted in depletion of the West Greenland beluga stock(s), thus accounting for the reduced catch there in subsequent years. Finally, Danish investigators (see Vibe, 1967, p. 74-75) have generally assumed climatic warming along the southwest coast resulted in a redistribution of white whales and narwhals to the northward rather than emigration to the southwest as Vladykov has postulated.

There is considerable variability in beluga movements within the St. Lawrence from year to year. As Charlevoix (1766, p. 112) observed, "either through Instinct, or Caprice, they [the belugas] often break the Measures of the Fishermen, and take another Route than that where they wait for them." The "sedentary" weir fisheries obviously sampled a limited area, as did boat fisheries operating within a prescribed radius from shore. Marked year-to-year variations in catch (Tables I, IV, V) show that whales could fail to appear at a particular site one year and become abundant there the next. This does not require that the animals migrate to and from such distant areas as the northeast coast of Labrador and the coast of West Greenland. It is interesting that although a fishery officer at Godbout believed, on the basis of "information received through telegraph offices," that large concentrations of belugas were moving along the North Shore between the mouth of the St. Lawrence River and Natashquan at a rate of 80 miles per day during summer 1919, Bernier (1920, p. 37) did not doubt that these were St. Lawrence animals simply shifting their distribution downstream in response to a change in food supply (also see Gallienne, 1969, p. 266-267).

ORIGINS OF THE WHITE WHALE FISHERIES

White whale hunting in the St. Lawrence is an ancient enterprise. It extends at least as far into the past as the settlement of the river's banks by Europeans. Cartier (1863, p. 12; see Guegan, *n.d.*, p. 26) referred to a "*grād pescherie de Adhothuys [beluga]*" in operation at the time of his visit in 1535 upriver from Tadoussac in the vicinity of Île aux Coudres. This fishery may have been conducted by aborigines, possibly using weirs (Mailloux, 1879, p. 34-35; Boivin, 1941, p. 154). The Indians considered belugas (*Adhothuys*

TABLE II

Published comments concerning the perceived damage done by white whales to commercial fish stocks in the St. Lawrence

<i>Date</i>	<i>Locality</i>	<i>Statement</i>	<i>Reference</i>
1850	Baie des Chaleurs	Presence of "large numbers of white porpoise... was supposed to have had an injurious effect upon the Salmon fisheries of the Bay generally, as the white porpoise destroys great numbers of salmon, chases them in all directions, and breaks up their 'schulls.'"	Perley, 1850, quoted in Chambers, 1912, p. 147
1863	Matapedia District (South Shore)	"...large quantities of salmon captured in consequence of the presence of a schule of white porpoises which scared the salmon into shoal water along shore...".	Anon., 1864
1863	Baie des Chaleurs	"It is even feared they [belugas] may be injurious to the fisheries of this locality.... The experience of a few years more will show us if these suppositions are well founded or not."	Fortin, 1864, p. 20
1864	Baie des Chaleurs	"This year, again, a large number of white porpoises (<i>Delphinapteres Beluga</i>) were found in the bay of Chaleurs, near its inner shore, and it was a prevalent opinion among the fishermen, that they were in pursuit of the salmon, on which they feed, and that they are therefore very injurious to the Salmon-fishery." "I think we must await the experience of a few years more before committing ourselves to this opinion; we must, in the first place, have some certain facts verified, concerning the habits of these fish, and especially as to the nature of their food."	Fortin, 1865, p. 7-8
1870	General	Belugas said to prey on small fish, herring, mackerel, and "salmon fry."	Lavoie, 1870, p. 14
1875		Decline in eel fishery attributed "to depredations committed by seals and porpoises, or to the noise and disturbances created by steamers and other vessels navigating the St. Lawrence."	Lavoie, 1876, p. 131
1879	South Shore, Pointe Lévis to Cap-Chat	Decline in yield of "small fish" attributed to "the large numbers of porpoises which now frequent the locality."	Anon., 1880, p. 135
1881	South Shore, Riv. Blanche to Cap-Chat	General decline in fishing returns attributed to "the fishing grounds being frequented by schools of porpoises."	Anon., 1882, p. 168
1882	Baie de Sainte-Anne	Fishing "a complete failure... due to the schools of white porpoises having chased away the capelin and other smaller fishes on which the cod feed."	Wakeham, 1883, p. 138
1882	Baie des Anglais	"It is generally thought... that the porpoises, by driving away the capelin, have caused the failure of the cod fishery in the river."	Wakeham, 1883, p. 80-81
1884	Off Moisie	Porpoises said to have caused "considerable damage and loss... to the outside salmon net fishermen."	Wakeham, 1885, p. 173
1884	Ristigouche Division	Porpoises coming as far up the estuary as Campbellton said to have been partly responsible for "falling off" of the salmon fishery.	Wakeham, 1885, p. 169
1886	Sainte-Anne-des-Monts	Failure of cod fishery attributed to "presence of white porpoises. It was always noticed by the fishermen that, when these porpoises come down the river, cod disappears."	Wakeham, 1887, p. 201
1887	Sainte-Anne-des-Monts Subdivision	"White porpoises abounded during the summer and completely drove the cod off the coast."	Wakeham, 1888, p. 191

1887	Sainte-Anne to Pointe à la Loupe	"Porpoises which frequent these waters in large numbers have a tendency to scatter the smaller species of fish."	Wakeham, 1888, p. 216
1888	Sainte-Anne-des-Monts Subdivision	Cod fishery a failure, "due in large measure to the fact that the white porpoises were numerous during the summer fishing season. Towards the fall, porpoises disappeared, and cod became abundant...."	Wakeham, 1889, p. 147
1890	Rivière Madeleine Subdivision	"...the white porpoise, which have so disturbed the codfishery of recent years, did not, this season, put in an appearance."	Wakeham, 1891, p. 121
1890	Sainte-Anne-des-Monts Subdivision	"The white porpoises did not fail to visit the coast as usual; and at each visit they drove away the cod and the bait for fully a week."	Wakeham, 1891, p. 121
1892	Godbout Subdivision	Codfishing lasted for a week, "when the white porpoises appeared on the scene and the cod were driven away to such an extent that enough could not be caught for local consumption. About the 15th August the porpoises left the coast, and the cod returned...."	Wakeham, 1893, p. 104
1893	Rivière Madeleine Subdivision	"These white porpoises came down in June and no doubt drove the cod off. The porpoises were more abundant and came further down the coast than usual. They left in the beginning of July and never came back again."	Wakeham, 1894, p. 225-226
1894	Rivière Madeleine Subdivision	"The fishermen... attribute this failure [of the codfishery] to the presence of great numbers of the white porpoise, which is steadily increasing in the river."	Wakeham, 1895, p. 280
1894	Sainte-Anne-des-Monts Subdivision	"The fishing was frequently interrupted by the advent of large schools of white porpoises, which drove the cod off the fishing grounds. After the porpoises disappeared in the fall the weather was too rough to fish."	Wakeham, 1895, p. 281
1894	Moisie Subdivision	"The white porpoises appeared in Ste. Marguerite Bay during the run of salmon and interfered seriously with the fishing."	Wakeham, 1895, p. 282
1894	South Shore	"Cod struck in as usual about the beginning of July, but the appearance of white whales (marsouins) in large numbers dispersed them...."	Wakeham, 1895, p. 283
1895	Mont-Louis Subdivision	"This failure in the cod was not due this season to the ravages of the white whales, as fewer were seen than usual."	Wakeham, 1897, p. 155
1895	Sainte-Anne-des-Monts Subdivision	Reasons for "very small" catch of cod: (1) scarcity of fish, (2) "that the white whales drove them away."	Wakeham, 1897, p. 155
1896	Mont-Louis Subdivision	"White porpoises did not visit the coast to the same extent nor as often as usual; they have usually been blamed for driving the fish off, but their absence this season does not seem to have mended matters."	Wakeham, 1898, p. 156
1896	South Shore	"The large numbers of belugas... prowling in that vicinity have no doubt a tendency to frighten the cod away."	Wakeham, 1898, p. 159
1897	Duchesnay to Cap-Chat	"Cod fishing was more successful than last year, the reason for this improvement being ascribed to the non-appearance of white whales (belugas) in such large numbers, and to a little more activity on the part of the fishermen."	Lavoie, 1899, p. 148
1898	South Shore, Pointe Lévis to Cap-Chat	Cod fishery better than previous years, "but towards the end of the summer the belugas (white whales) seemed to scare them away."	Wakeham, 1900, p. 151
1898	Marsoui to Cap-Chat	"Herring were abundant, but as usual these last years they were frequently driven off by the white whales."	Wakeham, 1900

TABLE II (continued)

<i>Date</i>	<i>Locality</i>	<i>Statement</i>	<i>Reference</i>
1900	Pointe des Monts Subdivision	"White whales were extremely abundant during the whole season, fishermen attribute the scarcity of herring below Pointe des Monts to the presence of these mammals."	Wakeham, 1902, p. 185
1900	Moisie Subdivision	"Herring missed entirely, the fishermen attribute this to the great abundance of squid, and the white whales."	Wakeham, 1902, p. 185
1901	South Shore	Abundance of cod "ascribed to the unusually large schools of herring and squid which visited the coast, and the non-appearance of white whales."	Wakeham <i>et al.</i> , 1903, p. 150
1901	Mont-Louis	"The white whales, which frequently chase the cod away... did not visit the coast."	Wakeham, 1902, p. 184
1903	Baie-des-Sables, Riv. Blanche, West Sainte-Félicité and elsewhere on south shore	Failure of cod and herring fishery "accounted for by the early appearance and the long stay of porpoises."	Wakeham <i>et al.</i> , 1905, p. 148
Ca 1903	Saguenay mouth	"As each porpoise is supposed to eat from one to three barrels of fish per day, it is comparatively easy to form some idea of the fearful ravages which they make among the salmon, the herring and the cod."	Prince, 1906, p. lxxvii
1908-9	Godbout Subdivision, Saguenay County	"White whales were very numerous; it is the popular idea that this caused the scarcity of capelin."	Wakeham & Riendeau, 1909, p. 161
1909	St. Lawrence generally	Salmon can be protected in the river and gulf by "encouraging the capture of porpoises, both black and white. These are the worst enemies of the large fish."	Comeau, 1954, p. 184
1910-11	West of Fame-Point	"The herring fishery... was... greatly interfered with by the descent of the white porpoises from the river above.... They drive away everything in the shape of fish, and nothing whatever is done [in the way of catching fish] while they remain on the coast."	Wakeham <i>et al.</i> , 1911, p. 222
1919	North Shore between Natashquan and the Saguenay River	Cod fishery affected by white whales. "During the two or three days following each appearance [of the whales] (which took place three or four times monthly) cod rapidly disappeared, and it was impossible to catch any even in small quantities." "In supposing that each of these 15,000 or 18,000 porpoises consumed one hundred pounds of fish per day, we will have an idea of the enormous quantities that can be destroyed during a whole year, or even during a season."	Bernier, 1920, p. 37
1920	North Shore, Gulf Division	Cod Fishery failed. "Considerable losses" said to be due to migrations of thousands of "porpoises". Extermination program discussed.	Bernier, 1921, p. 44
1934	Tadoussac	Belugas are considered "destructive to salmon." However, author gives opinion that these whales swim too slowly to prey on salmon regularly.	Howell, 1935

as they called them) good to eat (Cartier, 1863, p. 12).

It is unclear to what extent belugas were exploited by French visitors or colonists during the sixteenth and seventeenth centuries; we found no definite evidence of an extensive commercial fishery prior to 1698. French Basques, operating out of Cape Breton Island and probably western Newfoundland, carried on a cod fishery and traded with the aborigines in the St. Lawrence after 1580; it has been suggested that they also prosecuted a beluga fishery there during the late sixteenth century (Quinn, 1979, p. 56). Since the Basques definitely hunted large whales in the area of the Saguenay confluence (e.g. Quinn, 1979, p. 409), it seems very likely that they also took belugas.

One French visitor in 1623 stated explicitly that the beluga, though abundant between Tadoussac and Québec, was considered "of no value except to extract the oil," and "the amusement of fishing for it is not practised" (Sagard, 1939, p. 48). Another seventeenth century visitor was struck by the large number of belugas upriver from Tadoussac: "if they could be caught, oil could be made" (Boucher, 1883 [1664], p. 44). Boucher reckoned a barrel of oil could be produced from a single white whale, but he based this estimate on "experience with some found aground" rather than on experience with animals caught in an active fishery. Le Jeune (1636 in Thwaites, 1897b, p. 169) stated that "effort will be made this year... to take Porpoises, or white Whales, which pass in numberless shoals before Kebec. For a long time we have seen them swimming before our eyes, and yet more urgent affairs have thus far retarded this enterprise."

A concession for white whale fishing in the lower St. Lawrence was made during the 1660's, and another in 1676 for the area from Anticosti Island to Montréal, but there is no evidence that a significant catch was made (Fauteux, 1927, p. 502, 505; Thwaites, 1899a, p. 175). For some time, the French colonists seem to have anticipated the rewards of a white whale fishery without making an organized effort to establish one (Thwaites, 1899b, p. 241). By the beginning of the eighteenth century, however, belugas were "frequently taken before Quebec" (La Hontan, 1735, p. 244).

EIGHTEENTH-CENTURY FISHERIES

Virtually all the information we found concerning beluga exploitation during the eighteenth century pertains to tidally-activated or tidally-facilitated entrapment. It may be reasonable to assume that some openwater chasing and harpooning occurred, but such efforts were not mentioned in

the literature and archival documents we examined.

The development of entrapment methods is for the most part undocumented, and there is some disagreement about how and why French colonists began capturing belugas by entrapment in nets or weirs. Mailloux (1879, p. 34) accepted the oral tradition on Île aux Coudres that Indians were using weirs to catch belugas at the time of European discovery and settlement. Thus, in his view, the settlers simply adopted an existing aboriginal technology. Mailloux also believed that the priests of the Séminaire de Québec who inhabited the island as early as 1686 constructed beluga weirs occasionally, following the Indians' example.

Other authors (e.g. Casgrain in Mailloux, 1879, p. 35 footnote; Potvin, 1929, p. 67) argued that the failure of early French visitors to mention explicitly the use of weirs by Indians is evidence that there was none. Casgrain (1880, p. 134; 1873, p. 192) stated that fishermen on the South Shore, between Kamouraska and Rivière-Ouelle, caught a few belugas incidentally in their herring nets during the late seventeenth century and that this gave rise to the idea of using net enclosures to catch whales directly. Some belugas certainly had been captured by the French colonists before 1700 (e.g. Roy, 1918, p. 236-237), but it is not clear that a regular fishery had yet been established.

The first well documented weir fishery for belugas was established by the French at Kamouraska in 1701 (Casgrain, 1880, p. 135-136; Roy, 1918, p. 238; Fauteux, 1927, p. 511-523). It involved the use of lines and nets in a configuration and with a technique described by Casgrain (1880, p. 136-139) and Roy (1918, p. 238). Apparently a small whale (*petite baleine*) broke through the netting and destroyed this trap, causing a financial hardship for the owners. The pioneering efforts on the South Shore during the first decade of the century were not consistently successful (e.g. Charlevoix, 1766, p. 112; Rochemonteix, 1904, p. 28), and only with substantial subsidies from the Crown were the entrepreneurs able to persist in their efforts (Roy, 1926, p. 709-711). Intricate and often self-defeating arrangements were made for allocating fishing rights and distributing responsibilities and proceeds (e.g. Arch. nat. CIIA, vol. 43, fo. 267, 1721 *et seq.*; Casgrain, 1873; Roy, 1906, p. 98-100; Hudon, 1972, p. 108-121). Hostile interactions with the Iroquois and the English sometimes drained the energies and resources of the seigneurs (Casgrain, 1880, p. 187-188).

We have data on the catches for some years. In 1702 de Vitre caught at least 250 belugas at

TABLE III

Information on belugas — called white whales, white porpoises, or porpoises — from Hudson's Bay Company post journals.
Source: Hudson's Bay Company Archives, Winnipeg, Manitoba.¹ (Note: Seven Islands = Sept-Îles.)

<i>Date</i>	<i>Post</i>	<i>Statement</i>	<i>Archival Code</i>
24 July 1896	Mingan	"One of the Indians shot a white porpoise in the harbour... a young calf, the old one has been seen about."	B. 132/a/7, Fo. 171d
31 July 1928	Seven Islands	"Still the white whales have not been seen for over a month."	B. 344/a/7, Fo. 4d
22 May 1929	Seven Islands	100 bags of salt delivered to post, "to be used for the porpoise fisheries at Moisie."	B. 344/a/7, Fo. 24d
27 May 1929	Bersimis	"Mr. George Morreau from Bay Laval, was in to-day, he suggested to Mr. Gaudet to have a Porpoise fishery at his place, which is said very good."	B. 17/a/15, Fo. 38
30 May 1929	Seven Islands	Much heavy freight delivered, "including tanks, grapnels & drums of gasoline... for the Moisie porpoise fisheries."	B. 344/a/7, Fo. 25
4 July 1929	Seven Islands	"We have received two porpoise nets from Moisie for shipment to Mingan."	B. 344/a/7, Fo. 30
7 July 1929	Seven Islands	"A few white porpoises" seen at Moisie.	B. 344/a/7, Fo. 30d
16 July 1929	Seven Islands	"As yet there have been no porpoise caught at Moisie."	B. 344/a/7, Fo. 31
19 July 1929	Seven Islands	"The first two [white] whales were caught to-day one in each of the nets."	B. 344/a/7, Fo. 31d
23 July 1929	Seven Islands	"The two [white] whales caught have yielded 70 galls. [318 L] of oil. The grinding apparatus is not yet working satisfactorily however."	B. 344/a/7, Fo. 32
23 July 1929	Bersimis	"A large school of porpoises were seen in the river-mouth."	B. 17/a/15, Fo. 47d
25 July 1932	Mingan Fur Farm	"A school of white porpoise came into the harbour... and we went out to try and get one for the foxes, but were unsuccessful."	B. 497/a/4, Fo. 16
26 July 1932	Mingan Fur Farm	"The porpoises were in the harbour again today, and some villagers succeeded in getting one. We bought the meat for fox-feed."	B. 497/a/4, Fo. 16
16 June 1933	Natashquan	"There is no cod yet — small sign of bait; many white whales around."	B. 140/a/5, Fo. 2
10 July 1933	Natashquan	"The Bay is full of white whales, and the bait is getting scarce."	B. 140/a/5, Fo. 5
11 July 1933	Natashquan	"The fishing today was small it seems that the white whales drove the fish away."	B. 140/a/5, Fo. 5
20 July 1933	Natashquan	"...plenty of bait but no cod. There is a lot of white whales around."	B. 140/a/5, Fo. 6
28 May 1934	Seven Islands	"Plenty of porpoise were seen in the bay. Fishermen fear that the salmon fishing will be poor on account of this."	B. 344/a/9, Fo. 61
2 July 1934	Bersimis	"Theophile Jean said... that porpoise hunting is only beginning. He hopes to make a shipment at end of week or beginning of next."	B. 17/a/18, Fo. 6

TABLE III (continued)

<i>Date</i>	<i>Post</i>	<i>Statement</i>	<i>Archival Code</i>
22 Sept. 1934	Bersimis	T. Jean questioned concerning "what allowance he is prepared to make for the wormy porpoise hides shipped."	B. 17/a/18, Fo. 19
4 July 1935	Seven Islands	"Schools of porpoises were seen in the Bay today, they, the porpoises, were one of the reasons for the poor salmon season."	B. 344/a/11, Fo. 7
3 July 1936	Bersimis	"Several porpoises were seen in the bay, but I could not persuade anyone to go and try to shoot a few."	B. 17/a/20, Fo. 5
22 Aug. 1936	Bersimis	E. Morreau of Escoumins "going down to Pointe Lebel for porpoise fishing and will sell us his hides and oil."	B. 17/a/20, Fo. 18
11 Sept. 1936	Bersimis	"We shipped ten empty drums to Pointe Lebel to be filled with porpoise oil."	B. 17/a/20, Fo. 23
4 Oct. 1936	Bersimis	J. Morreau came to post with "18 drums of porpoise oil, 2 barrels of hides and 18 sealskins, all of which I purchased from him." Oil considered "of good quality, also the hides."	B. 17/a/20, Fo. 26
20 July 1937	Natashquan	"No fish, lots of porpoises."	B. 140/a/9, Fo. 13
30 July 1937	Seven Islands	"Poor" salmon season "due probably to porpoise (marsouin) and disturbing of beds by gasoline boats, with emphasis on the former according to supposition of local inhabitants."	B. 344/a/12, Fo. 4
4 August 1937	Natashquan	"...now the white 'porpoises' have chased away all fish such as cod & caplin to the extent that although different boats have been out we have not been able to procure a single fresh fish for eating for the last three weeks".	B. 140/a/9, Fo. 17
15 August 1937	Bersimis	"Jos. Moreau arrived from Pte. Lebel with sealskins, porpoise oil & hides which I purchased..., as he is on his way to Les Escoumains."	B. 17/a/21, Fo. 7
20 August 1937	Bersimis	Shipped porpoise oil and hides on schooner "Sept Isles Trader".	B. 17/a/21, Fo. 8
21 August 1937	Bersimis	"A boat arrived this morning with porpoise oil & hides and sealskins to sell. I went aboard to see them to get ahead of Gagnon, who is also buying. Sure enough, he showed up about half an hour later from the other side of the river where he is loading pulpwood, but the deal was already closed. They had 7 barrels of oil, 150 lb. hides & some large sealskins which we need badly for our trade. They also brought up 7 barrels of oil for Jos. Moreau."	B. 17/a/21, Fo. 9
3 September 1937	Bersimis	Shipped 26 bbls of porpoise oil & hides to Montreal on "Sept Isles Trader."	B. 17/a/21, Fo. 12
4 September 1937	Bersimis	"...the Manicouagan returned and unloaded ten drums of porpoise oil and two barrels of hides for us."	B. 17/a/21, Fo. 12
16 September 1937	Bersimis	Vessel "V.J." came to unload lumber "and took some oil drums for us to Pointe Lebel."	B. 17/a/21, Fo. 14

25 September 1937	Bersimis	The "Manicouagan" arrived "bringing us a load of porpoise oil from Pointe Lebel."	B. 17/a/21, Fo. 17
2 October 1937	Bersimis	The "Manicouagan" arrived again "with a load of oil & hides from Pointe Lebel for us."	B. 17/a/21, Fo. 19
8 October 1937	Bersimis	"Jos. Moreau arrived from Pointe Lebel having finished his porpoise fishery, and settled up his returns and his account. With the bounty of \$15.00 each for the 84 porpoise he has killed this summer, he will have made about \$2600 in all, of which half in the past month."	B. 17/a/21, Fo. 20
11 October 1937	Bersimis	"Hector Morneau & Felix Girard arrived from Pointe Lebel and we settled for their oil, they paid their accounts and bought a quantity of provisions etc. I was obliged to refuse the porpoise hides they had to offer."	B. 17/a/21, Fo. 20
24 October 1937	Bersimis	"Shipped 92 Drums Porpoise Oil" on "Sept Isles Trader." On "Manicouagan" shipped "7 Bbis. Porpoise hides" to Hector R_____.	B. 17/a/21, Fo. 23
9 October 1939	Bersimis	"...marking oil drums for shipment to Pointe Lebel for Porpoise Oil."	B. 17/a/23, Fo. 47
28 October 1939	Bersimis	"We shipped 15 drums of Porpoise Oil by the NBT to Montreal."	B. 17/a/23, Fo. 52
29 November 1939	Bersimis	"We shipped Porpoise Oil to-day by the Rimouski."	B. 17/a/23, Fo. 60
16 June 1940	Seven Islands	"Quite a few porpoises could be seen in the bay."	B. 344/a/15, Fo. 3

¹ Coverage included: Chicoutimi (1 journal, 1875-1876), Tadoussac (1, 1846-1847), Bersimis (3, 1865-1894; 14, 1923-1940), Baie Comeau (1, 1937-1938), Seven Islands (1, 1849-1857; 14, 1923-1941), Mingan (3, 1834-1860; 7, 1874-1924), Mingan Fur Farm (8, 1929-1937), Romaine (2, 1888-1909; 3, 1923-1933), Natashquan (1, 1876-1877; 10, 1928-1939), Musquarro (1, 1883-1891), Mutton Bay (7, 1931-1939), and Blanc Sablon (3, 1932-1935), as well as 27 annual Fur Trade Reports and two boxes of unclassified documents.

TABLE IV

Data on the white whale fishery at Île aux Coudres, from a collection of "almanacs" or diaries covering the years 1911-12, 1914, 1917-33, and 1936, kept by Helen Fournier (1868-1950).¹

Year	Month/Day	Number of "marsouins" caught	Comments		
1917	April 20		<i>La pêche "se tend".</i>		
	May 19-29	1			
	30	3			
	31	2			
	August 22	3			
	September 30	1			
	October 3	4		<i>2 blancs, 2 bleus; "grand mer".</i>	
	4	1			<i>Blanc.</i>
	5	2			<i>1 blanc, 1 bleu.</i>
				17 Total	
1919	April 30		<i>"Pêche à marsouins."</i>		
1922	April 13		<i>"Tendre" la pêche.</i>		
	May 7	5	<i>2 blancs, 3 bleus.</i>		
	August 4	1			
		6 Total			
1923	May 17	2	454 kg [1,000 lb.] each		
	22	36			
	28	83			
		121 Total	<i>"121 marsouins de pris en tout."</i>		
1924	May 2		<i>La pêche "commence".</i>		
	19	1		<i>Blanc.</i>	
	20	6		<i>5 bleus.</i>	
	28	2			
	29	11			
				20 Total	
	June 5	4		<i>"À la paiche pas de marsouins."</i>	
	6	2			
	7	6			
	13				
	15	1			
	16	6			
	18	15			<i>12 "de jour", 3 "dans la nuit".</i>
	19	6			
	21	15			
22	2	[80 total for season.]			
26	3				
		60 Total			
1925	April 20		<i>La pêche "a tend."</i>		

¹ These almanacs are now the property of Thomas Tremblay of Île aux Coudres, who generously allowed us to examine the documents (on 4 May 1982) and to publish these data.

Kamouraska (Roy, 1918, p. 240), and in 1707 Peire and Hazeur took enough whales to produce 100 barrels of oil (Hudon, 1972, p. 67). Simmonds (1877, p. 396), without stating his source, claimed 800 belugas were caught in the St. Lawrence by a single company in 1710. We are skeptical of

this unsubstantiated record, but since a catch of 23 whales at Kamouraska in 1716 was deemed "a decided failure" (Chambers, 1912, p. 57), we assume by inference that there were substantially greater catches in the immediately preceding years.

TABLE V
Data on white whale catches at Rivière-Ouelle*.

Year	Number caught	Oil production, L (mean yield in parentheses) ¹ [oil production in gallons, as reported, in brackets]	Comments
1879	200		
1880	55		
1881	7		
1882	3		
1883	13		
1884	82		
1885	28	6,937(248) [1,526]	
1886	52	14,847(286) [3,266]	Oil sold for \$2,085.49.
1887	9	2,068(230) [455]	
1888	10		
1889	23		
1890	51	10,369(203) [2,281]	
1891	11	3,109(283) [684]	
1892	97	11,447(118) [2,518] or 20,539(212) [4,518]	15,943 L [3,507 gals] (= 89 bbls.) sold on 30 Dec. 1892.
1893	96	19,525(203) [4,295]	20 March: 18; 21 March: 21; 22 March: 33; ? :24.
1894	13	1486(114) [327]	Including a small one. Market "so dull and quiet... that it is almost impossible to sell Porpoise Oil at all" (Letter from J.S.Mayo to C.A.E. Gagnon, 10 May 1894).
1895	5	668(134) [147]	
1896	63	1,727-1,764 [380-8]minimum	
1897	59	2,064 [454]minimum	Two live, apparently sold to P.T. Barnum.
1898	239		
1899	—		
1900	24		
1901-1922		No record	
1923			J. Lizotte offered 7,490L [35 bbls.] ² "porpoise" oil for sale to Munn & Co., Montréal.
1924-1925		No record	
1926			J. Lizotte sold \$634.69 worth of "por- poise" oil and 1,063 kg[2,343 lb.] of skins (worth \$234.30) to Stewart Munn & Co., Montréal.
1927-1928		No record	
1929	129	49,434(383?) [231 bbls.] ²	Sold for \$4,243.30.

* Sources: 1879-1900 from *Registres de la Compagnie de la pêche aux marsouins de la Rivière-Ouelle* and 1923-1929 from other documents in the private collection of Geo.-Henri Lizotte (copies provided to authors by R. Martin, *in litt.*, 14 April 1982).

¹ Quantities were generally reported in [imperial] gallons, which have been converted here to litres, 1 imperial gallon = 4.546 litres.

² Barrels used by the Rivière-Ouelle fishermen contained 45-49 imperial gallons, according to unpublished data in the Lizotte collection. Entries reported in barrels were converted to litres by: 1 barrel = 47 imperial gallons = 214 litres.

Some time during the early 1700's entrapment technology shifted from reliance on nets and lines to the use of stakes or poles (*perches* or *orts*) alone (Roy, 1906, p. 99; Fauteux, 1927, p. 531; Moussette, 1979). This reduced the expenses involved in setting up a fishery — as long as adequate timber was available. At Île aux Coudres a shortage of trees for making stakes eventually became a limiting factor. By the last quarter of the nineteenth century the fishermen there needed to import poles from the North Shore at considerable expense (Mailloux, 1879, p. 39).

The weirs were effective only where belugas came onto tidal flats (*battures*) during the rising tide, usually in pursuit of fish. Once they entered the weir (Fig. 4), the whales were discouraged from escaping by a combination of currents and an acoustic screen formed by vibrations of the stakes. In most situations the weir worked best during the spring tides, when the trap was sufficiently drained by the ebb tide to make the whales easy to lance and secure before the flow tide returned to facilitate their escape. For more details on weir fishing methods, see Bouchette (1832), Rae (1868), Casgrain (1873, p. 200-210), Wrong (1908, p. 279-285), Vladykov (1944, p. 31-35), Brault *et al.* (1964), Perrault *et al.* (1968), and Perrault (1977).

The first concession for a beluga fishery was granted to commoners in 1707 (Casgrain, 1873, p. 192-193), and the proliferation of weir fisheries (Fig. 5) reached a distinct peak during the period

1710 to 1721 (Hudon, 1972, p. 67). Several valuable documents have survived which testify to the sudden popularity of the *pêche aux marsouins* (beluga weir fishery). In 1721 there were eight active weirs on the North Shore between Cap Maillard and Tadoussac; six on the South Shore between Cap Martin (in Baie de Sainte-Anne) and Île Verte (Arch. nat., CIIA, vol. 44, fo. 94, 1721-1722; Caron, 1916, p. 69; Fauteux, 1927, p. 534-536). The total catch reported for this year was 182 whales, of which 160 were taken in Baie-Saint-Paul. Another four North Shore weirs and three South Shore weirs were expected to be added the following year. Only four belugas supposedly were taken in 1723, demonstrating to those who expected to make a fortune in the fishery that profits would be much less certain than they had come to believe (Fauteux, 1927, p. 536-537). In 1724 only 17 belugas were taken in four active weirs on the North Shore, and 46 in 13 active weirs on the South Shore (Arch. nat., CIIA, vol. 46, fo. 269, 1724). Two years later 82 belugas were taken in the 10 active weirs on the North Shore, but the season was almost a complete failure on the South Shore (Arch. nat., CIIA, vol. 48, fo. 447, 1726; Fauteux, 1927, p. 537). Fires set along shore by farmers were blamed for driving small fish, and in turn the predatory belugas, away from the intertidal zone (also see Arch. nat., CIIA, vol. 36, fo. 27, 1716).

The fishery continued to be successful through the 1720's — about 80 whales were caught in 1728, with at least six weirs still active (Arch. nat., CIIA, vol. 50, fo. 155) (Fig. 6). However, during the 1730's there was a marked decline in the catch, and the discouraged fishermen maintained fewer weirs (Arch. nat., CIIA, vol. 57, fo. 5, 1732; vol. 63, fo. 74, 1735; vol. 65, fo. 28, 1736; vol. 67, fo. 110, 1737). Someone at Rivière-Ouelle tried to catch belugas with a seine ("seyne") but was not successful enough to justify the expenses associated with this method of fishing (Arch. nat., CIIA, vol. 65, fo. 28, 1736).

By the late 1730's the colonists' high expectations for their *pêche aux marsouins* seem to have vanished. During the 1740's correspondence among colonial officials continued to refer to the seal fishery, but mention of the beluga fishery became almost nonexistent. There was still an active fishery at Île Verte in 1741 (Fauteux, 1927, p. 537), at La Pocatière in 1746, at Petite-Rivière (Baie-Saint-Paul) in 1749 (Kalm, 1771, p. 222-223), and at Pointe au Pic (La Malbaie) in 1800 (Wrong, 1908, p. 105), but only Rivière-Ouelle and Île aux Coudres were destined to continue finding this fishery a consistently profitable enterprise. "*L'industrie ne devait plus revêtir l'importance qu'elle avait connue en 1721 et pendant*

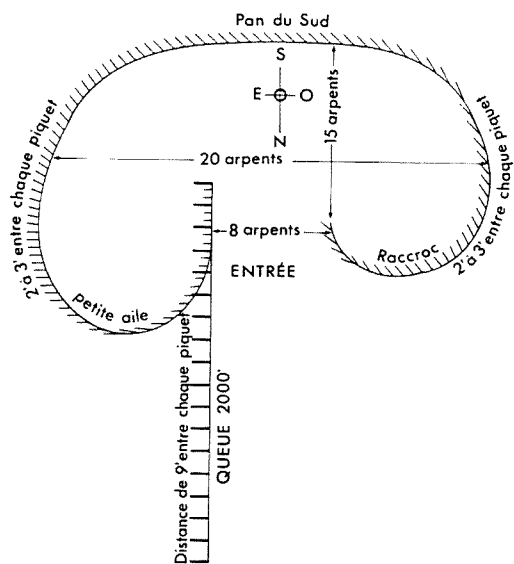


Figure 4. Sketch of a white whale weir at Île aux Coudres, pre-1940. (Adapted by G. Ferrand from Vladykov, 1944, Fig. 12).

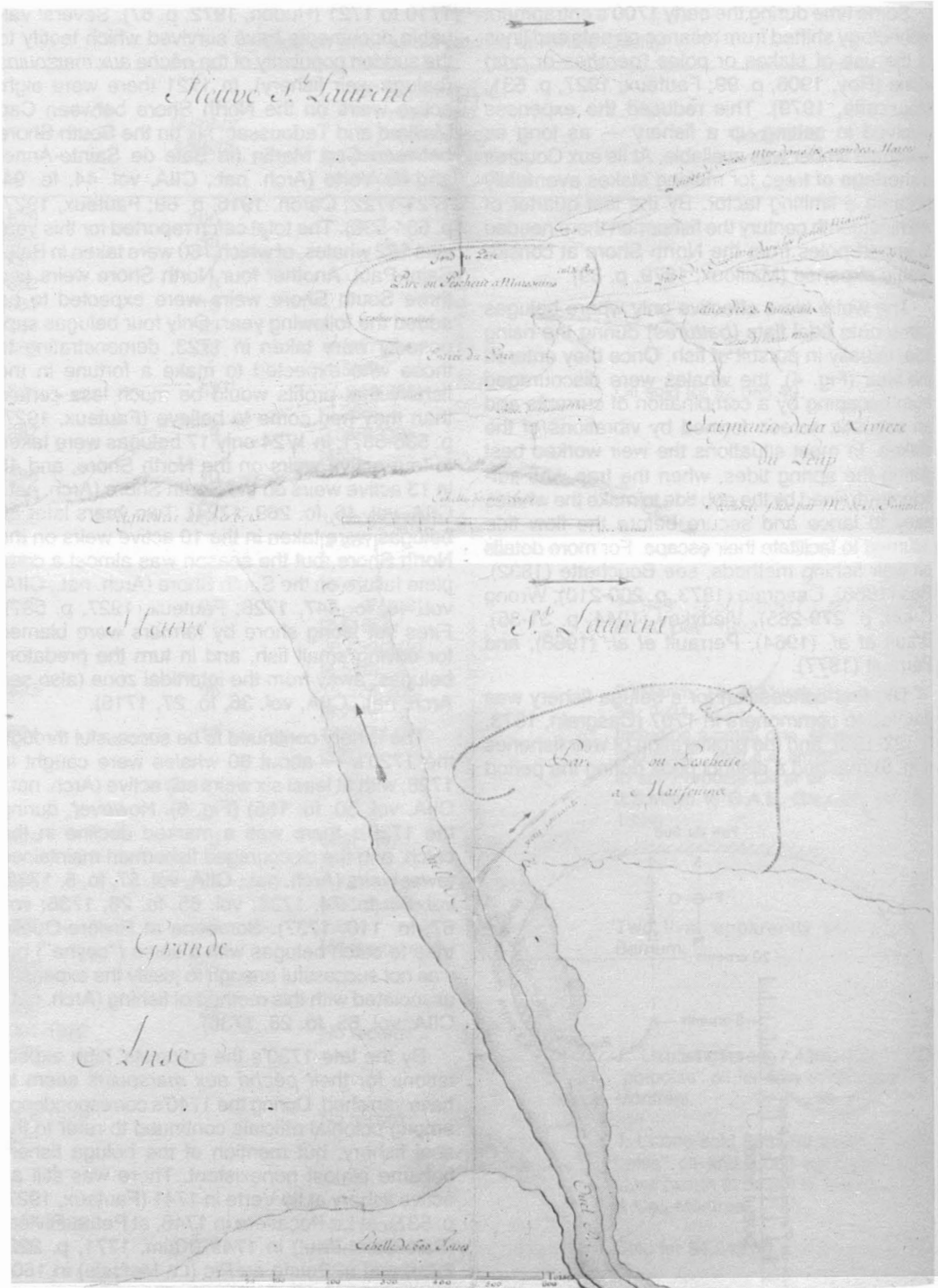
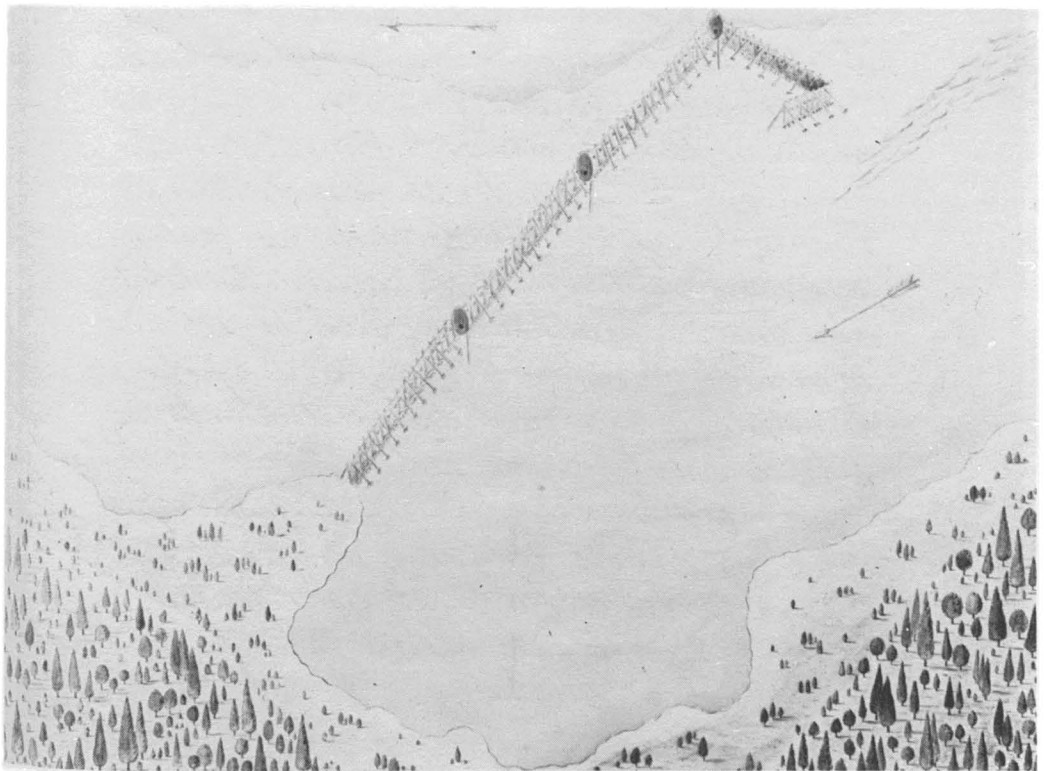
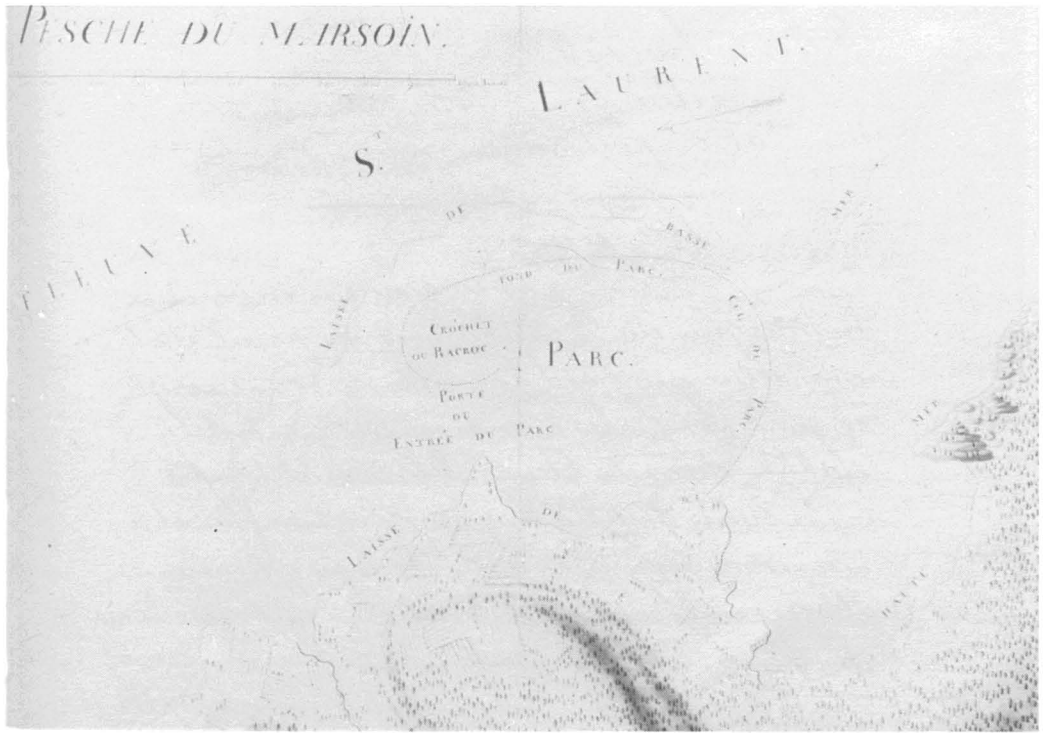


Figure 5. Plans for constructing and deploying traps to catch white whales along the South Shore of the St. Lawrence during the eighteenth century. Up. *Parc ou Pescherie à Marsouins. Seigneurie de la Rivière-du-Loup*, (NC 82-5-10); Bottom. *Parc ou Pescherie à Marsouins. Grande Anse*, (NC 82-5-11); Upper right. *Pesche du Marsoin*, (NC 82-5-14); Lower right. *Détails de barrages pour pesches à marsouins*, (NC 82-5-16). (Reproduced courtesy of Archives nationales du Québec).



8. Novembre, 1728.
 Lettre de M^r Peire, transmettant
 un état des pêches de marsouins.

Monsieur,

J'ai remis à Monsieur
 le Marquis de Beauharnois un pareil état
 que celui que j'ai l'honneur de vous envoyer
 cy joint, des pêches à marsouins qui ont été
 établies dans le fleuve St. Laurent par les
 seurs Sieurs de Béthé, Waquer, Peire, mon frère et
 moi, en conséquence des privilèges qui nous a
 été accordé et depuis continué entre Monsieur
 de Boishébert et moy.

Si je n'aurais pas été absent jusqu'à pré-
 sent, j'aurais fait faire les plans de ces pêches,
 que Votre Grandeur a demandés à Monsieur
 le Marquis de Beauharnois, puis que Monsieur
 Dupuy me vous a pas envoyé ceux que je lui
 ai donné l'année dernière. J'aurai l'honneur
 Monsieur, de vous les envoyer l'année pro-
 chaine. Je supplie Votre Grandeur de vouloir
 bien nous continuer, à Monsieur de Boishébert
 et à moy, la gratification que Sa Majesté nous
 a accordé; nous ne négligerons rien pour
 la mériter et nous travaillerons de notre mieux
 à l'augmentation de ces pêches.

J'ai l'honneur d'être avec un très profond respect,
 de Votre Grandeur, Monsieur,
 Le très humble et très obéissant serviteur.
 Signé: Peire. —
 à Québec, le 8. Novembre, 1728.

État

Figure 6. Letter from M. Peire, dated 8 November 1728, summarizing the state of the beluga weir fisheries in the St. Lawrence. Old but legible, well-preserved archival documents like this one provide detailed

1728. - Etat des pêches de morue dans
le fleuve St. Laurent et de leur nécessité.

Savoir:

Coste du Nord -

La pêche de l'île aux Coudres qui
n'a pas eu toute la réussite qu'on en espérait
cependant il a été pris quinze morueaux.

La pêche des bouleaux qui ne
fait son effet que l'automne, l'année dernière,
il y en a été pris vingt deux; elle a commencé
à bien faire cette année et il y en a déjà été pris
treute.

La pêche de la petite rivière de la Baie
St. Paul, qui est aussi tardive, donne espérance,
en ayant déjà pris quelques uns, contre l'ordi-
naire.

Coste du Sud.

La grande pêche de Lamouraska
a été lente, à l'ordinaire l'on comptait beau-
coup, cependant il n'en a été pris jusqu'à
présent que douze; si le hareng revit l'on espère
qu'elle réussira.

Celle de la rivière Quelle, qui pour
l'ordinaire est la plus abondante, a manqué
et n'en a été pris que dix huit.

Celle de la Pointe aux Croquois n'a rien
produit cette année. Celle de la Pointe aux Cro-
quois n'a aussi rien produit, ceux qui ont
soin de cette pêche sont surpris et ne peuvent
comprendre d'où procède qu'ils en ont si peu pris
ces animaux paraissent toujours aussi abondants
qu'à l'ordinaire, l'on ne se rebute point au con-
traire, l'on augmente ces pêches à l'envie l'un de l'autre.

les années suivantes" (Fauteux, 1927, p. 537-538). Even at Rivière-Ouelle the beluga fishermen struggled. In 1752 they accused local farmers of driving the whales away by firing their guns and pasturing their livestock along the shore (Casgrain, 1873, p. 195-196). The Seven Years War (1756-1763) between France and Great Britain probably interrupted some of the fishery activity as well as the flow of information concerning catches. It is noteworthy that "porpoise oil" remained "the most important product" in the local economy of La Malbaie as late as 1800 (Wrong, 1908, p. 104).

Since we have only sporadic data on eighteenth century fishing activity and catches, we have not tried to estimate the cumulative kill for any part of the 1700's. However, data in Table VI show a minimum reported catch of 1,105 belugas (assuming a yield of one barrel of oil per whale) through 1800. This is certainly an underestimate; we believe many times this number were taken during the eighteenth century.

NINETEENTH-CENTURY WEIR FISHERIES

The weir fisheries at Île aux Coudres and Rivière-Ouelle continued through most of the nineteenth century, apparently without any major interruptions. At Île aux Coudres, where a catch of 20 whales was considered profitable late in the century, some whales were live-captured and sold to oceanariums (Mather, 1899). Three consignments, totaling six live belugas, were shipped to New York for display in 1861/1862 (Barnum *in* Lee, 1878, p. 8; Wyman, 1863), and this live-capture trade apparently continued into the early twentieth century (True, 1909; and see Reeves & Katona, 1980, p. 241). There are general statements suggesting that early in the century "porpoise" fisheries also existed at Baie-Saint-Paul, La Malbaie, Tadoussac, Mille-Vaches, Mingan, and perhaps elsewhere on the North Shore (Chambers, 1912, p. 123-126; also see Heriot, 1813, p. 61-62, 65). An attempt by two Englishmen to establish their own fishery at Rivière-Ouelle between 1798 and 1804 failed (Casgrain, 1873, p. 196). A weir was said to be constructed "every spring" at Kamouraska as of 1813 (Heriot, 1813, p. 69-70), and there certainly was at least sporadic weir fishing at Kamouraska and Sainte-Anne-de-la-Pocatière through much of the century (Ouellet, 1973, p. 204-205, 211). Aside from occasional notes on activity generally and catch data for a few seasons at Île aux Coudres (e.g. 1802, 1834, 1852) and Rivière-Ouelle (e.g. 1857-1858), we have little information on catch levels prior to 1866, when Canada's Department of Fisheries began publishing inspector reports and statistical tables for St. Lawrence fisheries (see below). Reference

to "as many as 300... taken in a morning" (Hall, 1818, p. 96-97), 101 in a single tide (Casgrain, 1873, p. 205), and 1,800 in one season (Casgrain, 1873, p. 205) — all pertaining to Rivière-Ouelle — and 320 in a single tide (Mailloux, 1879, p. 37) and more than 100 in a season (Casgrain, 1912, p. 23) — both at Île aux Coudres — suggest catches at these localities were consistently higher than those at any other site (except, perhaps, La Malbaie — see Table VI and Wrong, 1908). We share Martin's (1973, p. 4) skepticism about Casgrain's (1873, p. 205) single-season record of 1,800. We found no corroborative evidence for such a high catch, and Casgrain's account gives no date for it or details concerning it. Although his short monograph on the *pêche aux marsouins* has been widely quoted and paraphrased, it is written in a popular fashion without citing sources. Therefore, we are unable to evaluate the authenticity of his questionable statements.

In 1870 *La société de la pêche [aux marsouins]* at Rivière-Ouelle was formally incorporated by an act of the Québec legislature (Casgrain, 1873, p. 199; Lavoie, 1922, p. 151; Hudon, 1972, p. 427).

OTHER NINETEENTH AND EARLY TWENTIETH CENTURY FISHERIES

In an unknown year, probably between 1850 and 1870, about 50 belugas were said to have been taken by harpooning between Rivière-Ouelle and Rimouski (Faribault, *n.d.*). This clearly was, given the context, in addition to catches made in the South Shore weirs that year.

A boat fishery for "porpoises" was started on the North Shore near Godbout in 1882 (Wakeham, 1883, p. 81; Wakeham, 1884, p. 102). Five boats were involved in 1883, taking a total of 30 porpoises, some of which may have been harbor porpoises (cf. Wakeham, 1888, p. 191-192). We do not know details about the nature of this North Shore boat fishery but assume it involved harpooning and shooting.

The existence of a sailboat and canoe fishery upriver from Tadoussac is well documented by Andrews (1916, p. 268-277), who had first-hand experience with it. In June 1909 he joined hunters who hunted for three days near Île aux Pommes. They shot the whales with a shotgun, then attempted to harpoon them. Andrews mentioned the capture of five whales; a sixth was shot but not recovered. This fishery was undoubtedly active for some years before and after 1909.

Vladykov (1944, p. 29-31) described this same fishery as it was practised in 1939. His informant, a resident of Escoumins, had been hunting in this

TABLE VI

Information on weir fishing for white whales in the St. Lawrence prior to 1859. Note that, because of uncertainty about the size of barrels used to pack oil in different areas and at different times, we have not attempted to convert figures to metric units.

Year	Locality ¹	Fishery active ²	Catch	Other	Source ³
1698-1701	KA, ICor	×			Casgrain, 1880, p. 136; Chambers, 1912, p. 56; Lavoie, 1922, p. 149
1705	RO	×			Anonymous, 1856, p. 419; Casgrain, 1873, p. 192; Fauteux, 1927, p. 517
1706	RO, KA	×		Bad year.	Fauteux, 1927, p. 516; Hudon, 1972, p. 66
1707	RO	×		July. First concession to commoners.	Anonymous, 1856, p. 419; Casgrain, 1873, p. 192-3; Simmonds, 1877, p. 396; Fauteux, 1927, p. 517; Lavoie, 1922, p. 149-51
	KA	×		By 9 Sept. a net loss of 61,116 Francs.	Anonymous, 1856, p. 419; Casgrain, 1873, p. 192-3; Simmonds, 1877, p. 396; Fauteux, 1927, p. 517; Lavoie, 1922, p. 149-51
	SL	8			
1707	RO		100 bbls. oil		Hudon, 1972, p. 67
	SL			Beluga oil worth 55 livres/ bbl.	Hudon, 1972, p. 122
1709	PI	×			Anonymous, 1856, p. 428
1714	PI	×			Chambers, 1912, p. 57
1715	RO, PI	×			Hudon, 1972, p. 118
1716	RC	×			Chambers, 1912, p. 57
1716	SD	×			Chambers, 1912, p. 57
1716	SL		23 "porpoises"; 14 bbls. oil.	"...a decided failure."	Chambers, 1912, p. 57; Hudon, 1972, p. 118, 121
1716	CM	×			Hudon, 1972, p. 118
1717	SS	×	12 bbls. oil.	Inadequate to pay expenses.	Chambers, 1912, p. 57; ANQ, Corresp. Gén., CIIA, Vol. 38, Fo. 27, 1717
1701-1716	SS	Ca 12			Potvin, 1929, p. 67
1721	RO	×		18 March concession to Boishébert.	Casgrain, 1880, p. 187-8
1721	SL			Beluga oil worth 100 livres/ bbl.	Hudon, 1972, p. 122
1721	NS	7	160 whales; 120 bbls. oil.	Shortage of bbls. caused some loss of oil.	ANQ, Corresp. Gén., CIIA, Vol. 44, Fo. 94, 1721-1722
1721	RO, RC	×	22 whales		ANQ, Corresp. Gén., CIIA, Vol. 44, Fo. 94, 1721-1722

1723	SL	15	4 whales		Hudon, 1972, p. 122
1726	Petite-Rivière	1	26 whales; 19-20 bbls.		ANQ, Corresp. Gén., CIIA, Vol. 48, Fo. 448, 1726
	Baie-Saint-Paul	2	16 whales; 12-13 bbls.		"
	NS	3	0		"
	Baie-Saint-Paul	1	4 whales	By Fathers of Sé. de Québec.	"
	NS	1	36 whales; 31 bbls.	Sr. Dartigny.	"
	NS	2	0		"
	SS	×		Failed	"
1727	Les Éboulements	×	22 whales	Autumn.	ANQ, Manuscrits Relatifs à L'Histoire de la Nouvelle-France, 3 ^e Série, Vol. 11, 1728-9, Fo. 2306
1728	Les Éboulements	×	30 whales		"
	Petite-Rivière	×	Some whales		"
	Kamouraska	×	12 whales		"
	IC	×	15 whales	"N'a pas en toute la réussite qu'on en espérait."	"
	RO	×	18 whales	A failure.	"
	PI	×	0	Failed.	"
1732	SL	×	0		Hudon, 1972, p. 122
1736	Saint-Roch	×			Hudon, 1972, p. 123
1736	SA	×			Anonymous, 1855[1736], p. 541-2
1738	SA	×			Anonymous, 1856, p. 365-356; Dionne, 1900, p. 11
1738-1746	SA	×			Anonymous, 1856, p. 365-6
1741	Île-Verte	×			Hudon, 1972, p. 123
1746	SA	×			Hudon, 1972, p. 123
1749	IC	×			ASQ, Manuscrit 435, Fo. 155
1749	Petite-Rivière	×		Sept.-Oct.	Kalm, 1771, Vol. 3, p. 222
1752 ca.	RO	×			Casgrain, 1880, p. 195-6
1758	RO	×			Hudon, 1972, p. 124
	Pointe au Pic	×			Wrong, 1908, p. 281
1763	IC	×			ASQ, Seigneuries 46, Nos. 27F, 27G
1764	IC		105 + bbls. oil by 22 June		ASQ, Polygraphie 26, No. 28; also Seigneuries 46, Nos. 27i and 27j
1766	IC	×	Some		ASQ, Polygraphie 26, No. 22A
1784-1785	Anse aux Orignaux	×			Hudon, 1972, p. 126
1786	RO	×			Hudon, 1972, p. 102
1767	IC	2			ASQ, Seigneuries 46, Nos. 27H and 26E

1768	IC	×		Beluga oil selling for 100 pounds/bbl.	Baillargeon, 1981, p. 211, note 47
1772-1773	IC	×			ASQ, Seigneuries 46, No. 26F
1774	IC	3			ASQ, Seigneuries 46, No. 27A
1775	IC	×			ASQ, Seigneuries 46, Nos. 27D and 27E
1777	IC	×	63+ bbls. oil	Beluga oil selling for almost 120 pounds/bbl.	Baillargeon, 1981, p. 211, note 47; ASQ, Seigneuries 46, No. 27B
1778	IC	3+			ASQ, Seigneuries 46, Nos. 8A, 8B, 26B, 27C
	IC		9,399 pounds worth of oil sold to Lymburner of Québec; at 115 pounds/bbl, this would represent ca 82 bbls.	Beluga oil selling for 115 pounds/bbl.	Baillargeon, 1981, p. 211
1779	IC	4			ASQ, Seigneuries 46, Nos. 26C (lis) and 26e
1785	IC	2			ASQ, Seigneuries 46, No. 26D
1796	La Malbaie (Pointe au Pic)	×	62		Wrong, 1908, p. 105
1798	La Malbaie	×	3+	£ 20 worth of oil and hide sold by one fisherman; average of £ 5 oil and £ 1 hide per whale.	Wrong, 1908, p. 105
1800	La Malbaie	×	"no less than three hundred"		Wrong, 1908, p. 105
1802	IC	×	Ca 200 whales		Mailloux, 1879, p. 37-8
1803	IC	3			ASQ, Seigneuries 46, No. 26A
1806	IC	4			ASQ, Séminaire 7, No. 82; Polygraphie 12, No. 29
1812	RO	×		8 bbls. beluga oil included in an estate.	Hudon, 1972, p. 274
1834	IC	×	6+ before 20 May	More expected.	ASQ, Lettres U, Nos. 65, 67, 68, 69.
1851	IC	1			Mailloux, 1879, p. 38
1852	IC	×	122 whales (large)		Mailloux, 1879, p. 38; ASQ, Lettres U, No. 24
1853	IC	×			ASQ, Seigneuries 46, No. 42e
1857-1858	RO	×	159 whales		Simmonds, 1877, p. 396

¹ Key: SD = Saint-Denis, RC = Rivière-des-Caps, SL = St. Lawrence, CM = Cap Martin, IC = Île aux Coudres, RO = Rivière-Ouelle, SA = Sainte-Anne-de-la-Pocatière, KA = Kamouraska, NS = North Shore, SS = South Shore, ICOR = Île aux Corneilles, PI = Pointe Iroquois.

² Key: X = unspecified number of weirs; number = number of weirs known to have been active.

³ Key: ASQ = Archives du Séminaire de Québec, ANQ = Archives nationales de Québec.

manner for 36 years, i.e. since near the turn of the century. According to Vladykov, this hunter normally harpooned the whales before killing them with a 12-gauge shotgun. The fishery, centered near Île-Verte and Île aux Coudres, had seasonal peaks in spring (late April to May) and fall. Some hunting also occurred in summer, from early June through July (Potvin, *n.d.*, p. 66). Most of the hunters were based between Tadoussac and Godbout. Vladykov's informant caught 57 belugas during his best season (1918), but only 15 per season thereafter. Supposedly one Tadoussac hunter caught "no less than 60" in 1900 (Potvin, *n.d.*, p. 66). By the early 1940's this method of hunting belugas had largely given way to motorboat hunting. Its greatest advantage, according to Vladykov, was that it allowed the whales to be approached, killed, and secured in deep water.

The motorboat fishery on Manicouagan Bank did not begin until 1926 (Vladykov, 1944, p. 25-28). Powerboats of varying size and configuration were used to chase belugas. They were shot with shotguns or rifles first, then harpooned to facilitate retrieval. Although he made no estimate of the loss rate, Vladykov implied that it was significant, noting that only very fat individuals floated after death. During the season May to October, the landed catch averaged 2-3 whales per boat per day (Scharrer, 1938), with 10 whales apparently considered a maximum one-day catch for a single vessel manned by two men (Vladykov, 1944). One hunter based at Pointe Lebel killed 84 belugas in the summer of 1937 (see Table III). The catch in this fishery consisted of more males than females, supposedly because of behavioral differences making males easier to capture (see "Catch composition" below).

Although we found no statistics referring to white whales caught experimentally in the St. Lawrence by the use of Norwegian harpoon-guns, some attempts apparently were made during the early 1930's. "Experiments in killing porpoises [presumably belugas] with the harpoon-gun will be conducted in the Gulf of St. Lawrence this summer [1932]" (Anonymous, 1932a). Sandvik Canadian Ltd. of Montréal was responsible for importing the harpoon-guns, but it is unclear what party or parties might have handled the weapons on the hunting grounds.

The use of nets for trapping white whales was revived several times during the nineteenth and early twentieth centuries. Perhaps the best known attempt was made at Rivière-Ouelle by David Têtu during the 1860's. Têtu's father, Charles, had been acclaimed in Canada for inventing a new process for tanning white whale hides (Faribault, *n.d.*; *Whalemen's Shipping List and Mer-*

chants' Transcript, New Bedford, Mass., vol. 18, no. 7, 24 April 1860; *The Corrector*, Sag Harbor, Long Island, vol. 38, no. 49, 28 April 1860; Casgrain, 1873; Hudon, 1972, p. 320). "Porpoise leather" already had a reputation in Europe long before Têtu's time (e.g. Charlevoix, 1744, p. 217; Pennant, 1784, p. 182), and it was being used in Canada for making harness traces and mailbags (Perley in Chambers, 1912, p. 147; Bonin & Vladykov, 1940). According to Faribault's description, D. Têtu's new net was made of thick rope, with 38-cm (15-inch) mesh. It was anchored by iron chain, and the top was woven with leather. The net was sunk until the whales passed over it, then raised to block their escape to open water. Comeau (1954, p. 30) described Têtu's attempt to net belugas at Pointe à la Carriole in the early 1860's; only two were caught during the first week. One day at Pointe aux Orignaux (between Kamouraska and Rivière-Ouelle; Fig. 2) so many whales were trapped by this method that the net was badly torn (Hudon, 1972, p. 320). D. Têtu also invented a machine for chopping beluga fat and a new procedure for clarifying the oil.

"Fixed nets" were used by the Gulf Fishery Company to capture white whales at Point à Carillon (*sic*) ca 1867 (Lee, 1878, p. 13). In the first set, 16 whales were caught, and six broke through the net and escaped. The seasonal concentration of belugas at this site was considered large enough to give a catch of 50-100 individuals "on a favourable night."

An anchored net with buoys, apparently similar to that used by Têtu, produced a catch of 15 belugas by one fisherman at Escoumins in ca 1927, and other fishermen in the same area are said to have taken almost 95 whales per season using similar nets (Vladykov, 1944, p. 35-37).

Various unpromising techniques for catching white whales were tried. Fishermen in the Tadoussac area supposedly used a carved wooden beluga painted the slate gray color of a juvenile to lure adults near enough to be harpooned (Small, 1866, p. 27). A variation on this technique involved use of "a decoy consisting of a dead porpoise [beluga] stuffed with straw" (Potvin, *n.d.*, p. 66). A fisherman at Tadoussac used a tethered live salmon as "bait" for catching belugas in the Saguenay (Vladykov, 1944, p. 37). He would tow the bait behind his boat and shoot any whale that approached within range. Only one or two were taken in this manner; Vladykov suggested more were probably lost due to sinking.

POST-WAR WHITE WHALING

Since the Second World War, documented whaling effort has been far below what it was

TABLE VII

Estimated fishing mortality, by year, for white whales in the St. Lawrence, 1866-1960. Data are from Table I. Landed catches made in gun/harpoon fisheries (i.e. other than the Île aux Coudres, Rivière-Ouelle, and Sainte-Anne weir fisheries) have been corrected using a loss rate factor of 1.2 (see "Methods" section). Figures in parentheses are from Laurin (1982, Table 1).

Year	Kill	Year	Kill	Year	Kill	Year	Kill	Year	Kill
1866	8 (-)	1885	44 (108)	1904	28 (28)	1923	128 (128)	1942	403 (336)
1867	45 (-)	1886	177 (177)	1905	230 (201)	1924	85 (5)	1943	112 (93)
1868	12 (12)	1887	744 (656)	1906	213 (193)	1925	- (0)	1944	107 (89)
1869	171 (77)	1888	460 (455)	1907	56 (56)	1926	2 (2)	1945	79 (66)
1870	208 (208)	1889	850 (777)	1908	168 (198)	1927	1 (1)	1946	50 (42)
1871	115 (115)	1890	539 (549)	1909	123 (109)	1928	3 (3)	1947	30 (55)
1872	29 (25)	1891	359 (221)	1910	46 (39)	1929	213 (213)	1948	40 (63)
1873	3 (0)	1892	410 (316)	1911	36 (30)	1930	9 (9)	1949	26 (52)
1874	101 (1)	1893	283 (251)	1912	56 (47)	1931	103 (103)	1950	28 (53)
1875	106 (4)	1894	113 (97)	1913	90 (75)	1932	234 (195)	1951	61 (81)
1876	120 (212)	1895	243 (205)	1914	- (0)	1933	278 (232)	1952	48 (70)
1877	140 (137)	1896	222 (222)	1915	900 (750)	1934	558 (465)	1953	24 (0)
1878	128 (103)	1897	370 (322)	1916	317 (289)	1935	692 (577)	1954	- (0)
1879	270 (255)	1898	479 (452)	1917	192 (173)	1936	34 (28)	1955	- (0)
1880	74 (314)	1899	262 (227)	1918	575 (507)	1937	625 (521)	1956	14 (12)
1881	12 (12)	1900	210 (168)	1919	325 (288)	1938	403 (336)	1957	1 (1)
1882	94 (176)	1901	28 (28)	1920	309 (260)	1939	55 (46)	1958	2 (12)
1883	59 (87)	1902	33 (33)	1921	208 (173)	1940	90 (75)	1959	- (9)
1884	148 (83)	1903	32 (32)	1922	6(0)	1941	88 (73)	1960	7 (6)
									Totals 16,212 (14,585)

before 1940. Laurin (1982) indicated that 1,188 belugas were killed by hunting between 1940 and 1960. Our total estimated kill from official statistics on landings is 1,210 for this period (Table VII).

Although the weir fishery ended "completely" at Île aux Coudres in 1927 and at Rivière-Ouelle in 1940 (Vladykov, 1944, p. 148) or 1935 (Hudon, 1972, p. 431), there was still a commercial incentive for whaling after the bounty ended in 1939. In 1944 a Québec hunter could expect to receive 33 cents per kg (15 cents/lb) for beluga hides and 11-13 cents per L (50-60 cents/[imperial] gallon) for beluga oil (Vladykov, 1944, p. 153, 159). In April 1943 at least 4,989 kg (11,000 pounds) of hide were available for sale in the province. Since the treated, salted hide of an average-sized beluga weighs 13.6-20.4 kg (30-45 lb) (Bonin & Vladykov, 1940, p. 25) or 9-18 kg (20-40 lb) (Vladykov, 1944, p. 150), the stock on hand in 1943 probably represented on the order of 300-400 whales, which is consistent with the reported catch of 336 given for 1942 (Table I). Vladykov (1944, p. 155n, 159, 161) made it clear that the motorboat fishery on Manicouagan Bank (based at Pointe Lebel) and some kind of boat fishery based at Escoumins were still active in 1944. He also referred to a whale killed by a hunter at Escoumins in June 1946 (Vladykov, 1946, p. 103).

Our table of estimated kills by year (Table VII) ends with 1960, but there definitely was some exploitation after that year. A film-maker subsidized the construction of a weir at Île aux Coudres in 1962 (Brault *et al.*, 1964; Perrault *et al.*, 1968; Perrault, 1977; L. Tremblay, pers. comm., 4 May 1982) (Fig. 7). The weir fishery was active there through 1970, and a total of 20 whales was caught in seven years (L. Tremblay, pers. comm., 4 May 1982). In two of the seven years there was no catch; the greatest catch was 11 whales (one of which escaped) on 29 April 1963. Attempts were made to maintain most of the caught whales alive for sale and shipment to oceanariums, but survival was poor.

L. Tremblay (pers. comm., 4 May 1982) also participated in attempts to capture white whales alive near Tadoussac in 1965. He and his colleagues tried three capture techniques: driving the whales into shallow water; using a clamp device for catching the whales by the tail; and lassoing the whales with a hoop at the end of a pole (Fig. 8). Only the last of these methods worked, and one juvenile beluga was taken.

In 1978 a federal ministry made a grant of ca \$84,000 to support the construction of a new beluga weir by *La Nouvelle Société de la Pêche à Marsouins de L'Isle-aux-Coudres* (Tremblay,



Figure 7. A young white whale is removed from the weir at Île aux Coudres, June 1962. It was transported to the New York Aquarium and displayed under the name "Blanchon". (Photo courtesy of Pierre Perrault).

pers. comm., 4 May 1982). The purpose was to provide work in the local community. Not enough poles (*orts*) were secured to complete construction, however, and no catch was made. In 1979 a different ministry supplied a grant of \$100,000 to the society for weir construction, this time with the goal of stimulating tourism. The weir was constructed, but apparently no serious fishing effort was made in 1979 because the federal government refused to issue a fishing permit to the society.

In addition to these modest weir fishing efforts, shooting of belugas continued in some parts of the St. Lawrence. Based on interviews with hunters and their own observations of shooting, Pippard & Malcolm (1978, p. 57) estimated an annual landed catch of 20, with about five more killed but not secured each year, during the 1970's. They knew of four people in the Tadoussac-Escoumins area who still hunted white whales. Laurin (1982) estimated about 20 belugas killed per year from 1961 to 1975, and at least as many per year since 1975; the basis for this estimate was not stated.

GOVERNMENT STATISTICS

The first in a long series of reports on fisheries in the River and Gulf of St. Lawrence was published in 1853, covering the 1852 fishing season (Fortin,



Figure 8. Attempted capture of a white whale using a pole with a hoop at the end, North Shore, St. Lawrence Estuary, in the 1960's. (Photo by Pierre Perrault).

1853). The federal government schooner "*La Canadienne*", built in 1855, became the platform used by Pierre Fortin and his successors to patrol Québec's marine waters, inspecting fish catches and gear, resolving disputes, and censusing the inhabitants of remote communities. After 1855, reports on fisheries protection expeditions were published annually by the Department of Fisheries.

Although Fortin kept detailed records of the annual catch of seals, salmon, and various commercial fishes, "porpoises" (i.e. white whales) were not mentioned in his reports until 1863. On 24 June of that year Fortin (1864, p. 20) noted in his report:

"... we witnessed a spectacle seldom seen in the Bay of Chaleurs. We had seen numerous herds of white porpoises sporting in the waters of the bay, from Port Maria to Port Maguacha, and even the night before, we had found one dead and floating... off Bonaventure, which we towed to New Richmond. Several others had also been found dead in different parts of the bay. Seals [*sic*; we think he meant to write "porpoises"] have before many times visited the Bay of Chaleurs, but not since some twenty years; then, as in this year, it was remarked that a great number were dead. What is the reason of this sudden and quite unexpected visit of these enormous herds of cetaceous animals...? They are of great value; but unfortunately the only mode of killing them in the bay is with the gun, and every one knows the difficulty experienced of coming near enough to obtain the slightest hope of shooting them."

In most subsequent years something about the "porpoise" fishery was included somewhere in the report. Because the information in these reports and their accompanying tables is not indexed, and because the documents themselves are not widely available as a complete set, we extracted all the useful data and comments on white whales we could find and presented them in tabular form (Tables I, II). The statistical material in particular should be used with caution. Not only are many of the official statistics ambiguous concerning the species involved (see discussions of "Nomenclature" and "Estimation Procedures" in *Methods* section above), but they are sometimes inconsistent.

In 1882, for example, the totals for the Gulf Division indicate a catch of 95 "porpoises" producing 3,505 L (771 [imperial] gallons) of "porpoise oil" (Wakeham, 1883). These totals are inconsistent with the line-by-line entries on the same table, which indicate 75 porpoises and 350 L (77 [imperial] gallons) of oil. Other tables in the same report give a total of 59 porpoises caught, producing 805 L (177 [imperial] gallons) of oil.

Regardless of which figures are used, the yield per porpoise is too low for white whales, suggesting either underreporting of oil production, actual underutilization of carcasses, or a catch comprised mostly or entirely of harbor porpoises. To be conservative, we disregarded the Gulf Division catches for 1882 and counted as belugas only the 94 "porpoises" reported for Sainte-Anne, Rivière-Ouelle, and Île-aux-Coudres.

There are also inconsistencies between narrative statements and the figures in accompanying tables. For example, Wakeham (1884, p. 102) stated that "only" 30 porpoises were killed by "the five boats that followed this [the porpoise] fishery" in the Godbout Division in 1883. In the table summarizing returns from the Godbout subdivision (p. 126-127) the total catch for the year is given as 14 porpoises, producing 2,273 L, (500 [imperial] gallons) of oil, all taken at Manicouagan and Baie des Anglais. In this instance we surmised that the 14 "porpoises" producing 2,273 L or an average of 162 L, were belugas and that the rest of the "porpoises" taken in the Godbout area were harbor porpoises.

Even the narrative statements themselves can contain inherent contradictions. Fortin (1865, p. 51) claimed that the "porpoise" which had been found "in vast numbers in many parts of the Gulf when these latitudes were first visited by Europeans, has completely disappeared within a period of less than 250 years. It has taken refuge in the polar seas and the unfrequented coasts of Hudson's Bay." There is little doubt that Fortin was referring to the beluga, as he attributed to this porpoise a skin "almost an inch" thick and an "abundant" oil yield. Yet that same year Fortin (1865, p. 7-8) described the occurrence of a large number of "white porpoises" in Baie des Chaleurs (see Table II for details).

The last year for which we found federal fishery statistics to contain useful information on the St. Lawrence beluga catch was 1916/1917. In 1914 a series of annual statistical summaries for the Province of Québec (1914 on) began, and in these we found beluga catch data through 1960. We have no reason to assume these are any more reliable or complete than the federal statistics. As Vladykov (1944, p. 148) pointed out, the government statistics for 1938 showed a catch of only two animals; whereas, Vladykov measured no less than 143 specimens that year, and provincial bounties were paid on 336 belugas (including Vladykov's 143).

Incomplete and imperfect as the government statistics may be, we consider them useful at least for establishing minimum estimates of the yearly landed catch. The few independent checks

we could make on their accuracy (e.g. Tables IV, V) show a consistent trend of underreporting in the official statistics. Our own conservative interpretation of the government data in estimating yearly catches, coupled with the assumed underreporting in the basic data, means that the estimates in Table VII and the conclusions derived from them are probably conservative. In this regard, it should be noted that Laurin's (1982) table and figure showing St. Lawrence catches from 1868 to 1975 are based on essentially the same sources as are our Tables I and VII. However, his study included no attempt to correct for hunting loss or for harbor porpoises that may have been included in the government statistics. In spite of our differing approaches and the year-by-year differences in the two compilations, Laurin's total — 14,585 whales from 1868 to 1960 — is similar to ours — 16,220 from 1866 to 1960.

BELUGAS AS PESTS
— BOMBARDMENT AND BOUNTY HUNTING

The earliest written complaint concerning white whale interactions with commercially attractive fish in the St. Lawrence is probably that of Charlevoix (1766, p. 111-112). During his visit in the early eighteenth century, local inhabitants were arguing that the beluga weir fisheries at Baie-Saint-Paul and Kamouraska had ruined the eel (*Anguilla rostrata*) fishery between Québec and Trois-Rivières. In this instance the hostility was directed at those who were catching the whales rather than at the whales themselves. It was thought that the movements of the eels were controlled by the predatory whales and that without whales chasing them, the eels would be caught less easily by fishermen. The whales' popularity with fishermen was not permanent, however. They soon became scapegoats (*boucs émissaires*; Vladykov, 1946, p. 11) for periodic failures of St. Lawrence fisheries, particularly the valuable cod (*Gadus morhua*) and salmon (*Salmo salar*) fisheries.

An unusually large influx of belugas at Baie des Chaleurs in ca 1849 was considered injurious to the salmon fishery there (Perley, 1850, quoted in Chambers, 1912). Once the annual fishery overseers' reports were instituted for Québec, the fishermen's animosity toward belugas became regularly acknowledged in print. For concision, we summarized many of the complaints in Table II (also see Table III for more complaints). The diverse reasoning involved in the allegations suggests that, to some extent at least, white whales were being blamed for the results of climatic or oceanographic fluctuations, cyclic trends in fish abundance, and overharvesting of fish stocks by humans (see Vladykov, 1946).

In 1920 Bernier (1921, p. 44) called for a government control program:

"The capture of those animals [belugas], practised on a high scale, would be a source of benefit, but as it requires improved and expensive apparatus, it cannot be expected that local enterprise will take it up. They are much more noxious than dogfish and certain newspapers have even thought that the public powers should intervene and help to exterminate them in the same way as it is done on the coasts of France, where suitable vessels and boats have been fitted out for that purpose at the Government's expense."

Although the term "beluga" was used by some fishermen along the French coasts to denote one or several cetacean species regarded as inimical to the fisheries there, *Delphinapterus* was not involved (Legendre, 1929; also see Anonymous, 1921).

By the late 1920's the Québec fisheries ministry had decided to conduct "a war of extermination against porpoises [belugas]" (Anonymous, 1928). After considering several different strategies, the government "tried to drive them away from the codfish grounds by bombing them from the air; also by supplying hunters with rifles and ammunition and a bounty on every porpoise [beluga] killed" (Anonymous, 1932b). Bombardment occurred in 1931 (Ouellet, 1973, p. 46) and possibly some time in the late 1920's (Potvin, 1929, p. 66; Grenfell, 1934, p. 175-176), but this control method was quickly abandoned as ineffective. A bounty was initiated in 1932 and abolished in 1939, before the results of Vladykov's (1946) feeding studies were published (Vladykov, 1944, p. 148; also see Scharrer, 1938, 1983). Vladykov's mandate was to assess the beluga's role as a predator on commercially valuable fish in the St. Lawrence, especially cod. A total of 2,233 bounties were paid from 1932 to 1938, inclusive (Vladykov, 1944, p. 148). The Québec bounty and bombing efforts are, to our knowledge, the only such attempts to control cetaceans as predators in North America (see Fish & Vania, 1971; Mitchell, 1975; Cato & Prochanska, 1976; Leatherwood & Reeves, 1982, for examples of other conflicts between cetaceans and North American fisheries).

TRADING COMPANIES

The Hudson's Bay Company

In spite of an evident long-standing interest in white whale products (Rich, 1958, 1959; Francis, 1977), the Hudson's Bay Company (HBC) apparently did not seriously attempt organized whaling in the St. Lawrence until 1928. Even then, the

company's efforts in this region appear to have remained desultory and short-lived.

The statement by Francis (1977, p. 15) that the HBC made plans for a white whale fishery in eastern Hudson Bay in 1852 after being "encouraged by the success of the Company's white whale, or "porpoise", fishery in the St. Lawrence" stemmed from a misinterpretation of archival material (Francis, pers. comm., 5 April 1982). A letter to company officials from George Simpson, the HBC Governor in North America, recommended that a "white fish or porpoise" fishery be initiated in eastern Hudson Bay ("the Eastmain") (A.12/6/Letter dated 17 January 1852, HBC Archives, [microfilm copy], Public Archives of Canada, Ottawa). Simpson had corresponded with E. Bélanger of Rivière-Ouelle, who was allegedly "more successful in taking porpoises and other marine animals in the Gulf of St. Lawrence than any other person engaged in that business." Bélanger had been "associated with Mr. Têtu, the patenter of the porpoise oil and leather which attracted so much attention at the Exhibition last year." Apparently Bélanger had learned about the prospect of a Hudson Bay fishery from "persons who have been in the Company's service on the Eastmain coast," and this prompted him to propose a joint venture with Simpson and the HBC. Agreement was reached, and Bélanger went to the Eastmain in 1852, but he drowned in a boating accident in 1853 at the mouth of the Petite rivière de la Baleine (Francis, 1977). A local historian (Hudon, 1972, p. 313) claimed that Edouard Bélanger was a successful whaler in the St. Lawrence during the 1830's. Bélanger doubtless did have considerable experience at catching white whales in the St. Lawrence, but it is clear from Simpson's correspondence that Bélanger had no connection with the HBC before undertaking the Eastmain venture.

The only other evidence we found that the HBC might have contemplated a white whale fishery in the St. Lawrence prior to 1928 is in a letter dated 11 August 1851 from A. Comeau of the company's Mingan post to G. Gladman at Tadoussac (B. 132/a/2, fo. 59, HBC Archives, [microfilm copy], Public Archives of Canada, Ottawa). Comeau referred to an arrangement made by "Belange" and another party "to establish a porpoise Fishery on the south shore, near the Saguenay." Unfortunately, parts of the letter are illegible. Comeau appears to have considered a "trial on a small scale" himself, but there is no further reference to such a fishery in available subsequent Mingan (1851-1924) and Mingan Fur Farm (1929-1937) post journals (see Table III).

In 1928 a trade development officer complained that "quantities of White Whale Hide are coming from St. Lawrence to our largest buyers, Messrs. Dawbarn and Sons, ... This would indicate how little our people know about other than routine work, and how little they are out to increase their trade" (Unclassified documents/ bay 1/ shelf 8, HBC Archives, Winnipeg). The St. Lawrence district manager wrote to his superiors in July 1928:

"Up to two years ago, there were very few porpoises in the Gulf of St. Lawrence but since then they have made their appearance in rather large numbers, keeping, however, far off shore, making it impossible to capture them by the usual method of netting, and to shoot them would be a tremendous waste, as fully 99 out of every 100 thus killed immediately sink and are irrecoverable" (Unclassified documents/ bay 1/ shelf 8, HBC Archives, Winnipeg).

He went on to explain that he had already instructed post managers at sites where white whales were seen, to set nets at "strategic points along the shore" with the intention of capturing some. It is unclear whether this first season of netting resulted in a catch, but in 1929 a serious effort was made at Moisie and Seven Islands (Sept-Îles) (Table III). This initiative came about 10 years after the observations of unprecedented beluga concentrations along the north shore of the northwest part of the Gulf of St. Lawrence (Bernier, 1920; Gallienne, 1969), and it coincided with the period of immigration by belugas from Davis Strait proposed by Vladykov (1944, 1946). The SS. "Beaverburn", a HBC supply vessel, shipped nine barrels, or 1,432 L (315 imperial gallons), of white whale oil and 634 kg (1,398 pounds) of salted "porpoise" hide from Seven Islands in fall of 1929, "the result of the first year's operation of producing Whale Oil at this post" (Unclassified documents/bay 1/ shelf 8 and D.FTR/ 23/1931, HBC Archives, Winnipeg). Mention was made by one official, while describing preparations for white whaling by the HBC post at Moisie or Mingan, of "a Norwegian Company, which is also white whaling in the Gulf." Arrangements had been made for the Norwegian company to process its catch at the HBC rendering plant, "so that with the two catches the small investment required should be well covered." We have been unable to learn more about this Norwegian activity in the Gulf, but it may have been related to the harpoon-gun experiments mentioned above.

By 1940, the HBC had become a major buyer of beluga hides from St. Lawrence fishermen (Bonin & Vladykov, 1940, p. 25), and it is clear from Bersimis post journals that during the 1930's a considerable quantity of oil and hides from the

Manicouagan Bank motorboat fishery was obtained and marketed by the HBC (Table III).

William F. Nye, Inc.

Vladykov (1944, p. 157) quoted from his correspondence in 1928 with H. Wordell, treasurer of the Nye Company of New Bedford, concerning the quality of beluga oil produced by the Rivière-Ouelle fishery. The Nye Company, founded in 1844, specializes in lubricants for delicate mechanisms, i.e. watch and clock oils, instrument oils, and non-spreading oils (Sayer, 1889, p. 188-189). G.B. Mock, the company's present technical director (pers. comm., 30 March 1982; *in litt.*, 5 April 1982), advised us that the Nye Company did not consider the belugas caught at Rivière-Ouelle to be an important source of supply. The trying-out methods used by St. Lawrence fishermen were considered unsophisticated and resulted in oil "not worth any more than an ordinary grade of Whale Oil" (Correspondence, 13 November 1936, H. Wordell to Tabac Econome, *via* Mock). The Nye Company did, however, express an interest in 20 blackfish (*Globicephala melana*) tried out by Tabac Econome, Enregistré, at Cap Saint-Ignace after a stranding in 1936; Nye personnel were "quite familiar with this particular type [of whale] for we have taken a great many of them at one of the fisheries we operate" on Cape Cod (Correspondence, 4 December 1936, Wordell to Tabac Econome, *via* Mock; also Wordell to J. Lizotte, 17 May 1928 and 8 August 1928, *via* R. Martin, *in litt.*, 14 April 1982).

Gryfe Tannery and E.B. Balmforth

Before the Second World War, white whale hides from the St. Lawrence were chiefly exported to Great Britain, through Gryfe Tannery Limited of Bridge of Weir and the bootlace manufacturer E.B. Balmforth of Leeds (Bonin & Vladykov, 1940). Gryfe and Balmforth company records may exist, and if they do, could provide additional information on white whale catches in the St. Lawrence.

Revillon et Frères

The trading company Revillon et Frères of Montréal, a competitor with the HBC at some of its Arctic posts, was active in the St. Lawrence white whale hide market during the 1920's and 1930's. Apparently J. Lizotte of Rivière-Ouelle sold most of his hides to Revillon et Frères (Martin, 1973, p. 29). The company's archives, if they exist, could be a good source of further information on the white whale catch during this period.

Other companies

Included in the correspondence provided to us by R. Martin (*in litt.*, 14 April 1982) from J.

Lizotte's files of the Rivière-Ouelle Porpoise Fishing Company are letters from: Stewart Munn & Co., Ltd, importers and commission merchants for fish oils, salt fish, and canned fish, Montréal (1923-1924, 1926); Louis Côté Reg'd, cooper and wholesale dealer in seal, whale, cod, and porpoise oil, Québec (1923); Côté, Roe & Co., Dr., coopers, overhauling fish, and gauging oil, Québec (1897); J.S. Mayo, importer and manufacturer of lubricating oils, Montréal (1894); La Succession F. Canac-Marquis, merchants of fish and other oils, Québec (1929); Québec Oil & Grease Co., Montréal and Québec (1927); The British American Oil Co., Ltd., Montréal (1922); and Messrs John Magor & Son, Montréal (1892). All these parties apparently bought beluga oil from Rivière-Ouelle; Louis Côté Enrg. of Québec was also a major buyer of beluga hides (Bonin & Vladykov, 1940, p. 25). The list indicates how diffuse and at times competitive the market must have been, and thus how difficult it would be to reconstruct catches by relying solely on the records of beluga oil buyers. An individual named Gagnon was a buyer of beluga oil and hides who competed with the HBC post at Bersimis during the 1930's (see Table III).

CATCH COMPOSITION

Vladykov (1944, p. 185-189) sampled 144 belugas from the motorboat fishery at Manicouagan Bank in 1938 and 1939. Of these, 117, or 81 percent, were classified as adults (all at least 282 cm in total length), and the sex ratio among adults was about 4:3 in favor of males. Only 17 whales were sampled from the sailboat fishery at Escoumins in 1939. Nine, or just over half, of the animals taken at Escoumins were adults (longer than 282 cm). The ratio of adult males to adult females was 2:7. Although his samples were small, Vladykov's data suggest that the Manicouagan fishery was selective for adults (especially males), while the Escoumins catch may have included a higher proportion of adult females and young whales. It is clear from Scharrer's (1938) description of the Manicouagan fishery that selectivity was involved there. The sailboat/canoe hunt described by Andrews (1916, p. 268-277) near Île aux Pommés in June apparently also was selective for adults.

Vladykov (1944) did not obtain a meaningful sample at either of the major weir fisheries (Rivière-Ouelle and Île-aux-Coudres). Presumably whales of all ages and both sexes were caught in the nets and weirs (Fig. 9). Casgrain (1873, p. 208) described "maternal devotion" inside a weir at Rivière-Ouelle, indicating that it was not unusual for females and their calves to be entrapped. Occasionally the young animals were kept alive

for sale to aquariums (Mather, 1899) or even released (Sans-Terre, 1922). However, in the latter instance, one can assume that some unweaned calves starved after being orphaned. Sometimes an entire season's catch consisted of very large individuals — such as the 122 taken at Île-aux-Coudres in 1852 (Mailloux, 1879, p. 38). H. Fournier (Table IV) kept notes on color (age) class of whales taken in some years at Île aux Coudres.

Of the 18 whales for which a color is mentioned, seven were described as white (i.e. adult) and eleven as blue (i.e. juvenile) (Fig. 10). L. Tremblay (pers. comm., 4 May 1982) and his associates captured 20 white whales in a weir at Île-aux-Coudres between 1962 and 1969. Of these, six were members of female-calf pairs. The narrator of the film "Beluga Days" (Perrault *et al.*, 1968) says that he remembered one group of 88 belugas

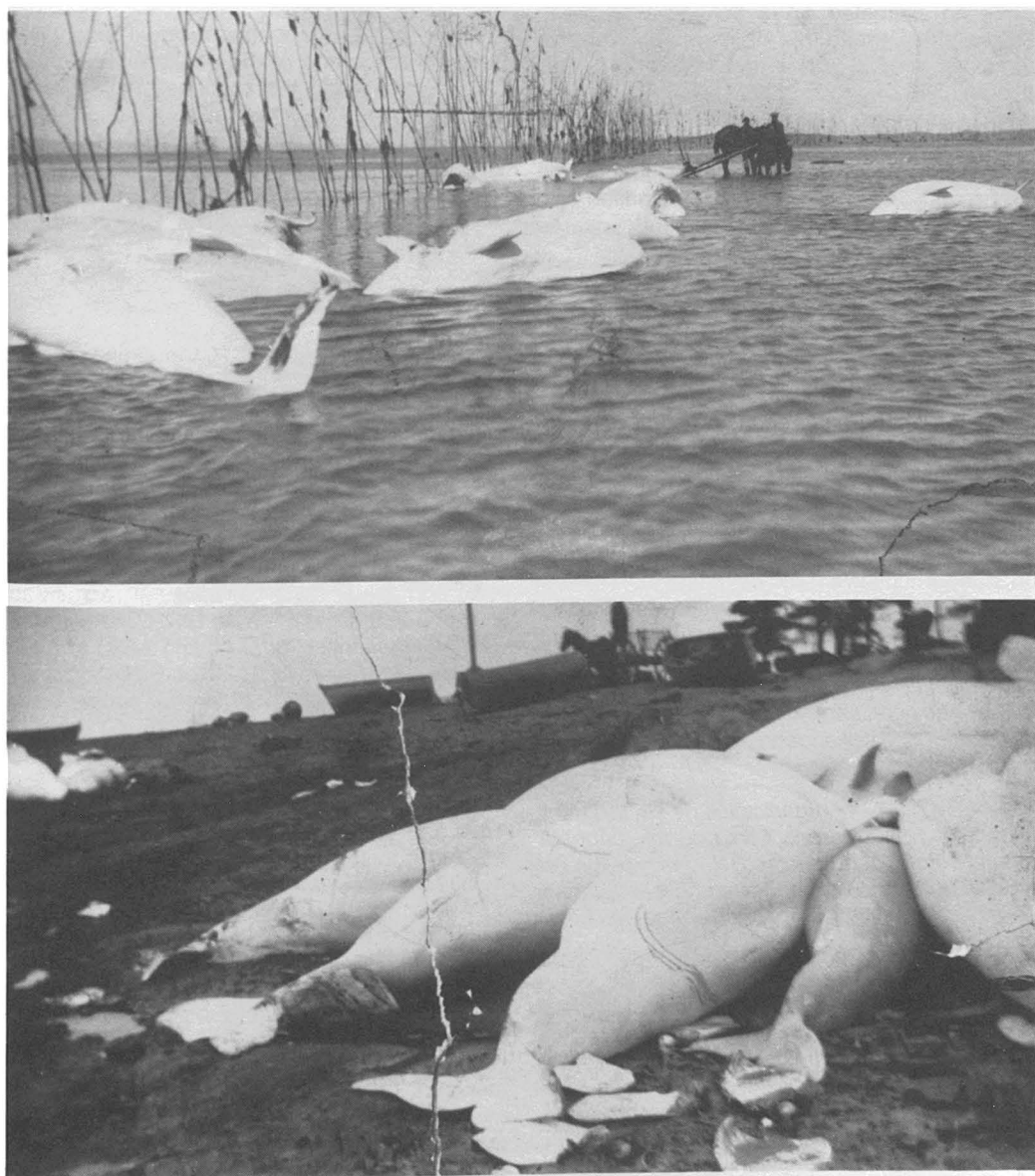


Figure 9. Old photographs of a successful *pêche* at Île aux Coudres. Note the small gray calf in the lower panel. Date uncertain, but probably early twentieth century. (Photos courtesy of Pierre Perrault).

caught in an Île-aux-Coudres weir, only one of which was a female.

It is relevant to note that the hides of juveniles (*veaux* and *bleuvets*) were not marketable (Bonin & Vladykov, 1940, p. 25), a factor which probably contributed to the selectivity for adults.

Discussion and analysis

The decade of heaviest exploitation, according to our data from 1866 to 1960, was 1886-1895, when an estimated 4,178 belugas were killed (Table VII). Despite this kill, the population that remained in 1896 was evidently able to sustain average kills of nearly 2,000 (1,963) per decade for 50 more years. It is especially noteworthy that during the 1920's, ca 30 years after 1895, the calls for control measures against belugas became strong enough to prompt an extermination program. In 1920 the following statement appeared (Bernier, 1920, p. 37):

"Fishery Officer N.A. Comeau, of Godbout, thinks that these schools [of white whales] are composed of from 15,000 to 18,000 porpoises..."

Another observer in 1919 claimed that the number of white whales seen on 10 July between Pointe-des-Monts and Kégashka was in the thousands (Gallienne, 1969, p. 266). Howell (1935) described seeing a large number of belugas in 1934 "well within the Saguenay waters, extending as far as one could see down the St. Lawrence and for perhaps five miles up that river." He estimated the number of whales within view as "not less than 800, with the possibility that there were many more stretching beyond my field of vision." Vladykov (1944, p. 149) believed even after the bounty had been abolished during the late 1930's that there were still enough whales left to support a substantial fishery:

"Avec une meilleure organisation de chasse dans le fleuve Saint-Laurent, l'on pourrait capturer annuellement jusqu'à mille Bélugas. Mais il est difficile de dire si en détruisant une telle quantité on ne compromettrait pas le repeuplement de ces animaux."

These anecdotal observations strongly suggest that belugas remained locally abundant throughout the 1920's, 1930's, and early 1940's. There is no evidence that the estimated kill of more than 4,000 animals during 1886-1895 caused long-term depletion in the population. On the other hand, the comparatively low total kill during the decade 1946-1955 (307 by our estimate, 416 according to Laurin's [1982] data) may indicate that a major reduction in abundance had occurred by this time.

Unfortunately, we do not know to what degree hunting effort changed after the Second World War and thus cannot rule out reduced effort as a possible reason for the low catch during 1946-1955.

A crude minimum estimate of early population size can be made by summing the cumulative catch for the peak decade of exploitation (cf. Mitchell & Reeves, 1981). For the St. Lawrence beluga stock this results in an estimate of at least 4,178 whales in the population in 1886.

There must have been a "residual" population present at the end of the peak decade (i.e. in 1896), considering the continued high catches after that time. If such a residual population is added to the cumulative catch for 1886-1895 (see Breiwick *et al.*, 1981, and Mitchell & Reeves, 1981, for a rationale), then the estimate of "initial" (1885) population size is more realistic. One method of estimating the residual population is by back-calculation. Our procedure for back-calculating is based on the simple equation:

$$N_{t-1} = N_t + K_t - R(N_t)$$

where t denotes the year, N , the abundance, K , the estimated kill, and R , the net recruitment rate, which is assumed to be constant. Since our own catch data covered years only through 1960 (Tables I, VII), we started with that year in our back-calculation. Back-calculating from a surviving population of 335 in 1960 (after Laurin, 1982, who back-calculated from an estimated population of 500 in 1975, using 0.08 as the net recruitment rate) and assuming a constant net recruitment rate of 0.075 (Brodie *et al.*, 1981), we estimate 2,583 as present in 1896. Adding 2,583 to 4,178 gives a population in 1886 of 6,761. We are skeptical of the validity of such a simple back-calculation over a period of nearly 80 years. It may be more appropriate simply to add the cumulative kill for a short period after the peak decade. Thus, if only the total kill in the five years after 1895 (i.e. 1896-1900) were used to estimate the residual population, then 1,543 would be added, resulting in an estimate of 5,721 in 1885.

Although there is a consensus of scientific opinion that white whales are capable of a gross annual reproductive rate of about 0.10, there is no such general agreement concerning net recruitment rate (birth rate less natural death rate) (Perrin, 1980, p. 119-121). A density-dependent response has not been demonstrated for any aspect of beluga fecundity or survival. The estimated net recruitment rate of 0.075 developed by Brodie *et al.* (1981) for the Cumberland Sound stock assumes a gross reproductive rate of 0.12 and a natural mortality rate of 0.045 by analogy



Figure 10. Old adult belugas can be recognized by their whiteness (up); some younger adults and juveniles, by their blue or gray coloration (bottom). (Photos by J.A.F. Macfarlane).

with the long-finned pilot whale (*Globicephala melaleuca*). The estimate of 0.075 is substantially higher than widely accepted estimates for other heavily exploited odontocete species (e.g. Smith, 1983). There is no obvious ecological argument for the white whale, an Arctic odontocete, having a higher reproductive rate or a lower natural mortality rate than tropical or temperate-region odontocetes. However, there is a disparity between this delphinapterine and other delphinoids in that two growth layers per annum are reputed to be deposited in the teeth of the beluga (Sergeant, 1959; Brodie, 1969), unlike any other odontocete (Perrin & Myrick, 1980). If this different rate of layering were independently confirmed, it would suggest that some aspects of the white whale's natural history are markedly different from those of most other odontocetes (e.g. see Brodie, 1982).

Sustainable yield, and thus any abundance estimate based on cumulative catch, is sensitive to the net recruitment rate. The effect of lowering the net recruitment rate used in back-calculations, such as Laurin (1982) used to estimate population size for various years and as we used above to calculate the residual population in 1896, is to increase substantially any derived estimate of initial population size. For example, an assumed constant net recruitment rate of 0.05 rather than 0.075 results in a residual population in 1896 of 3,591 rather than 2,583. It also decreases the magnitude of the error (i.e. upward bias) in our cumulative catch estimate caused by recruitment during the peak decade (1886-1895).

Using a simple forward-calculation approach

$$N_{t+1} = N_t - K_t + R(N_t)$$

we can test (theoretically) various initial population levels in combination with different estimates of net recruitment, using the yearly estimates of fishing mortality in Table VII. If the net recruitment rate were constant at 0.04, a population of 5,000 whales in 1885 would be extinct by 1915; 6,000, by 1935. Using 0.05 as the constant net recruitment rate, a population of 5,000 whales would be extinct by 1919; but a population of 6,000 would survive documented removals. With a net recruitment rate of 0.075, a population of 5,000 in 1885 could survive and grow rapidly, but a population of 4,000 would become extinct by 1917.

We conclude that the St. Lawrence white whale population was certainly greater than 4,000 in 1885. Depending on assumptions about net recruitment, it could have been over 6,000. We stress that the population had been exploited by Europeans (and possibly aborigines) for two centuries or more before 1885 and therefore may not have been in a state of equilibrium in 1885. Moreover, our estimates of fishing mortality are

conservative for most years. We believe there were at least 5,000 white whales in the St. Lawrence in 1885. If no more than about 500 individuals now remain, then the population has probably been depleted to no more than about ten percent of its size in 1885.

Conclusion

At the time of this writing, no rigorous estimate, based on direct census results, had been published for the St. Lawrence white whale population. Neither Sergeant & Brodie (1975), Sergeant (1978), nor Pippard & Malcolm (1978) explained adequately the methods used to develop their estimates; thus, we cannot evaluate the reliability of such figures. It is evident from their flight tracks, however, that these investigators surveyed only part of the beluga's known former summer distribution in the St. Lawrence. Laurin's (1982) estimate of 500 in 1975 is based on a sighting in August 1975 of a herd of 150-200 adults (hypothesized to be males), which he considered to represent about one half of the total adult population. Sergeant (1983a) gave an estimate for 1983 of "about 500 (95% confidence limits 360 to 715) as determined from stratified random visual aerial survey"; details of the methodology and assumptions behind this estimate have not been published.

Even if current population size has been underestimated, there is no doubt that a major reduction in the number of belugas inhabiting the St. Lawrence has occurred. The causes for this reduction are not obvious. Lack of a sustained decline in fishing mortality during 70 years of cyclically intensive exploitation (1876-1945) presumably indicates both a large initial population and an unspoiled habitat during that period. Reduced hunting effort after 1945 should have allowed recovery of the population. Its failure to recover more quickly than it apparently has cannot be readily explained. Is there an insidious cause or set of causes, only one of which is persistent illegal or undocumented hunting as emphasized by Laurin (1982)? Habitat alteration, harassment, and pollution are other possible causes.

Estimated fishing mortality for St. Lawrence belugas since 1885 shows a pattern of a few heavy years, followed by several lighter years, and then another period of high catches (Table VII). Assuming such variations or trends are not artifacts of documentation procedures but that they in fact reflect whale availability (which was directly related to hunting effort), these data imply a repetitive cycle consisting of periods of depletion followed by recovery or partial recovery and renewed abundance. By the early 1950's, fishing mor-

tality apparently had begun to decline consistently, with no subsequent evidence of a recovery phase in the depletion/recovery cycle.

For a number of reasons, we believe the St. Lawrence white whale stock provides an excellent opportunity for simulation modeling. Yearly fishing mortality is documented for a long series of years. Fishery activities, and in turn catch levels, appear to have been episodic, allowing several opportunities for the population to recover from periods of relatively intensive exploitation. Estimates of recent and current population size exist and are likely to become more precise with planned further censusing work, and our estimate of about 5,000 for the population in 1885 can be considered a useful benchmark. The apparently dramatic decrease in population size since the Second World War, in the absence of a major, well-documented fishery, gives particular urgency to the problem of understanding the population dynamics of this whale stock.

The following hypotheses, among others, can be tested by modeling:

1. During the course of the depletion/recovery cycle, the recovery phase was not complete after every episode of heavy exploitation, resulting in:

A. a progressive diminution of the core population, to a level where catches totaling at least 1,210 from 1940 to 1960 (Table VII) and perhaps 20 per year thereafter (Laurin, 1982) were sufficient to prevent recovery (Fig. 11); or

B. a population so low by the 1950's that, in the absence of detailed, replicate surveys, the growth in population size would have been of too small a magnitude to be observed.

2. Since the early 1950's, recruitment failure has occurred due to:

A. intrinsic factors such as a physiological or behavioral limitation on reproduction, a skewed sex or age composition, or excessive natural predation (by killer whales, sharks?); and/or



Figure 11. During the 1960's, a weir was constructed at Île aux Coudres to demonstrate for a documentary film the manner in which belugas were trapped in the past. (cf. Brault *et al.*, 1964; Perrault *et al.*, 1968). Several of the whales taken during this period were sold to aquariums for public display. (Photo courtesy of Pierre Perrault).

B. extrinsic factors such as a reduction in fecundity or survival resulting from contamination of the whales or their prey by pollution, a reduction in the quality or extent of critical habitat (e.g., calving, nursing, and breeding grounds) resulting from river damming, climatic change, harassment, and the like, or hunting.

These considerations, and our findings regarding the cyclical pattern of exploitation and "stability" or "recovery", lead us to outline a number of possibilities as to what might have affected the St. Lawrence beluga population since the 1950's. Some of these possibilities have been raised and discussed in the scientific and management communities, but nowhere have they been tightly framed. We list them and some additional possibilities in what we consider descending order of likelihood:

I. EXPLOITATION

A. Case in which a large stock was exploited during a period of several centuries, not necessarily with full or any recovery between episodes of depletion, so that only a few hundred were left in ca 1955 (Laurin, 1982), and the population might have been reduced to some "critical" level.

B. Case in which a large stock was exploited during a period of several centuries, with some or even full recovery between episodes of depletion, but where following the 1940s or 1950s, recovery was prevented or the impact of the fishery was exacerbated by some natural or man-induced phenomenon (e.g. mass emigration, an undocumented *savssat* resulting in a major winter kill, or a marked increase in some component of natural mortality).

C. Case in which, because belugas appear to have been reduced or eliminated in shallow areas (e.g. Île-aux-Coudres, Rivière-Ouelle, Manicouagan Bank) but not in deep areas (e.g. Escoumins, Saguenay mouth), the surviving "core" of the aggregate population is centered in the Saguenay region. This could be taken as evidence of two or more small, ecologically distinct local stocks rather than one large, integrated stock in the St. Lawrence (cf. Laurin, 1982), or simply that the Saguenay region is relatively prime beluga habitat.

II. HABITAT DEGRADATION

A. Damming of major rivers (see Neu, 1975; Sergeant & Brodie, 1975; El-Sabh, 1979, p. 58).

B. Harassment by recreational, industrial, or fishery-related vessel traffic.

C. Pollution.

1) Industrial or chemical, including heavy metals, pesticides, etc.

2) Acoustic, including vessel noise, construction activities, sounds associated with mineral exploration, etc.

3) Biological, including human wastes, parasites, etc.

D. Shooting, desultory hunting.

III. TROPHIC INTERRELATIONSHIPS

Changes in the relative abundance of prey and/or other species in the local environment (e.g. due to factors in II. above, or due to direct fishing by man) might affect parasites and their vectors, which in turn may have a harmful impact on belugas or the prey of belugas.

IV. OTHER POSSIBILITIES

Reproductive problems or high mortality at any age (i.e. *in utero*, perinatal, juvenile, or at some stage of the reproductive life span).

A. Possibly driven by or due to environmental pollution.

B. Possibly acting through behavior (e.g. disturbance by man, intrinsic factors affecting social structure, etc.).

C. Possibly resulting from small absolute population size (cf. I.A.).

We believe some of the above alternatives merit immediate study. Overexploitation is most likely the chief cause of the current beluga population's depleted status. However, the possibility that habitat degradation is also implicated needs to be squarely addressed, with a critical and well-documented review of local situations (Fig. 12). Sergeant *et al.* (1982) have begun work on some aspects of this problem.

A density-dependent response to exploitation has not been demonstrated for the beluga or any other odontocete. Nor has a critical population size been estimated below which recruitment failure and continued population decline may occur. Although the history of beluga catching in the St. Lawrence (Fig. 13) appears to indicate the whale population's ability to sustain and/or recover from substantial harvests, we know of no instance in which an isolated population of this species was reduced to a few hundred individuals by hunting and then recovered to levels approaching an initial population of several thousand. On the contrary, seriously depressed populations such as those in Cumberland Sound (Mitchell & Reeves, 1981; Brodie *et al.*, 1981), eastern Hudson Bay (Breton-Provencher, 1980; Perrin, 1980), and Ungava Bay (Finley *et al.*, 1982) have remained at low levels of abundance, presumably due in large part to

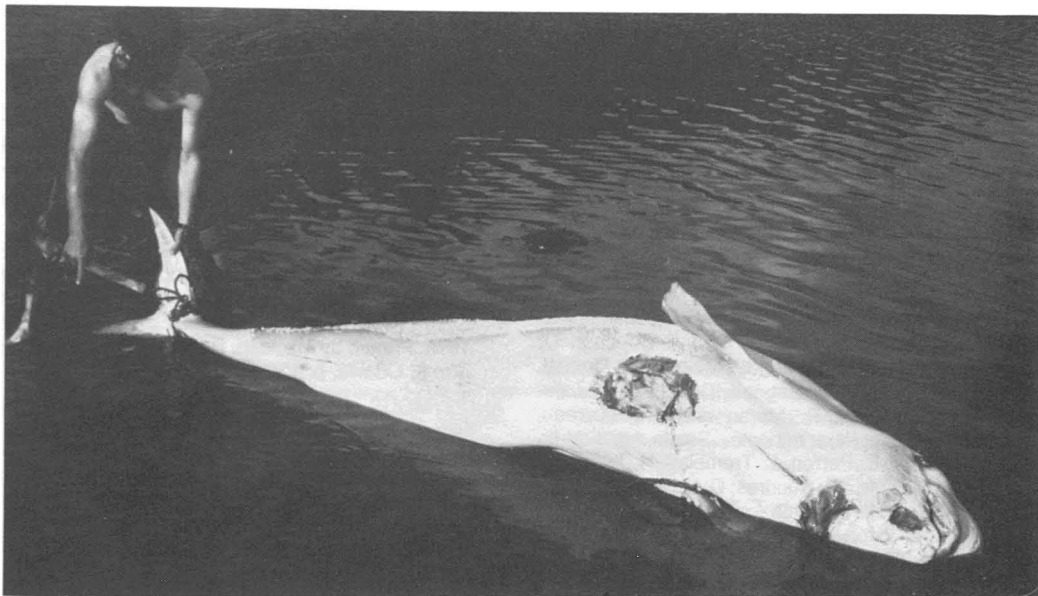


Figure 12. The carcass of a white whale found floating in the St. Lawrence off Escoumins in early August 1975. It is possible that the St. Lawrence beluga population has failed to recover from its most recent episode of intensive exploitation, which ended ca 1955, due to an insidious cause or set of causes. A long-term program for salvaging stranded white whales, to include autopsy, biological sampling, and pesticide monitoring, is desirable (see Gardner, 1983). (Photo by J.A.F. Macfarlane).

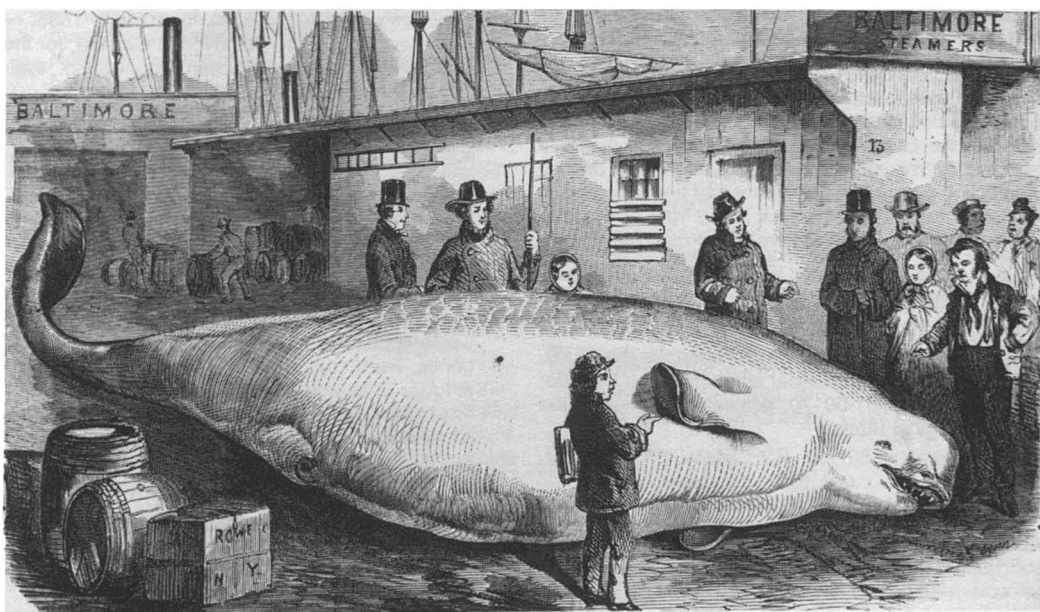


Figure 13. Illustration of a large, old "perfectly white" porpoise from *Frank Leslie's Illustrated Newspaper* of 4 February 1860, "sketched by our artist as it laid on pier No. 13" in New York. "Its measurement is about twenty-five feet in length, and weighs two thousand eight hundred and sixty pounds. It was caught by Captain Layfield, of the Patapsco, in the Saginaw river, and was brought on here by him as a curiosity fit to astonish even a New Yorker". Discounting the length as probably not parallel to the axis but over the body curve, the weight [= 1,297 kg] is near the maximum for male belugas from the Gulf of St. Lawrence (cf. Vladykov, 1944). We take "Saginaw river" to be an Americanization of Saguenay River (FBL no. A.21, copy courtesy Peabody Museum of Salem).

persistent hunting. As the only North American white whale stock that is presently legally protected from all forms of direct exploitation, the St. Lawrence population offers a unique opportunity for assessing this species' capacity for recovery from severe depletion.

Acknowledgments

We acknowledge with gratitude the following individuals who shared their time and knowledge with us: G. Drouin, Archivist, and J. Cloutier, Le Séminaire de Québec; F. Tremblay, Director, and A. Boucher, Le Musée régional Laure Conan, La Malbaie; T. Dupont, Rivière-Ouelle; Abbé F. Gagnon, Collège de Sainte-Anne-de-la-Pocatière; R. Martin and J. Gaudreau, L'Institut technologique agricole, Sainte-Anne-de-la-Pocatière; Capt. E. Perron, L. Tremblay, R. Tremblay, and T. Tremblay, Ile aux Coudres; C. Laberge, directeur des services pédagogiques collégial, Séminaire de Sherbrooke; G. Héon, Archiviste de référence, Archives nationales du Québec; L. Léveillé, Archivist, Archives de Sainte-Anne-de-la-Pocatière; and G. Lebens, Archivist, Archives of the Anglican diocese of Montréal.

S. Smith, Archivist, Hudson's Bay Company archives, Winnipeg, generously gave us full access to the company's holdings in both Winnipeg and Ottawa.

We are especially indebted to R. Martin of Rivière-Ouelle, who facilitated our access to unpublished data in the Lizotte family records, and to P. Perrault, L. Ingalls and J.A.F. Macfarlane, who provided illustrations.

G. Horonowitsch assisted with some of the archival work and personal interviews; his enthusiasm and initiative is gratefully acknowledged. S. Ghanimé translated some of the French-language material, and A. Evelyn assisted by securing and verifying references and by conducting portions of the library and archival search. Additional technical assistance came from G. Ferrand and R. Olsen. L. McMullon typed the manuscript.

V.M. Kozicki, R. Martin, J.M. Breiwick, D.E. Sergeant, and M. Breton offered useful critical comments on the manuscript.

C. Mondor encouraged us to undertake this study, and provided partial financial support (Parks Canada, contract no. OSD81-00170, administered through the Arctic Biological Station).

References

- ANDREWS, R.C., 1916. Whale hunting with gun and camera. — D. Appleton and Company, New York, xxiv + 333 p.
- ANONYMOUS, 1855. Arrêts et règlements du conseil supérieur de Québec, et ordonnances et jugements des intendants du Canada. — De la presse à vapeur de E.R. Fréchette, 13, rue La Montagne, Québec, p. 541-542.
- ANONYMOUS, 1856. Complément des ordonnances et jugements des gouverneurs et intendants du Canada, précédé des Commissions des dits gouverneurs et intendants et des différents officiers civils et de justice.... — De la presse à vapeur de R. Fréchette, 13 rue La Montagne, Québec, p. 419, 428.
- ANONYMOUS, 1864. Appendix no. 41. Reports of fishery overseers. Report of the Commissioner of Crown Lands of Canada, for the year 1863. Québec. — Printed for the Contractors, by Hunter, Rose & Co., Sainte-Ursule Street, Québec, p. 168.
- ANONYMOUS, 1876. Appendix no. 9. Synopses of fishery overseers' and guardians' reports in the Province of Quebec for the year 1875. — Suppl. no. 4 to the Eighth Ann. Rep. Min. Marine Fish. for the year 1875. Printed by Maclean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 130-151.
- ANONYMOUS, 1880. Appendix no. 8. Synopses of fisheries overseers' and guardians' reports in the Province of Quebec, for the year 1879. Statements connected with the report of the Commissioner of Fisheries for the year 1879. — Suppl. no. 2 to the Eleventh ann. Rep. Min. Marine Fish. for the year 1879. Printed by MacLean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 134-150.
- ANONYMOUS, 1882. [Appendix] no. 4. — Suppl. no. 2 to the 14th ann. Rep. Dept. Marine Fish. for the year 1881. Printed by Maclean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 156-174.
- ANONYMOUS, 1886. [Appendix] no. 6. Synopses of fishery overseers' reports in the Province of Quebec, exclusive of the Gulf division, for the year 1885. — Ann. Rep. Dept. Fish. Dominion of Canada, for the year 1885. Printed by MacLean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 221-244.
- ANONYMOUS, 1921. War on whales. (From our own correspondent.) Paris, May 16. — The Times (London), Tuesday, 17 May.
- ANONYMOUS, 1928. Quebec will war on porpoises. Organize reduction plants to use carcasses. — The Canadian Fisherman, 15(11): 24.
- ANONYMOUS, 1930. Les raretés des Indes, "Codex canadiensis"; album manuscrit de la fin du XVII^e siècle contenant 180 dessins concernant les indigènes, leurs coutumes, tatouages, la faune et la flore de la Nouvelle France, plus deux cartes. — Reproduit intégralement, en fac-similé, par le procédé d'héliotypie Léon Marotte, précédé d'un avant-propos par le baron Marc de Villiers. M. Chamonal, Paris, [x] + 2 maps + pls. 1-79. [cf. Anonymous, 1974]
- ANONYMOUS, 1932a. A harpoon-gun for swordfish or porpoises. — The Canadian Fisherman, 19(4): 15.
- ANONYMOUS, 1932b. Use porpoises, seals and sharks. — The Canadian Fisherman, 19(6): 14.
- ANONYMOUS, 1974. Les raretés des Indes "Codex Canadiensis". Album manuscrit de la fin du XVII^e siècle contenant 180 dessins concernant les indigènes, leurs coutumes, tatouages, la faune et la flore de la Nouvelle France, plus deux cartes. Reproduit intégralement, en fac-similé par le procédé d'héliotypie Léon Marotte. Précédé d'un avant-propos par le Baron Marc de Villiers. — Les Éditions du

- Bouton d'Or, Montréal, p. [i-vi] + pls. 1-79 [3 folding]. [cf. Anonymous, 1930.
- ANONYMOUS, 1979. Beluga protection regulations, amendment P.C. 1979-367 15 February 1979. Registration SOR/79-169 Fisheries Act. — Canada Gazette, part 2, vol. 113, no. 4, 28/II/79, p. 738. Queen's Printer for Canada, Ottawa.
- ANONYMOUS, 1980a. The St. Lawrence belugas are disappearing. — Press release, Gov. of Canada, Fish. Oceans, Québec, QUE-INF-80-03E, August, 2 p.
- ANONYMOUS, 1980b. Il ne reste que 350 marsouins blancs dans le Saint-Laurent. — La Presse, week of 4 August.
- ANONYMOUS, 1981. The St. Lawrence belugas are disappearing. — Canada, Fish. Oceans, Québec, G1K 7Y7, Entre filets, 2(5): 8.
- ANONYMOUS, 1983. Endangered species: The St. Lawrence River beluga whale. Working for wildlife. — A quarterly action-report published by World Wildlife Fund (Canada), Toronto, vol. 4, no. 14.
- ANONYMOUS, *no date* a. The belugas of the St. Lawrence, an endangered species. Belugas may soon disappear from the St. Lawrence Estuary. — [Folding flyer, 10 p., bilingual English/French, describing status, regulations and code of behaviour for observing St. Lawrence belugas.] Canada, Dept. Fisheries Oceans, Québec.
- ANONYMOUS, *no date* b. Patrimoine du Québec menacé. Les belugas. [Poster, 52 cm × 66.6 cm. Notice about observation and non-harassment of belugas.] — Soc. Linn. Québec; Pêches Océans Canada et Gouv. Québec, Min. Env., Québec.
- BAILLARGEON, N., 1981. Le Séminaire de Québec de 1760 à 1800. — Le cahiers d'histoire de l'Université Laval, no. 25. Les Presses de l'Université Laval, Québec, [x] + 459 p.
- BERNIER, J.E., 1910. Report on the Dominion of Canada Government Expedition to the Arctic Islands and Hudson Strait on board the D.G.S. "ARCTIC". — Government Printing Bureau, Ottawa, xxix + 529 p. + 181 pls. + 1 map.
- BERNIER, J.E., 1920. Report of inspector J.E. Bernier, M.D., on the sea fisheries of Quebec, for the year 1919. — 53rd ann. Rep. Fish. Br., Dep. Naval Serv. for the year 1919. Thomas Mulvey, Printer to the King's Most Excellent Majesty, Ottawa, p. 36-39.
- BERNIER, J.E., 1921. Report of Inspector J.E. Bernier, M.D., on the sea fisheries of Quebec, for 1920. — 54th ann. Rep. Fish. Br., Dept. Marine Fish. for the year 1920. Thomas Mulvey, Printer to the King's Most Excellent Majesty, Ottawa, p. 43-46.
- BOIVIN, L., 1941. Dans nos montagnes (Charlevoix). Les Éboulements, Mars 1941. — L'Imprimerie Lafamme, Ltée, 34, Rue Garneau, Québec. xvi + 254 p.
- BONIN, W. & V.D. VLADYKOV, 1940. Études sur les mammifères aquatiques. I. La peau du marsouin blanc ou béluga. — Contr. Inst. zoologie, Univ. Montréal, n° 7, 35 p. (Extract, with changed pagination from *Naturaliste can.*, vol. 67, nos. 10-11, 1940.)
- BONNIÈRE, R. [Director], ca 1955. The white whale hunters of L'Anse aux Basques. Written by Judith Crawley & Pierre Perrault. — Produced by Crawley Films for the Canadian Broadcasting Corporation. Available from Crawley Films, Ottawa. [Not seen]
- BOUCHER, P., 1664. Histoire véritable et naturelle des mœurs et productions du pays de la Nouvelle France. Vulgairement dit le Canada. — Paris, Chez Florentin Lambert, rue Saint Jacques, vis à vis Saint Yves, à l'Image Saint Paul. Avec Permission. [xxiv] + 168 p.
- BOUCHER, P., 1883 [1664]. Canada in the seventeenth century. From the French of Pierre Boucher. [Translated and prefaced] by Edward Louis Montizambert. — Printed by George E. Desbarats & Co., Montréal, 84 p. + [i].
- BOUCHETTE, J., 1832. Rivière Ouelle or Bouteillerie. A topographical dictionary of the Province of Lower Canada. — Published by Longman, Rees, Orme, Brown, Green & Longman, Paternoster-Row, London, unpaginated.
- BOULVA, J., 1981. Catch statistics of beluga (*Delphinapterus leucas*) in northern Québec: 1974 to 1976, final; 1977 to 1978, preliminary. — Rep. int. Whal. Commn, no. 31, p. 531-538.
- BRAULT, M., M. CARRIÈRE & P. PERRAULT [Directors], 1964. The moontrap. — [Film available from] National Film Board of Canada, Montréal 106B 0164 045, 83 min 46 s.
- BREIWKICK, J.M., E.D. MITCHELL & D.G. CHAPMAN, 1981. Estimated initial population size of the Bering Sea stock of bowhead whale, *Balaena mysticetus*: an iterative method. — Fish. Bull., 78: 843-853.
- BRETON-PROVENCHE, M., 1980. Survey of the beluga population in the Poste-de-la-Baleine region (New Québec). — Submitted to the Subcommittee on small cetaceans of the International Whaling Commission Scientific Committee, Cambridge, July 1980. SC/32/SM 16, [viii] + 58 p. typescript.
- BRETON-PROVENCHE, M., 1982a. Les bélugas du Saint-Laurent. — Soc. linn. Québec, 1675, Ave. du Parc, Sainte-Foy, Québec, G1W 4S3, 31 p.
- BRETON-PROVENCHE, M., 1982b. White whales of the St. Lawrence. — Soc. linn. Québec, 1675, Ave. du Parc, Sainte-Foy, Québec, G1W 4S3, 31 p.
- BRICE-BENNETT, C., 1977. Land use in the Nain and Hopedale regions. — Pages 97-203 in C. Brice-Bennett (ed.), Our footprints are everywhere. Inuit land use and occupancy in Labrador. Labrador Inuit Association, Nain, Labrador, Canada A0P 1L0. xiv + 381 p. + errata, Maps 27, 30, 72 & 95.
- BRICE-BENNETT, C., 1980. An overview of the occurrence of cetaceans along the northern Labrador coast. — A report in fulfillment of contract no. OTT 78-111 for the Dept. Indian Aff. North. Dev., Ottawa, 34 p.

- BRODIE, P.F., 1969. Mandibular layering in *Delphinapterus leucas* and age determination. — *Nature*, 221: 956-958.
- BRODIE, P.F., 1971. A reconsideration of aspects of growth, reproduction, and behavior of the white whale (*Delphinapterus leucas*), with reference to the Cumberland Sound, Baffin Island, population. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 28: 1309-1318.
- BRODIE, P., 1981. Hunting loss rate of white whales in Canada. — *Rep. int. Whal. Commn*, no. 31, p. 153.
- BRODIE, P., 1982. The beluga (*Delphinapterus leucas*): growth at age based on a captive specimen and a discussion of factors affecting natural mortality estimates. — *Rep. int. Whal. Commn*, no. 32, p. 445-447.
- BRODIE, P.F., J.L. PARSONS & D.E. SERGEANT, 1981. Present status of the white whale (*Delphinapterus leucas*) in Cumberland Sound, Baffin Island. — *Rep. int. Whal. Commn*, no. 31, p. 579-582.
- CARON, I., 1916. La colonisation du Canada sous la domination française. — Précis historique, Québec, XII + 90 p. + folding map + 4 pls.
- CARTIER, J., 1863. Bref récit et succincte narration de la navigation faite en MDXXXV et MDXXXVI par le capitaine Jacques Cartier aux îles de Canada Hochelaga, Saguenay et autres. — Réimpression figurée de l'édition originale rarissime de MDXLV avec les variantes des manuscrits de la Bibliothèque Impériale. Précédée d'une brève et succincte introduction historique par M. D'avezac. Librairie Tross, Passage des Deux Pavillons (Palais-Royal), Paris, no. 8. ff. [3] + xvi + 68 p.
- CASGRAIN, [H.R.], 1873. Appendice. La pêche aux marsouins à la Rivière-Ouelle. — Pages 189-213 in [H.R.] Casgrain, 1880.
- CASGRAIN, [H.R.], 1880. Une paroisse canadienne au XVII^e siècle. — Imprimerie de Léger Brousseau, Québec, 216 p.
- CASGRAIN, H.R., 1912. Une excursion à l'île-aux-Coudres. — Librairie Beauchemin, Limitée, Montréal, 140 p.
- CATO, J.C. & F.J. PROCHANSKA, 1976. Porpoise attacking hooked fish and injuring Florida fishermen. — *National Fisherman*, vol. 56, no. 9, p. 3-B, 16-B.
- CHAMBERS, E.T.D., 1912. The fisheries of the province of Québec. Part 1, historical introduction. — *Dept. Colonization, Mines and Fish. Prov. Québec*, 206 p.
- CHARLEVOIX, P. de, 1744. Histoire et description générale de la Nouvelle France, avec le journal historique d'un voyage fait par ordre du roi dans l'Amérique Septentrionale. — Tome I^{er} (-6ième). Chez Nyon Fils, Libraire, Quai des Augustins, à l'Occasion, Paris, [viii] + xxvi + 664 p. + 8 folding maps + 1 map.
- CHARLEVOIX, P. de, 1766. A voyage to North-America: Undertaken by command of the present King of France. Containing the geographical description and natural history of Canada and Louisiana. With the customs, manners, trade and religion of the inhabitants; a description of the lakes and rivers, with their navigation and manner of passing the great cataracts. Also, a description and natural history of the islands in the West Indies belonging to the different powers of Europe. Illustrated with a number of curious prints and maps not in any other edition. — Printed for John Exshaw and James Potts, in Dame-Street, Dublin, Vol. 1, [x] + 228 p. + 3 folding maps; vol. 2, [ii] + 335 p. + [xx] + 5 folding maps.
- COMEAU, N.A., 1954. Life and sport on the north shore of the lower St. Lawrence and Gulf. Containing chapters on salmon fishing, trapping, the folklore of the Montagnais Indians and tales of adventure on the fringe of the Labrador Peninsula. — Telegraph Printing Co., Québec, 3rd ed., 440 p.
- DAVIS, R.A. & K.J. FINLEY, 1979. Distribution, migrations, abundance and stock identity of eastern Arctic white whales. — Submitted to the Sub-Committee on Small Cetaceans of the International Whaling Commission Scientific Committee, Cambridge. SC/31/SM10, 36 p. + Tables 1-6 [4 unnumbered pages] + Figures 1-9.
- DIONNE, N.E., 1900. Sainte-Anne-de-la-Pocatière 1672-1900. — Pierre-Georges Roy, éditeur, Lévis, 93 p.
- DUPONT, T., 1980. Mes mémoires. — Musée François-Pilote, La Pocatière, [viii] + 715 p.
- EL-SABH, M., 1979. The lower St. Lawrence Estuary as a physical oceanographic system. — *Naturaliste can.*, 106: 55-73.
- FARIBAUT, G.-B., *n.d.* [Notes sur la pêche aux marsouins avant 1866.] — Archives du Séminaire de Québec, Polygraphie 10, no. 6, 5 p. [handwritten].
- FAUTEUX, J.-N., 1927. Essai sur l'industrie au Canada sous le régime français. — Ls-A. Proulx, Imprimeur du Roi. Québec, 2 vols: vol. 1, p. [xx] + 1-281; vol. 2, p. 282-572.
- FINLEY, K.J., G.W. MILLER, M. ALLARD, R.A. DAVIS & C.R. EVANS, 1982. The belugas (*Delphinapterus leucas*) of northern Quebec: distribution, abundance, stock identity, catch history and management. — *Can. tech. Rep. Fish. aquat. Sci.*, no. 1123, v + 57 p.
- FISH, J.F. & J.S. VANIA, 1971. Killer whale, *Orcinus orca*, sounds repel white whales, *Delphinapterus leucas*. — *Fish. Bull.*, 69: 531-535.
- FORBIN, V., 1930. La pêche aux bélugas. — *La Nature* (Paris), 2835: 543-546.
- FORTIN, P., 1853. Report. Cruise of the coast-guard schooner "Alliance." — *Journals of the Legislative Assembly of the Province of Canada*, session 1852-1853, appendix no. 9 to the 11th vol., p. 1-20.
- FORTIN, P., 1864. Annual report of Pierre Fortin, Esq., commanding the expedition for the protection of the fisheries in the Gulf of St. Lawrence. — Fisheries appendices from the Annual Report for 1863 of the Hon. Wm. McDougall, Commissioner of Crown Lands. Printed by Hunter, Rose & Co., Ottawa, p. 16-76.

- FORTIN, P., 1865. Annual report of Pierre Fortin, Esq., stipendiary magistrate, commander of the expedition for the protection of the fisheries in the Gulf of St. Lawrence, on board "La Canadienne," during the season of 1864. — 3th session of the 8th Parliament of the Prov. Canada, 2nd session of 1865. Vol. 2, Printed by Hunter, Rose & Co., Sainte-Ursule Street. Québec, Sessional Papers no. 25, p. 1-80.
- FRAKER, M.A., 1980. Status and harvest of the Mackenzie stock of white whales (*Delphinapterus leucas*). — Rep. int. Whal. Commn., no. 30, p. 451-458.
- FRANCIS, D., 1977. Whaling on the Eastmain. — Beaver, 308(1): 14-19.
- GALLIENNE, G., (ed.), 1969. Un pied d'ancre. Journal de Placide Vigneau. Trois quarts de siècle d'histoire sur la Côte Nord, le Labrador et les îles de la Madeleine (1857-1926). — Document présenté par Gérard Gallienne et annoté par Mgr René Bélanger. Imprimerie Le Quotidien, Lévis, 311 p. + folding map.
- GARDNER, J., 1983. Si vous découvrez une baleine, un dauphin, ou un phoque... [Poster, 42 cm × 55 cm, giving telephone numbers, Québec, Dept. Fish. Oceans, to be called in the event of a marine mammal stranding.] — Fish. Oceans Canada, Québec.
- GOODE, G.B., 1884. The whales and porpoises. — Pages 7-32 of part 1: Mammals, in G.B. Goode (ed.), The fisheries and fishery industries of the United States, section 1. Natural history of useful aquatic mammals with an atlas of two hundred and seventy-seven plates. Text. — Government Printing Office, Washington, xxxiv + 895.
- GRENFELL, W., 1934. The romance of Labrador. — MacMillan Company, New York, [xvii] + 329 p. + 30 unnumb. pls.
- GUÉGAN, B. (ed.), n.d. Trois voyages au Canada. — Éditions du Carrefour, Paris, viii + [3] + 270 p. + folding map.
- HALL, F., 1818. Travels in Canada and the United States in 1816 and 1817. — Printed for Longman, Hurst, Rees, Orme, & Brown, Paternoster-Row, London, [iv] + 543 p. + 1 folding map.
- HERIOT, G., 1813. Travels through the Canadas, containing a description of the picturesque scenery on some of the rivers and lakes; with an account of the productions, commerce, and inhabitants of those provinces. — Philadelphia, Published by M. Carey, xi + 282 p.
- HOWELL, A.B., 1935. Observations on the white whale. — J. Mamm., 16: 155-156.
- HUDON, P.-H., 1972. Rivière-Ouelle de la Boutellerie. 3 siècles de vie. — Comité du Tricentenaire 1672-1972. xii + 495 p.
- KALM, P., 1770-1771. Travels into North America; containing its natural history and a circumstantial account of its plantations and agriculture in general, with the civil, ecclesiastical and commercial state of the country, the manners of the inhabitants, and several curious and important remarks on various subjects. Translated into English by John Reinhold Forster. 3 vols: vol. 1, — Printed by William Evers, Warrington, 1770, iv + [viii] + xvi + 400 p.; vol. 2, Printed for the editor and sold by T. Lowndes in Fleet-Street, London, 1771, 352 p.; vol. 3, Printed for the editor and sold by T. Lowndes in Fleet-Street, London, 1771, viii + 310 p. + Index.
- KAPEL, F.O., 1977. Catch of belugas, narwhals and harbour porpoises in Greenland, 1954-75, by year, month and region. — Rep. int. Whal. Commn., no. 27, p. 507-522.
- KEATING, M., 1983. Arctic whales: Trying to find how many left. — The Globe and Mail, Toronto, Thursday, 15 September.
- KEMPER, J.B., 1980. History of use of narwhal and beluga by Inuit in the Canadian Eastern Arctic including changes in hunting methods and regulations. — Rep. int. Whal. Commn., no. 30, p. 481-492.
- LA HONTAN, BARON DE, 1735. New voyages to North-America done into English, 2nd ed. in 2 vols. — Vol. 1, Printed for J. & J. Bonwicke, R. Wilkin, S. Birt, T. Ward, E. Wicksteed, & J. Osborn, London, [xvii] + 280 p. + 2 maps + 2 folding maps + 6 pls; vol. 2, Printed for J. Walthoe, R. Wilkin, J. & J. Bonwicke, J. Osborn, S. Birt, T. Ward & E. Wicksteed, 304 p. + 8 pls. + 2 folding pls.
- LAURIN, J., 1976. Preliminary study of the distribution, hunting and incidental catch of harbour porpoise, *Phocoena phocoena* L. in the Gulf and Estuary of the St. Lawrence. — FAO, Scientific consultation on marine mammals, Bergen, Norway, 31 August - 9 September 1976, ACMRR/MM/SC/93, 14 p.
- LAURIN, J., 1980. Les baleines de l'estuaire du Saint-Laurent. — Carnets de zoologie, 40(2): 24-27.
- LAURIN, J., 1982. La chasse au bélugas, *Delphinapterus leucas*, du Saint-Laurent et statut actuel de la population. — Carnets de zoologie, 42(2): 23-27.
- LAVOIE, J.-A., 1922. La famille Lavoie au Canada. De 1650 à 1921. — Québec. xiii + 403 p.
- LAVOIE, N., 1870. Appendix no. 3. Report of the cruise of the government schooner "La Canadienne," in the River and Gulf of St. Lawrence, for the season of 1869, under command of N. Lavoie, Esq., fishery officer in charge. — Ann. Rep. Dept. Marine Fish. for the year ending 30th June, 1869. Ottawa, Printed by I.B. Taylor, p. 14-43.
- LAVOIE, N., 1876. Appendix no. 3. Report of the cruise of the government steamer "Glendon," employed in the protection of the fisheries of the Gulf and River St. Lawrence, during the season of 1875, under command of Napoleon Lavoie, Esq., fishery officer. — Rep. Comm. Fish., for the year ending 31st December, 1875. Suppl. no. 4 to the 8th Ann. Rep. Min. Marine Fish., for the year 1875. Printed by Maclean, Roger & Co., Ottawa, p. 35-116.
- LAVOIE, N., 1899. Appendix no. 6. Quebec. Report of the fishery officer in charge of the government vessel "Aberdeen," engaged in the protection of the fisheries of the Lower St. Lawrence and Gulf divisions for the year 1897. — 31st Ann. Rep. Dept. Marine Fisheries 1898. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 144-204.

- LEATHERWOOD, S. & R.R. REEVES, 1982. Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* and other toothed cetaceans. — Pages 369-449 in J.A. Chapman & G.A. Feldhamer (eds.), *Wild mammals of North America: biology, management and economics*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, 1147 p.
- LEE, H., 1878. The white whale. — R.K. Burt & Co., Printers, London, 16 p.
- LEGENDRE, R., 1929. Les bélugas. — Bull. Inst. océanog. (Monaco), n° 538, 16 p.
- LESSARD, D., 1980. Harcelés, les marsouins blancs fuient le golfe Saint-Laurent. — La Presse, Montréal, Samedi, 23 Août.
- MacKAY, B.K., 1983. Project beluga: Help for whales in St. Lawrence. — Toronto Star, 4 September.
- MAILLOUX, A., 1879. Histoire de l'Isle-aux-Coudres. (Depuis son établissement jusqu'à nos jours avec ses traditions, ses légendes, ses coutumes). — La Compagnie de Lithographie Burland-Desbarats, Montréal, 91 p.
- MARTIN, R., 1973. Les pêches aux marsouins de la Rivière-Ouelle. — Travail présenté par Roger Martin au secrétariat des études avancées pour le séminaire de Monsieur J.C. Dupont sur les techniques pré-industrielles. Université Laval, 42 p. typescript. [Copy from the author, *in litt.*]
- MATHER, F., 1899. White whales in confinement. — Pop. Sci. Month., 55: 362-371.
- McLAREN, P.L. & R.A. DAVIS, 1981. Distribution of wintering marine mammals in southern Baffin Bay and northern Davis Strait, March 1981. — LGL Limited for Arctic Pilot Project, Calgary, Alberta, 85 p. Unpub. rep.
- MERCER, M.C., 1973. Observations on distribution and intraspecific variation in pigmentation patterns of odontocete Cetacea in the western North Atlantic. — J. Fish. Res. Bd Can., 30: 1111-1130 + 4 pls.
- MITCHELL, E., 1974. Present status of Northwest Atlantic fin and other whale stocks. — Pages 108-169 in W.E. Schevill, (ed.), *The whale problem. A status report*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 419 p.
- MITCHELL, E., 1975. Porpoise, dolphin and small whale fisheries of the world. Status and problems. — Int. Union Conserv. Nature and Nat. Res., Morges, Switzerland. IUCN Monogr. no. 3, 129 p.
- MITCHELL, E. & R.R. REEVES, 1981. Catch history and cumulative catch estimates of initial population size of cetaceans in the eastern Canadian Arctic. — Rep. int. Whal. Commn., no. 31, p. 645-682.
- MOUSSETTE, M., 1979. Fishing methods used in the St. Lawrence River and Gulf. — Natl Hist. Parks Sites Br., Parks Canada, History and Archaeology, 22, 171 p.
- NETTLE, R., 1860. Appendix no. 32. Report of the Superintendent of Fisheries for Lower Canada, 1859. — Rep. Comm. Crown Lands of Canada, for the year 1859. Printed by Thompson & Co., Sainte-Ursule Street, Québec, p. 91-105.
- NEU, H.J.A., 1975. Run-off regulation for hydropower and its effects on the ocean environment. — Can. J. Civ. Eng., 2: 583-591. [not seen]
- OUELLET, G., 1973. Histoire de Sainte-Anne-de-la-Pocatière. 1672-1972. — Comité du Tricentenaire et de la Population de Sainte-Anne-de-la-Pocatière, xii + 397 p. + 48 photos.
- PEIRE, [Monsieur], 1883-1885 [1728]. 8 Novembre, 1728. Lettre de Mr. Peire, transmettant un état des pêches de marsouins. — Collection de manuscrits, contenant lettres, mémoires et autres documents historiques relatifs à la Nouvelle France... Québec, A. Côté, 1883-1885. 3^e série, vol. 11, 1728-1729, p. 2306 [and overside]. [Seen at Archives nationales du Québec, localisation 3A18-2205B.]
- PENNANT, T., 1784-1785, 1787. Arctic zoology. — Henry Hughs, London 3 vols in 4, 952 p. + 23 pls. + 2 folding maps.
- PERRAULT, P., 1977. Discours sur la condition sauvage et québécoise. Et pour ce que voullions avboir plus ample connoissance desdits paroisses misme les voiles bas et an travers. — LIDEC, Inc., Montréal, 108 p.
- PERRAULT, P., B. GOSELIN & M. BRAULT [Directors], 1968. Beluga days. — [Film available from] Natl Film Bd Canada, Montréal, 106C 0168 152, 14 min 52 s.
- PERRIN, W.F. [Chmn], 1980. Report of the Sub-Committee on Small Cetaceans. — Rep. int. Whal. Commn., no. 30, p. 111-128.
- PERRIN, W.F. & A.C. MYRICK, Jr, 1980. Report of the workshop. [Age determination of toothed whales and sirenians]. — Rep. int. Whal. Comm. (Spec. Issue 3), p. 1-50.
- PERRON, E., 1981. Goélettes de l'Île-aux-Coudres. — Éditions du Bien Public, Trois-Rivières, 271 p. + pls. I-XXVIII.
- PIPPARD, L., 1980. Looking after our own. The white whales of the St. Lawrence need protection. — Nature Canada, 9 (1): 39-42, 44-45.
- PIPPARD, L., [1982, 1983]. L'observation des baleines. [Poster, 35.5 cm × 50.7 cm, describing status of St. Lawrence River belugas with information on observation avoiding harassment. Funded by World Wildlife Fund (Canada).] — Can. Wildl. Serv., Québec.
- PIPPARD, L. & H. MALCOLM, 1978. White whales (*Delphinapterus leucas*). Observations on their distribution, population and critical habitats in the St. Lawrence and Saguenay Rivers. — Dept. Indian North. Aff., Parks Canada, project C1632, contract 76-190, [vii] + 161 p. + 17 charts + 10a + 10b.
- PLANTE, F., 1981. La vie des baleines blanches menacées par les plaisanciers. — Le Soleil, Québec, Samedi, 4 Juillet, p. 1.
- POTVIN, D., n.d. The Saguenay trip, by Damase Potvin, with an appendix on the homespun industry by William Carless, 11th ed. — Canada Steamship Lines, 715 Victoria Square, Montréal, 96 p. + XII + folding map.

- POTVIN, D., 1929. En zigzag. Sur la Côte et dans l'île. Simples notes d'un journaliste. — Chez l'auteur: 9 Avenue Desy, Québec, 80 p.
- PRINCE, E.E., 1906. The whaling industry and the Cetacea of Canada. — 38th Ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1905. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. lxxv-lxxxviii.
- QUINN, D.B. (ed.), 1979. Newfoundland from fishery to colony. Northwest Passage searches. Vol. IV of V vols. — New American world. A documentary history of North America to 1612. Arno Press and Hector Bye, Inc., New York. xxvi + 454 p. + figs. 112-127 (vol. IV only).
- RAE, J., 1868. The white porpoise. — Land and Water, vol. 5, May 16 p. 265.
- RAY, C., 1961. A question in whale behavior. — Nat. Hist., 70(6): 46-53.
- REEVES, R.R., 1976. White whales of the St. Lawrence. — Can. geogr. J., 92(2): 22-29.
- REEVES, R.R. & S.K. KATONA, 1980. Extralimital records of white whales (*Delphinapterus leucas*) in eastern North American waters. — Can. Fid Nat., 94: 239-247.
- REEVES, R.R. & E. MITCHELL, 1982. Faunal analysis of cetaceans in the River and Gulf of St. Lawrence. — Rep. submitted to Parks Canada, Ottawa, in partial fulfillment of contract no. OSD81-00170 (Ms.).
- RICH, E.E., 1958-1959. The history of the Hudson's Bay Company 1670-1870. — Hudson's Bay Record Society, London, Vol. I: 1670-1763, xvi + 688 p. + (xv) + 2 pls. + folding map; Vol. II: 1763-1870, [xii] + 974 p. + (xv) + 2 pls. + 1 folding map.
- ROCHEMONTEIX, P.C. de, 1904. Relation par lettres de L'Amérique Septentrionale (années 1709 et 1710). Éditée et annotée. — Letouzey et Ané, Éditeurs, Paris, LXIII + 221 p.
- ROY, P.-G., 1906. La famille Des Champs De Boishébert. Henry-Louis Des Champs De Boishébert. — Bull. Rech. Hist., 12(4): 97-118.
- ROY, P.-G., 1918. Charles Denys de Vitré, conseiller au Conseil Souverain. — Bull. Rech. Hist., 24(8): 225-242.
- ROY, P.-G., 1926. Notes sur François Hazeur. — Bull. Rech. Hist., 32(12): 705-711.
- SAGARD, G., 1939. The long journey to the country of the Hurons. Edited with introduction and notes by George M. Wrong and translated into English by H.H. Langton. — Publ. Champlain Soc., Toronto, vol. 25, xlvi + 411 p. + (xii) + 3 pls. + 2 maps.
- SANS-TERRE, J. [Beaudoin, E.], 1922. La pêche aux marsouins. — Almanach de L'Action Sociale Catholique, Québec, 6^e année, p. 28, 30-31.
- SAYER, W.L. (ed.), 1889. New Bedford, Massachusetts. Its history, industries, institutions, and attractions. — Published by order of the Board of Trade. Mercury Publishing Co., 112 and 114 Union Street, New Bedford, Mass., [319] p.
- SCHARRER, E., 1938. Kleine Wal-Jagd in Kanada. — Natur Volk, 68(3): 130-140.
- SCHARRER, E., 1983. A small whale hunt in Canada. — [Transl. of Scharrer, E. 1938.] Can. Transl. Fish. aquat. Sci., no. 4973, 16 p.
- SCHMITT, J., 1904. Monographie de l'île d'Anticosti (Golfe Saint-Laurent). — Librairie Scientifique A. Hermann, Paris, [x] + VI + 370 p. + 39 pls. + folding map.
- SEAMAN, G.A. & J.J. BURNS, 1981. Preliminary results of recent studies of belukhas in Alaskan waters. — Rep. int. Whal. Commn., no. 31, p. 567-574.
- SERGEANT, D.E., 1959. Age determination in odontocete whales from dentinal growth layers. — Norsk Hvalfangst-Tid., 48(6): 273-288.
- SERGEANT, D.E., 1978. Ekologicheskaya izolyatsiya nekotosykh kitobraznykh. [Ecological isolation in some Cetacea.] — Pages 20-34 in V.E. Sokolov & A.V. Yablokov (eds.), Novoe vizuchenii kitoobraznykh i lastonogykh. [Advances in pinniped and cetacean research]. Akademia Nauk SSSR, Institut Evolyutsionnoi Morfologii i Ekologii Zhivotnykh im A.N. Severtsova. Izdatelstvo "Nauka", Moskva, 144 p.
- SERGEANT, D.E., 1983a. Status of white whales in the St. Lawrence River Estuary. — Page 95 in Abstr. 5th Bienn. Conf. Biol. Mar. Mamm., New England Aquarium, Boston, Mass..
- SERGEANT, D.E., 1983b. Whales' outlook brighter [Letter to the Editor]. — The Globe and Mail, Toronto, 8 October.
- SERGEANT, D.E. & P.F. BRODIE, 1969. Body size in white whales, (*Delphinapterus leucas*). — J. Fish. Res. Bd Can., 26: 2561-2580.
- SERGEANT, D.E. & P.F. BRODIE, 1975. Identity, abundance, and present status of populations of white whales, *Delphinapterus leucas*, in North America. — J. Fish. Res. Bd Can., 32: 1047-1054.
- SERGEANT, D.E. & H.D. FISHER, 1957. The smaller Cetacea of eastern Canadian waters. — J. Fish. Res. Bd Can., 14: 83-115.
- SERGEANT, D.E., A.W. MANSFIELD & B. BECK, 1970. Inshore records of Cetacea for eastern Canada, 1949-68. — J. Fish. Res. Bd Can., 27: 1903-1915 + Figs 4-5.
- SERGEANT, D.E., W. HOEK, R. GREENDALE & D. MARCHESSAUX, 1982. [Research in progress.] — Oregon State Univ., Corvallis, OR 97331, Marine Mammal Information, Dec. 1982, p. 2-3.
- SIMMONDS, P.L., 1877. Animal products. Their preparation, commercial uses, and value. — Chapman and Hall, London, xx + 416 p. + 16 p. [advertisements].
- SMALL, H.B., 1866. The Canadian handbook and tourist's guide giving a description of Canadian lake and river scenery and places of historical interest with the best spots for fishing and shooting. — M. Longmoore & Co., Printing House, 67 Great St. James Street, Montréal, 196 p.
- SMITH, T.D., 1983. Changes in size of three dolphin (*Stenella* spp.) populations in the eastern tropical Pacific. — Fish. Bull., 81: 1-13.

- STEVENSON, C. H., 1904. Aquatic products in arts and industries. Fish oils, fats, and waxes. Fertilizers from aquatic products. — Rep. Comm., U.S. Commn. Fish and Fisheries, for year 1902, Pt. 28, p. 177-279 + pls. 10-25.
- TAYLOR, G., 1771. A voyage to North America, performed by G. Taylor, of Sheffield, in the years 1768, and 1769.... — Printed by S. Creswell for the author, Nottingham, [viii] + 248 p.
- TETU, T., 1869. Appendix no. 4. Report of Theophile Tetu, Esq., of the cruise of *La Canadienne* in the River and Gulf of St. Lawrence, for the season 1868. — Ann. Rep. Dept. Marine Fish., for the year 1868. Printed by Hunter Rose & Co., Ottawa, p. 36-66.
- THWAITES, R. G. (ed.), 1897a. The Jesuit relations and allied documents. Travels and explorations of the Jesuit missionaries in New France 1610-1791. The original French, Latin, and Italian texts, with English translations and notes; illustrated by portraits, maps, and facsimiles. — The Burrows Brothers Company, Cleveland, vol. 5, Québec: 1632-1633.
- THWAITES, R. G. (ed.), 1897b. The Jesuit relations and allied documents. Travels and explorations of the Jesuit missionaries in New France 1610-1791. The original French, Latin, and Italian texts, with English translations and notes; illustrated by portraits, maps, and facsimiles. — The Burrows Brothers Company, Cleveland, Vol. 9, Québec: 1636.
- THWAITES, R. G. (ed.), 1899a. The Jesuit relations and allied documents. Travels and explorations of the Jesuit missionaries in New France 1610-1791. The original French, Latin, and Italian texts, with English translations and notes; illustrated by portraits, maps, and facsimiles. — The Burrows Brothers Company, Cleveland, Vol. 48, Lower Canada, Ottawa: 1662-1664.
- THWAITES, R. G. (ed.), 1899b. The Jesuit relations and allied documents. Travels and explorations of the Jesuit missionaries in New France 1610-1791. [The original French, Latin, and Italian texts, with English translations and notes; illustrated by portraits, maps, and facsimiles. — The Burrows Brothers Company, Cleveland, Vol. 50, Lower Canada, Iroquois, Ottawas: 1664-1667.
- TRUE, F. W., 1909. Observations on living white whales (*Delphinapterus leucas*); with a note on the dentition of *Delphinapterus* and *Stenodelphis*. — Smithsonian Misc. Coll., 52(3): 325-330 + Pl. XXIII.
- VIBE, C., 1967. Arctic animals in relation to climatic fluctuations. — Medd. Grønland, 170(5): 1-227.
- VLADYKOV, V.-D., 1944. Études sur les mammifères aquatiques. III. Chasse, biologie et valeur économique du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve et du golfe Saint-Laurent. — Dép. Pêcheries, Prov. Québec, Québec, 194 p. + Figures 3, 17, 48-49 [folding maps]. (Also published in Contr. Inst. biologie, Univ. Montréal, n° 15, 1944.)
- VLADYKOV, V.-D., 1946. Études sur les mammifères aquatiques. VI. Nourriture du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. — Contr. Dép. Pêcheries Québec, n° 17, 160 p. + Figs. 41 and 42 [folding maps]. (Also published in Contr. Inst. biol. gén. zool., Univ. Montréal, n° 19, 1947.)
- WAKEHAM, W., 1882. No. 3. Québec. Fisheries statements for the year 1881. — Suppl. no. 2 to the 14th ann. Rep. Dept. Marine Fish. for the year 1881. Printed by Maclean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 75-155.
- WAKEHAM, W., 1883. No. 3. Québec. Fisheries statements for the year 1882. — Suppl. n° 2 to the 15th ann. Rep. Dept. Marine Fish. for the year 1882. Printed by Maclean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 75-145.
- WAKEHAM, W., 1884. No. 4. Québec. Report of the fishery officer in charge of the government vessel *La Canadienne*, engaged in the protection of the Gulf fisheries, for the year 1883. Report on the Fisheries of Canada for the year 1883. — Suppl. no. 2 to the 16th ann. Rep. Dept. Marine Fish. for the year 1883. Printed by Maclean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 95-167.
- WAKEHAM, W., 1885. No. 4. Québec. Report of the fishery officer in charge of the government vessel "*La Canadienne*," engaged in the protection of the Gulf fisheries for the year 1884. — Ann. Rep. Dept. Fish., Dominion of Canada, for the year 1884. Printed by Maclean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 166-233.
- WAKEHAM, W., 1887. Appendix no. 6. Québec. Report of the fishery officer in charge of the government vessel "*La Canadienne*," engaged in the protection of the Gulf fisheries, for the year 1886. — Ann. Rep. Dept. Fish., Dominion of Canada, for the year 1886. Printed by Maclean, Roger & Co., Wellington Street, Ottawa, p. 195-246.
- WAKEHAM, W., 1888. Appendix no. 6. Québec. — Ann. Rep. Dept. Fish., Dominion of Canada, for the year 1887. Printed by Brown Chamberlin, Queen's Printer and Controller of Stationery, p. 185-238.
- WAKEHAM, W., 1889. Appendix no. 5. Québec. — Ann. Rep. Dept. Fish., Dominion of Canada, for the year 1888. Ottawa, Printed for the Queen's Printer and Controller of Stationery, A. Senecal, Superintendent of Printing, p. 141-186.
- WAKEHAM, W., 1891. Appendix D. Québec. Report of the fishery officer in charge of the government vessel "*La Canadienne*," engaged in the protection of the Gulf of St. Lawrence fisheries, for the year 1890. — Ann. Rep. Dept. Fish., Dominion of Canada for the year 1890. Printed by Brown Chamberlin, Ottawa, p. 116-159.
- WAKEHAM, W., 1893. Appendix D. Québec. Report of the fishery officer in charge of the government steamer "*La Canadienne*," engaged in the protection of the Gulf of St. Lawrence fisheries for the year 1892. — 25th ann. Rep. Dept. Marine Fish. for the fiscal year ended 30th June 1892. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 99-139.
- WAKEHAM, W., 1894. Appendix no. 8. Québec. Report of the Gulf of St. Lawrence fisheries for the year 1893, by commander Wm. Wakeham, including

- synopsis of all the overseers' reports. — 26th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1893. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 221-261.
- WAKEHAM, W., 1895. Appendix no. 9. Québec. Report on the Gulf of St. Lawrence fisheries for the year 1894 by Commander Wm. Wakeham, including synopsis of the local overseers' reports. — 27th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1894. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 277-311.
- WAKEHAM, W., 1897. Appendix no. 6. Québec. Report on the Gulf of St. Lawrence fisheries for the year 1895, by commander Wm. Wakeham, including synopsis of the local overseers' reports. — 29th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1896. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 152-184.
- WAKEHAM, W., 1898. Appendix no. 6. Québec. Report on the Gulf of St. Lawrence fisheries for the year 1896, by commander Wm. Wakeham, including synopses of the local overseers' reports of the whole province. — 30th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1897. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 150-186.
- WAKEHAM, W., 1900. Appendix no. 6. Québec. Report on the Gulf of St. Lawrence fisheries for the season of 1898, by fishery officer Wm. Wakeham, M.D., with synopsis of overseers' reports. — 32nd ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1899. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 145-182.
- WAKEHAM, W., 1902. Appendix no. 10. Québec. Report on the Gulf of St. Lawrence fisheries for the season of 1900, by fishery officer Wm. Wakeham, M.D., commander of "*La Canadienne*." — 34th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1901. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 182-221.
- WAKEHAM, W. & J. RIENDEAU, 1909. Appendix no. 6. Province of Québec. — 42nd ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1908-1909. Fisheries. Printed by C.H. Parmelee, Ottawa, p. 156-202.
- WAKEHAM, W., C.A. BERNARD & J. RIENDEAU, 1912. Appendix no. 6. Québec. — 45th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1911-1912. Fisheries. Printed by C.H. Parmelee, Ottawa, p. 226-260.
- WAKEHAM, W., N. LAVOIE & A.H. BELLIVEAU, 1903. Appendix no. 8. Québec. — 35th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1902. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 145-183.
- WAKEHAM, W., N. LAVOIE & A.H. BELLIVEAU, 1904. Appendix no. 6. Province of Québec. — 36th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1903. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 141-179.
- WAKEHAM, W., N. LAVOIE & A.H. BELLIVEAU, 1905. Appendix no. 6. Province of Québec. — 37th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1904. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 142-185.
- WAKEHAM, W., J. RIENDEAU & A.H. BELLIVEAU, 1907. Appendix no. 5. Province of Québec. — 40th ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1907. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 142-179.
- WAKEHAM, W., J. RIENDEAU & A.H. BELLIVEAU, 1908-1909. Appendix no. 6. Province of Québec. — 41st ann. Rep. Dept. Marine Fish. 1907-1908. Fisheries. Printed by S.E. Dawson, Ottawa, p. 144-181.
- WRONG, G.M., 1908. A Canadian manor and its seigneurs. The story of a hundred years 1761-1861. — Bryant Press, Toronto, 295 p.
- WYMAN, J., 1863. Description of a "White Fish", or "White Whale", (*Beluga borealis* Lesson.). Boston J. Nat. Hist., vol. 7, no. 4, p. 603-612 + pl. 13.

LIVRES REÇUS

BINESSE, M., 1983. **Protection et amélioration des cours d'eau: objectif faune aquatique** — Gouvernement du Québec, Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction générale de la faune, 153 p., 21 × 27 cm. Couverture souple.

Comme l'auteur le spécifie dans l'avant-propos, l'objectif de ce texte est de *fournir un manuel technique sommaire* au personnel du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec, concerné par la protection et l'amélioration des cours d'eau. Dans le premier chapitre, l'auteur définit quelques termes écologiques: biotope, biocénose, fonctionnement de l'écosystème aquatique. Suivent ensuite cinq autres chapitres où l'on définit l'habitat et le cycle de vie des salmonidés, les paramètres physico-chimiques de l'eau, les composantes morphodynamiques (régime hydraulique, pente, granulométrie, etc.), les méthodes d'évaluation et de diagnostic des milieux, ainsi que la méthodologie et les techniques d'aménagement des cours d'eau. —J.C.

CHAUSSADE, J., 1983. **La pêche et les pêcheurs des provinces maritimes du Canada. Contribution à l'étude du sous-développement à l'intérieur d'un pays riche**. — Presses de l'Université de Montréal, 302 p., 17,5 × 25,3 cm. Couverture souple, 28\$.

Cet ouvrage est la résultante d'une thèse de doctorat d'État soutenue à l'Université de Bretagne Occidentale (Brest). L'auteur énumère de nombreuses réalités d'une façon statistique. Il divise en trois parties cette étude de *géographie humaine*. La première partie dévoile les caractères physiques des trois provinces maritimes. La deuxième décrit les différentes sortes de pêche (homard, poisson de fond, hareng, pétoncle, etc.) ainsi que les infrastructures portuaires. Dans la troisième partie intitulée «À la recherche des responsabilités», l'auteur dresse l'historique des provinces à partir du XVI^e siècle jusqu'à nos jours, en signalant les politiques gouvernementales qui se sont succédées. Il divise cette partie en 5 chapitres dont le dernier analyse les problèmes qui sont vécus actuellement [noter le sous-titre du livre] tant par les pêcheurs que par les gens qui s'occupent des pêcheries aux points de vue politique, économique et scientifique. —J.C.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1983. **Aminocarbe: effets de son utilisation sur la forêt et l'environnement de l'homme**. — Publication n° 18980 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 267 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

L'aminocarbe est un insecticide utilisé mondialement en agriculture et en sylviculture. Utilisé pour la première

fois au Manitoba, en 1965, son usage s'est considérablement accru depuis 1975 afin de protéger les forêts de conifères contre la tordeuse des bourgeons de l'épinière. Ce document rassemble les données sur la chimie de cet insecticide, les effets de son exposition et la toxicologie sur l'environnement incluant ses effets tératologiques et mutagènes sur les mammifères et sur l'homme (Syndrome de Reye). —J.C.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1983. **Effets des aérosols sur les processus atmosphériques**. — Publication n° 18474 du Secrétariat de l'Environnement, Ottawa, 230 p., 21 × 27 cm. Couverture souple, 8\$.

Le *Sous-comité de l'air* du Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement a préparé ce dossier visant à évaluer la contribution des phénomènes naturels et la contribution anthropique à la matière particulaire totale en suspension dans l'air. On y énumère les propriétés chimiques et physiques des particules en suspension, on définit et on fait un estimé des sources d'émission, on analyse leur transport, transformation, propriétés optiques, ainsi que leurs effets sur les nuages, les brouillards, les précipitations et le climat. Les experts émettent également des recommandations quant à l'étude et au traitement de cette réalité. —J.C.

CUFF, W.R. & M. TOMCZAK Jr. (édit.), 1983. **Synthesis and modelling of intermittent estuaries. A case study from planning to evaluation**. — Lecture notes on coastal and estuarine studies no. 3. Springer-Verlag, 302 p., 16,5 × 24 cm. Couverture souple, 22,50\$ US.

Rapport de l'étude quinquennale de l'estuaire de Port Hacking, près de Sydney en Australie, entreprise en 1973. Une équipe multidisciplinaire de chercheurs avaient alors pour mandat d'établir des modèles mathématiques des processus océanographiques, chimiques, physiques et biologiques. Onze contributions décrivent les résultats des recherches et les difficultés rencontrées lors de l'établissement de ces modèles. —J.C.

GOULET, M. & D. LALIBERTÉ, 1982. **BPC: Contamination du milieu aquatique au Québec méridional**. — Ministère de l'Environnement du Québec, 47 p., 21 × 27 cm. Broché.

Découlant du programme «Réseau de surveillance des substances toxiques dans le milieu aquatique québécois» du Service de la qualité des eaux du ministère

de l'Environnement du Québec, ce rapport d'étude quantifie la présence des biphényles polychlorés (BPC) dans l'environnement. Employés dans de nombreux produits (dont les peintures, vernis, encres d'imprimerie, lubrifiants, ignifuges, plastifiants, etc.), leur utilisation est interdite au Canada depuis 1980. Le Service a échantillonné dans onze bassins de rivière et dresse une carte de la contamination par ce produit. —J.C.

JACOBS, P. & F. ROBERT (sous la responsabilité de), 1983. **Stratégies de conservation de l'eau**. — Télé-université, 214 avenue Saint-Sacrement, Québec, 399 p., 21,5 × 27,5 cm. Couverture souple, 20\$.

Cette publication constitue le compte rendu du colloque international «Stratégies de conservation de l'eau» tenu à Québec en juin 1981 sous les auspices de l'Unesco. Divisée en trois chapitres, elle contient des contributions scientifiques, fait état de la participation des citoyens et l'on dresse un bilan général. Trente-cinq auteurs de divers pays y présentent une contribution sur l'un ou l'autre des aspects suivants: le rôle des politiques gouvernementales, la législation, la reconquête de la qualité des eaux, etc. —J.C.

MACURDA, D.B., Jr., 1983. **Systematics of the fissiculate blastoidea**. — Papers on Paleontology no. 22 of the Museum of Paleontology, University of Michigan, Ann Arbor, 291 p., 20 × 25,5 cm. Couverture souple.

Monographie des Blastoïdes, du Silurien jusqu'au Permien, qui complète une première version publiée en 1972. L'auteur y inclut des descriptions d'espèces et 49 planches noir et blanc. Ces dernières occupent environ un tiers de l'ouvrage. —J.C.

McVEY, J.P. (édit.), 1983. **Handbook of mariculture. Volume I. Crustacean aquaculture**. — CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 442 p., 18 × 26 cm. Relié, 140\$.

Cet ouvrage vise à diffuser les techniques actuelles sur la culture des crustacés, pour permettre aux éleveurs comme aux chercheurs de choisir les méthodes les

plus appropriées. Ce guide est divisé en quatre sections. La première section traite de l'alimentation des larves; la seconde porte sur la maturation et l'éclosion des œufs; la troisième décrit les pathologies possibles accompagnées de leur traitement, et la dernière section comporte des renseignements sur l'alimentation des adultes. —J.C.

RAGOTZKIE, R.A. (édit.), 1983. **Man and the marine environment**. — CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 180 p., 18 × 26 cm. Relié, 76\$.

Cet ouvrage est une sorte de guide réunissant beaucoup de renseignements sous la thématique des interactions entre l'homme et le milieu marin. Les sujets traités sont les loisirs reliés à la mer, la pêche et les pêcheurs, le travail en mer, la navigation (sur la voie maritime des Grands Lacs et du Saint-Laurent), les effets des vagues, marées et tempêtes sur les côtes et l'aménagement de ces dernières, ainsi qu'un résumé des lois sur la protection et l'utilisation des côtes (en vigueur aux États-Unis). Dans chacun des neuf chapitres, on dresse un résumé historique et/ou un bilan actuel de la situation du sujet. Chaque chapitre possède sa propre bibliographie. De nombreuses photographies en noir et blanc ainsi que de nombreuses statistiques sont présentées. —J.C.

TREMBLAY, J. (édit.), 1983. **Écologie et environnement** — Cahiers de recherche éthique n° 9, Fides, Montréal, 200 p., 14 × 21,5 cm. Couverture souple, 8,95\$.

Ouvrage divisé en 12 parties en plus d'une courte présentation du président de l'équipe de direction de cette série. Chaque partie est le fruit d'une analyse ou synthèse d'un auteur différent. Les sujets gravitent autour de l'écologie et de l'environnement et soulèvent des questions d'ordre éthique et moral. Citons la contribution de P. Dansereau, intitulée «Impact de la connaissance écologique sur l'éthique de l'environnement», celle de A. Delisle sur «Les défis environnementaux des années 80», ainsi que celle de J.-B. Bundock qui fait le «Bilan du club de Rome». Le but des *Cahiers de recherche éthique* est de «susciter une réflexion entre l'homme et son milieu sous l'angle des finalités». —J.C.

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

Le Naturaliste canadien (*Revue d'écologie et de systématique*) publie des articles inédits, rédigés en français ou en anglais, *découlant de travaux de recherche* en écologie fondamentale et appliquée, en systématique et dans certains domaines apparentés. Tout manuscrit soumis est l'objet d'une évaluation externe par des pairs.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à *double interligne* sur le recto de feuilles de 21,5 × 28 cm, seront expédiés en *trois* exemplaires à l'adresse suivante: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

Les éléments du manuscrit sont les suivants: (1) le titre, le nom de l'auteur, le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur; (2) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces; (3) un résumé français et un résumé anglais; (4) le texte; (5) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains) et les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes).

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant: résumé, *abstract*, introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes: (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italique; (2) les notes inframarginales doivent être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement; (3) pour les unités de mesure, on doit utiliser le SI (système international d'unités).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles sont indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles sont citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant de la présentation suivante:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des don-

nées écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 in M. L. Cody & J. M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Les titres des périodiques doivent être abrégés selon «World List of Scientific Periodicals».

ILLUSTRATIONS

Les *photographies* doivent être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupe, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numérotéer proprement et lisiblement au coin droit. Trois séries sont requises.

Les *dessins* doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage doit être fait à l'aide d'un appareil à dessin ou l'équivalent (mais non à la machine à écrire ou par l'imprimante d'un ordinateur). Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 2 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir deux copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12,5 × 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

FRAIS

La revue n'impose aucune charge aux auteurs, mais elle invite ceux qui le peuvent à contribuer aux frais de publication.

Par ailleurs, la Direction de la revue limite ses frais de clichage à trois clichés par article. Les clichés additionnels, les hors-textes, les tableaux démesurés ou trop denses, de même que les corrections d'auteur abusives, sont entièrement à la charge des auteurs.

TIRÉS À PART

La revue offre gracieusement vingt-cinq tirés à part de chaque article.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

EDITORIAL POLICY

Are considered for publication in "*Le Naturaliste canadien*" (Revue d'écologie et de systématique) manuscripts in French or in English, based on *original research* in basic and applied ecology, systematics, and related sciences. Every manuscript will be subjected to normal reviewing process by external referees.

GENERAL PRACTICES

Manuscripts should be typewritten in *double* spacing throughout, on one side of bond paper 21.5 × 28 cm, and submitted *in triplicate* to: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

The sequence of material should be: (1) title, author's name, author's affiliation and address; (2) a running head of no more than 60 letters and spaces; (3) a French and an English abstract; (4) the manuscript proper; (5) on separate pages, Tables (numbered consecutively in Roman numerals) and Figure captions (numbered consecutively in Arabic numerals).

MANUSCRIPT DETAILS

The arrangement of the contents should generally be as follows: *Résumé*, Abstract, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References.

In preparing copy please take the following remarks into account: (1) underscore only where italics are intended; (2) footnotes are to be avoided as far as possible, but if they must be used they should be numbered consecutively; (3) SI units should be used.

REFERENCES

Literature references in the text should be by author, followed by year of publication. All papers referred to in the manuscript should be listed alphabetically by first author, according to the following examples:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. *Écologie numérique*. 1. Le traitement multiple des données écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 in M. L. Cody & J. M. Diamond (eds.), *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Abbreviations for titles of periodicals should follow the "World List of Scientific Periodicals".

ILLUSTRATIONS

Prints of *photographs* should be made on glossy paper with a wide range in tone. They should be cropped, mounted with rubber cement on white cardboard, and clearly numbered at the right corner of each photograph. Three complete sets of photographs must be submitted.

Drawings should be made with black india ink on white drawing paper. All lettering should be made with a lettering system (but no part of it type-written nor computer-printed). All lettering must be sufficiently large to be at least 2 mm on final reproduction. One original and two clean copies of each drawing should be submitted.

Drawings and photographs must be made to a scale allowing reduction to an area not exceeding 12.5 × 20 cm inclusive of captions.

Captions should be typed in paragraph form on a separate page. Each illustration should be clearly labelled on the back, giving the name of the author and the figure number.

CHARGES

There is no systematic page charges, but any contribution toward cost of publication is welcomed.

The first three figures of each paper are free of charge. However, additional Figures, Tables or Figures requiring a fold-out leaf, broad or over-stuffed Tables, as well as excessive corrections in proof are fully charged to the author.

REPRINTS

Twenty-five reprints are supplied free of charge.

Recherches sur la baie d'Hudson et la baie James. — *Naturaliste canadien (Revue d'écologie et de systématique)* vol. 109, nos 3-4, 1982. 725 pages, 28\$.

Soixante articles découlant de recherches récentes, dans différentes disciplines sur la baie d'Hudson et la baie James.

Expédier votre chèque ou mandat à :

Le Naturaliste canadien
Revue d'écologie et de systématique
Département de biologie, Pavillon Vachon
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

Scientific studies on Hudson and James Bays. — *Naturaliste canadien (Revue d'écologie et de systématique)*, vol. 109, nos. 3-4, 1982. 725 pages, \$28.

Sixty papers from recent inter-disciplinary scientific studies on Hudson and James bays.

Send your cheque or money order to :

Le Naturaliste canadien
Revue d'écologie et de systématique
Département de biologie, Pavillon Vachon
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111

NUMÉRO 1

1984

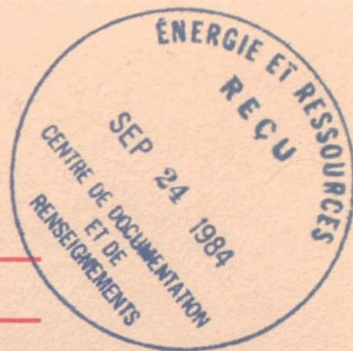
PRINCIPES ET DÉVELOPPEMENT DE LA CLASSIFICATION DES PLANTES

BERNIER, R. Système et méthode en taxonomie: Adanson, A.-L. de Jussieu et A.-P. de Candolle	3-12
BAUM, B.R. Les méthodes numériques comme critères de validité systématique	13-19
BARABÉ, D. Les principes directeurs des systèmes modernes de classification des Angiospermes	21-30
POWELL, G.R. Forest cover on two watersheds of the Nashwaak Experimental Watershed Project in west-central New Brunswick	31-44
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 1. Cocconeioideae (Achnanthes, Achnanthaceae)	45-61
REEVES, R.R. & E. MITCHELL Catch history and initial population of white whales (<i>Delphinapterus leucas</i>) in the river and gulf of St. Lawrence, eastern Canada	63-121
REVUE DES LIVRES	123-124

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111
NUMÉRO 2
1984



UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

juillet 1984

LE NATURALISTE CANADIEN

Revue d'écologie et de systématique

CN ISSN 0028-0798

RÉDACTEUR

GUY LACROIX

RÉDACTEUR-ADJOINT

PIERRE MORISSET

ADMINISTRATEUR

NORBERT LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

CYRILLE BARRETTE, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval*

ANDRÉ BOUCHARD, *Institut botanique, Université de Montréal*

CARL M. BOYD, *Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax*

EDWIN BOURGET, *Département de biologie, Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Département des sciences biologiques, Université de Montréal*

JEAN-MARC DESCHÈNES, *Station de recherches, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec*

FERNAND M. GAUTHIER, *Direction générale de la recherche et de l'enseignement, Ministère de l'Agriculture du Québec*

PIERRE LEGENDRE, *Département de sciences biologiques, Université de Montréal*

WILLIAM C. LEGGETT, *Département de biologie, Université McGill*

JEREMY McNEIL, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD J. R. PHILOGÈNE, *Département de biologie, Université d'Ottawa*

Publication trimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) publie des articles *inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche en écologie, en systématique et dans certains domaines apparentés. La revue s'intéresse également aux aspects appliqués, notamment dans la perspective des ressources agricoles, forestières et halieutiques du Québec et du Canada oriental et nordique.

LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) est publié grâce à des subventions du Fonds F.C.A.C. du Québec pour l'aide et le soutien à la recherche et du Conseil de la recherche en sciences naturelles et en génie du Canada.

Les manuscrits doivent être expédiés à l'adresse suivante: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

Toute correspondance touchant les abonnements ou les droits de reproduction doit être adressée aux Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4. L'abonnement annuel est de \$ 17 (personnel), \$ 19 (personnel, étranger) et \$ 34 (collectif, *multi-user*). Le numéro régulier se vend \$ 5.

Répertorié dans Biological Abstracts, Asher's
Guide, Botanical Periodicals, RADAR et Périodex

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement n° 1768

Dépôt légal — Premier trimestre 1984. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

SOME BRACKISH SPECIES OF *VAUCHERIA* (TRIBOPHYCEAE) FROM BRITISH COLUMBIA AND NORTHERN WASHINGTON

D.J. GARBARY¹ and R.S. FITCH

Department of Botany, University of British Columbia
Vancouver, British Columbia V6T 2B1

Résumé

Cet article porte sur quatre espèces de *Vaucheria* de la Colombie-Britannique et du nord de l'État de Washington. L'espèce la plus commune, *V. longicaulis* var. *macounii* est présente à plusieurs endroits tant dans le détroit de Georgie que dans le nord de l'État de Washington. Quelques récoltes de *V. thuretii* furent faites dans les zones estuariennes du détroit de Georgie, et à un endroit près de Bella Bella, dans le nord de la Colombie-Britannique. On a retrouvé *V. litorea* à Argyle Lagoon (île San Juan), confirmant ainsi une mention antérieure et du même coup sa présence dans l'ouest de l'Amérique du Nord. La présence de *V. intermedia* est établie à partir de mentions faites dans la documentation, mais celle de *V. dichotoma*, basée sur du matériel végétatif, est douteuse. Nous présentons une clé des espèces pour la région.

Abstract

Four brackish water species of *Vaucheria* are discussed from British Columbia and northern Washington. *Vaucheria longicaulis* var. *macounii* is the most common species and is present at many sites in the Strait of Georgia as well as northern Washington. Several collections of *V. thuretii* have been located in estuarine areas in the Strait of Georgia as well as a single site near Bella Bella in northern British Columbia. *Vaucheria litorea* has been refound at Argyle Lagoon, San Juan Island, thus confirming an earlier report from this site and its presence in western North America. *Vaucheria intermedia* is accepted from the region based on literature records although the previous reports of *V. dichotoma* are considered doubtful since they were not based on reproductive material. A key to the marine species of the region is included.

Introduction

Vaucheria is a widely distributed algal genus occurring in both freshwater and marine habitats. In temperate regions it is a common floral element in salt marshes and estuaries. *Vaucheria* has been a generally overlooked member of the marine algal flora of British Columbia and northern Washington. In a comprehensive list of marine algae from the area, Scagel (1957) included *V. litorea* Hofman et C. Agardh in Agardh based on the earlier report of Jao (1937) and an additional personal collection. Blum (1971) later described *V. longicaulis* var. *macounii* Blum and *V. intermedia* Nordstedt from northern Washington, and

later (Blum, 1972) referred to *V. thuretii* Woronin from the Pacific coast of the United States. In addition, Pomeroy (1977) and Pomeroy & Stockner (1976) report *V. dichotoma* (Linnaeus) Martius from British Columbia.

In this paper we review the identification and distribution of marine to brackish *Vaucheria* spp. in British Columbia and northern Washington based on collections made over a three year period. For a general review of the ecology and distribution of marine/brackish *Vaucheria* spp., see Simons (1975).

Collection sites

Vaucheria spp. were collected primarily in Mud Bay (Blackie's Spit), the Fraser River estuary, Vancouver Harbour (Burrard Inlet) and the Strait

¹ Present address: Department of Biology, Saint Francis Xavier University, Antigonish, Nova Scotia, B2G 1C0.

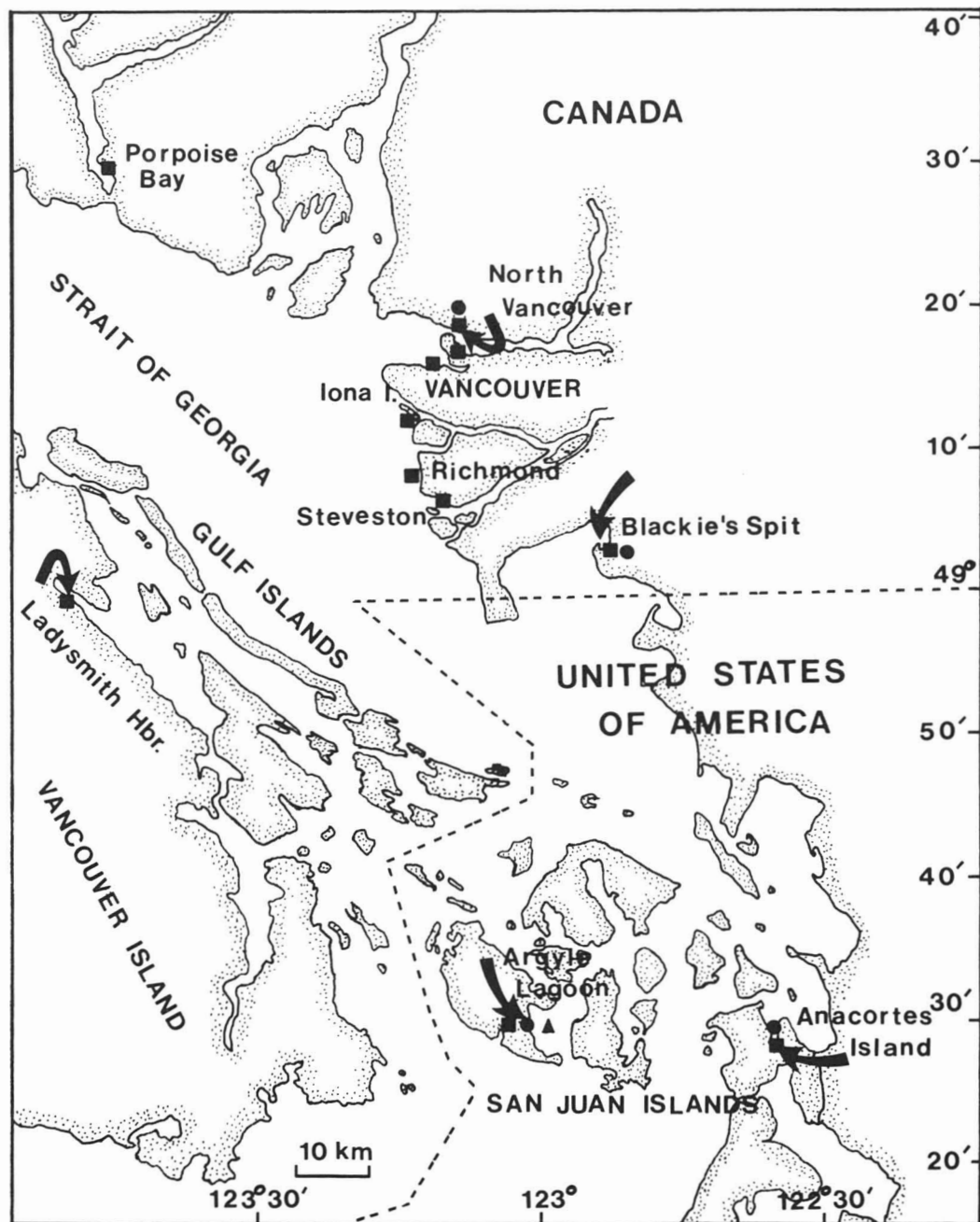


Figure 1. Map of British Columbia and adjacent areas in northern Washington showing collection sites for *Vaucheria* spp. ■ = *V. longicaulis* var. *macounii*, ● = *V. thuretii*, ▲ = *V. litorea*.

of Georgia (Fig. 1) in southern British Columbia (49°N, 123°W), with a single fertile collection from near Bella Bella (not shown in Fig. 1) in northern British Columbia (52°N, 128°W). Sites and times of collections for the various species are given

below. Most collections were made in salt marshes where *Vaucheria* spp. grow at the bases of, or in bare patches among, *Salicornia virginica* L. and various other estuarine phanerogams. *Vaucheria* spp. produced dense mats from several

centimeters to many meters in lateral extent. On San Juan Island, *Vaucheria* spp. were collected in a protected intertidal lagoon (Argyle Lagoon).

For a summary of oceanographic condition in the region see Thomson (1981).

Material and methods

Plants were returned to the laboratory for identification. Blum (1972) and Rieth (1980) were the primary taxonomic authorities. If plants were sterile, portions of the algal mats were placed in plastic petri dishes and moistened with seawater. Cultures usually became reproductive within one month. Portions of reproductive mats were mounted for deposit in the University of British Columbia Herbarium (UBC) or fixed with 5% formalin and maintained in liquid preservative (70% ethanol).

Vaucheria spp. have been maintained in culture for over one year. Media utilized included sterile seawater, and half strength Instant Ocean (Aquarium Systems Inc., Eastlake, Ohio) supplemented with minor elements (Lewin, 1966) and soil extract.

Key to brackish water species of *Vaucheria* in British Columbia and northern Washington

1. Plants dioecious 2
1. Plants monoecious 3
2. Oogonia on straight branches, filaments mostly < 60 μm in diameter
 *V. longicaulis* var. *macounii*
2. Oogonia on recurved branches, filaments mostly > 60 μm in diameter *V. litorea*
3. Filaments > 40 μm in diameter, antheridia opening with a single terminal pore
 *V. thuretii*
3. Filaments < 40 μm in diameter, antheridia opening with 2-4 lateral papillae
 *V. intermedia*

Vaucheria longicaulis Hoppaugh
 var. *macounii* Blum
 Figs. 2-5

Morphologically the field collected plants of this variety are similar to those described by Blum (1971, 1972) from northern Washington and none of the British Columbian plants correspond to the type variety described from California (Hoppaugh, 1930) with the extremely long antheridia.

When placed into culture *V. longicaulis* var. *macounii* produced abundant aplanospores that

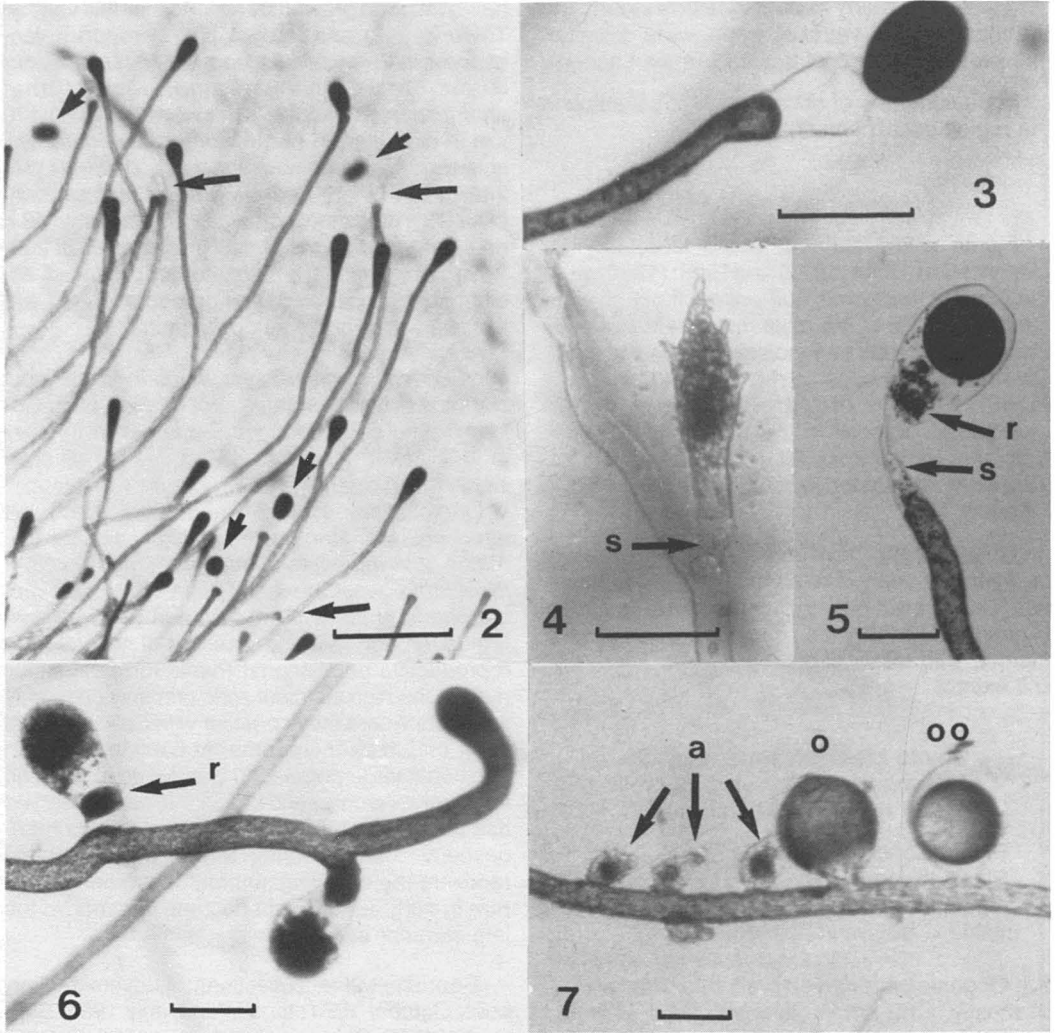
have not been previously reported for this variety. Taylor (1952) and Pecora (1979) report aplanospores in *V. longicaulis* from California and Louisiana, respectively. Taylor reports that aplanospores were 225 μm in length and 90-120 μm in diameter. In our cultures of var. *macounii* aplanospores were more variable and larger (114-282 μm in length and 80-170 μm in diameter). Over 90% of aplanospores germinated within 48 h of release and showed initial growth rates of 200-250 $\mu\text{m}/\text{h}$. These germlings often produced additional aplanospores and/or oogonia and antheridia within one week of germination.

Vaucheria longicaulis var. *macounii* is the most common brackish water *Vaucheria* in British Columbia and collections were made at a number of localities in the Strait of Georgia. At all sites in which brackish water *Vaucheria* were found, *V. longicaulis* was the dominant species and was often present intermingled with occasional filaments of *V. thuretii* (see below). At many sites *V. longicaulis* was the only apparent species of *Vaucheria* present in the field and this was confirmed through laboratory culture of several non-reproductive populations. Plants form extensive mats in the high intertidal zone primarily on muddy substrata where they co-occur with *Salicornia* and other marsh phanerogams. At Blackie's Spit, an additional large population was found in the high intertidal zone on a sand beach. We have observed this population for three years and although senescence occurs during winter, the population recovers the following summer. Gametangia are rare in early summer but become common in the late summer and fall.

Representative collections: Ladysmith Harbour, October 1981; Iona Island, July 1982, September 1982; Blackie's Spit, August 1982, October 1982; Steveston Island, September 1982; Argyle Lagoon, San Juan Island, April 1983; North Vancouver (east of Lions Gate Bridge), August 1983; Porpoise Bay, October 1983.

V. litorea Hofman et Agardh
 in C.A. Agardh
 Fig. 6

We have found this species only once, in April, 1983. The collection site — Argyle Lagoon on San Juan Island, is of interest since this is the site where *V. litorea* was collected by Jao (1937). The description provided by Jao is sufficient to identify *V. litorea* and corresponds to that provided by Blum (1972) and Rieth (1980). The plants that we collected in Argyle Lagoon were non-reproductive although they became fertile after several weeks in culture. These plants did not form an-



Figures 2-5. *Vaucheria longicaulis* var. *macounii*. Fig. 2. Habit of plants in culture producing numerous aplanospores; short arrows-released aplanospores, long arrows-remains of aplanosporangium walls. Scale = 1 mm. Fig. 3. Detail of aplanospore release and remains of sporangial walls. Scale = 200 μ m. Fig. 4. Mature antheridium with supporting cell (s). Scale = 75 μ m. Fig. 5. Maturing oospore with residual cytoplasm (r) and supporting cell (s). Scale = 75 μ m. Fig. 6. *V. litorea*. Formation of oogonia on reflexed branches with residual cytoplasm (r). Scale = 200 μ m. Fig. 7. *V. thuretii*. Branch with antheridia (a), oogonium (o) and oospore (oo). Scale = 100 μ m.

theridia in culture; and oogonia were similar to those described by Jao (1937) and Blum (1972).

In Argyle Lagoon plants occupied a definite zone in the low intertidal region growing on the muddy bottom. Plants tended not to form mats but rather dense, freely branching coenocytes on the bottom. *V. litorea* was common and co-occurred with *V. longicaulis* var. *macounii* and *V. thuretii* at the site, although the latter two species

only grew in the upper intertidal zone among the *Salicornia* and other marsh plants.

Scagel (1957) reports an additional collection of *V. litorea* from Jeckyll Lagoon, Washington. This material has been reexamined, however, the previous determination could not be verified.

Collection: Argyle Lagoon (San Juan Island), April 1983.

V. thuretii Woronin
Fig. 7

Five collections of *V. thuretii* were made at Blackie's Spit, Burrard Inlet (see Fig. 1) and near Bella Bella (northern British Columbia). In three cases plants were intermixed with apparently much larger populations of *V. longicaulis* var. *macounii* whereas in the remaining collections only *V. thuretii* was reproductive. These species are difficult to distinguish without the presence of reproductive structures, although cultured plants of *V. thuretii* have greater (but overlapping) filament diameters than *V. longicaulis* var. *macounii*.

V. thuretii is more widely distributed in western North America than was suggested by Blum (1972). Our record from near Bella Bella extends the northern distribution of this species beyond 52°N, an extension of at least 500 km (Blum, 1972 does not give a northern limit).

Collections: Bachelor Bay (near Bella Bella), July 1982; Blackie's Spit, September 1982; Argyle Lagoon (San Juan Island), April 1983; Anacortes Island, June 1983; North Vancouver (east of Lions Gate Bridge), August, September 1983.

V. intermedia Nordstedt

This species was listed from northern Washington by Blum (1971). He describes the species as occurring in salt marshes at Crescent Bay, Clallam Bay, Pysht and Sequim Bay in Washington. This species has yet to be found in salt marshes in British Columbia although this may be a reflection of the number of sites visited.

Other species

Pomeroy (1977) and Pomeroy & Stockner (1976) report *Vaucheria dichotoma* from the Squamish and Fraser River deltas, respectively. Neither of these reports, however, was based on fertile field collections (Pomeroy, pers. comm.), nor was culture work carried out. As a result, the reports of *V. dichotoma* by these authors must be regarded as questionable until confirmed by fertile plants. Blum (1972) was unable to confirm earlier reports of this species in the United States and in his discussion states "a search for unquestioned collections of this species from the mainland of North America has been unsuccessful".

Discussion

Four brackish species of *Vaucheria* can now be confirmed from British Columbia and northern

Washington: *V. longicaulis* var. *macounii*, *V. thuretii*, *V. intermedia* and *V. litorea*. The rediscovery of *V. litorea* in western North America after a fifty year interval (since its previous report) and the northward extension of *V. thuretii* to northern British Columbia are the most important floristic findings. Since these records are based on limited collections it may be that additional *Vaucheria* spp. will be located in British Columbia. Other than the single collection of *V. thuretii* from near Bella Bella, all fertile plants have been from the Strait of Georgia and nearby waters. It would be of floristic interest if the non-reproductive plants collected from Barkley Sound (Garbary *et al.*, in press) and Holdberg Inlet (Vancouver Island) and from near Prince Rupert represented additional species.

In their comprehensive treatment of the marine algae of California, Abbott & Hollenberg (1976) describe only *Vaucheria longicaulis*. In their work they overlook the reports of Blum (1971, 1972) who lists *V. intermedia*, *V. nasuta* Taylor et Bernatowicz and *V. pseudogeminata* Dangeard specifically from salt marshes in California and *V. thuretii* from marine and brackish waters on the Pacific coast of the United States (presumably including California). More detailed study of the genus in western North America will be necessary to delimit the number of taxa and their distribution.

Although there are only four brackish species of *Vaucheria* known from British Columbia and northern Washington, it is of note that three of these (i.e. *V. longicaulis*, *V. litorea*, and *V. intermedia*) belong to the same section *Piloboloideae* of *Vaucheria*, with only *V. thuretii* assigned to the section *Woroninia*. Since five of the eight sections described by Blum (1972) for North America have brackish water representatives, the concentration of species belonging to only one of these sections in British Columbia and Washington may have biogeographic significance.

In comparing the east and west coasts of North America, it is of interest that the flora of western North America is depauperate in *Vaucheria* species compared to the east where over a dozen marine or salt marsh species are found (Blum, 1972). Although eastern North America has more extensive salt marsh habitats than the west, there are many salt marsh areas and estuaries in, for example, British Columbia that support large populations of *V. longicaulis* var. *macounii*. It should be noted, however, that observations in salt marshes in Masset Inlet in July, 1981 (Queen Charlotte Islands) failed to reveal *Vaucheria*. This difference between east and west coasts is of interest, especially when other marine algal groups

(i.e. Chlorophyta, Phaeophyta and Rhodophyta) are more diverse in western North America.

Acknowledgments

We would like to thank Larry Golden for assistance with the algal collecting, Gayle Hansen for showing us Argyle Lagoon, and the Canadian Coast Guard Service for logistic support in northern British Columbia. Dr. T. Bisalputra kindly provided microscope and other facilities during this work, and Sandra Lindstrom criticized a draft of the manuscript. This work was supported by NSERC Grant U-0014 to D.G.

References

- ABBOTT, I.A. & G.J. HOLLENBERG, 1976. Marine algae of California. — Stanford University Press, California, 827 p.
- BLUM, J.L., 1971. Notes on American Vaucheriae. — Bull. Torrey bot. Club, 98: 189-194.
- BLUM, J.L., 1972. Vaucheriaceae. — North American Flora, Ser. II, Part 8, New York Botanical Garden, 64 p.
- GARBARY, D.J., G.I. HANSEN & R.F. SCAGEL (in press). Additions to the marine algae of Barkley Sound, Vancouver Island, British Columbia. — Syesis, 16.
- HOPPAUGH, K.W., 1930. A taxonomic study of species of the genus *Vaucheria* collected in California. — Am. J. Bot., 17: 329-347.
- JAO, C.-C., 1937. New marine algae from Washington. — Pap. Mich. Acad. Sci., 22: 99-116.
- LEWIN, J., 1966. Silicon metabolism in diatoms. V. Germanium dioxide, a specific inhibitor of diatom growth. — Phycologia, 6: 1-12.
- PECORA, R.A., 1979. Brackish water species of *Vaucheria* (Xanthophyceae, Vaucheriales) from Louisiana and Texas. — Gulf Res. Rep., 6: 25-29.
- POMEROY, W.M., 1977. Benthic algal ecology and primary pathways of energy flow on the Squamish River Delta, British Columbia. — Ph.D. thesis, University of British Columbia, 175 p.
- POMEROY, W.M. & J.G. STOCKNER, 1976. Effects of environmental disturbance on the distribution and primary production of benthic algae on a British Columbia estuary. — J. Fish. Res. Bd Can., 33: 1175-1187.
- RIETH, A., 1980. Xanthophyceae II. — Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 147 p.
- SCAGEL, R.F., 1957. An annotated list of the marine algae of British Columbia and northern Washington. — Bull. natn. Mus. Can., no. 150, 289 p.
- SIMONS, J., 1975. *Vaucheria* species from estuarine areas in the Netherlands. — Neth. J. Sea Res., 9: 1-23.
- TAYLOR, W.R., 1952. Notes on *Vaucheria longicaulis* Hoppaugh. — Madroño, 11: 274-277.
- THOMSON, R.E., 1981. Oceanography of the British Columbia coast. — Can. Spec. Publ. Fish. aquat. Sci., no. 56, 291 p.

THE BENTHIC MARINE ALGAE OF THE KAIPOKOK BAY, MAKKOVIK BAY AND BIG RIVER BAY REGION OF THE CENTRAL LABRADOR COAST

R.G. HOOPER and A. WHITTICK

*Department of Biology, Memorial University
St. John's, Newfoundland A1B 3X9*

Résumé

Les auteurs présentent une liste de 141 espèces d'algues marines (Chlorophyta, Phaeophyta et Rhodophyta) des régions de Kaipokok Bay, de Makkovik Bay, et de Big River Bay, sur la côte centrale du Labrador. Vingt-huit localités ont été étudiées avec des scaphandres autonomes. On y trouve des sites estuariens, au fond des baies, ainsi que des sites rocheux le long de la côte. Les auteurs mentionnent les profondeurs où l'on trouve chaque espèce et les données physiques pertinentes à chacun des sites. Trente espèces sont nouvelles pour la côte du Labrador et représentent des extensions d'aires vers le nord. La flore est essentiellement arctique, enrichie de plusieurs espèces méridionales qui se trouvent surtout aux endroits à l'abri de l'action abrasive des glaces côtières.

Abstract

The authors list 141 species of benthic marine algae in the divisions, Chlorophyta, Phaeophyta and Rhodophyta from the Kaipokok Bay, Makkovik Bay and Big River Bay region of the central Labrador coast. Twenty eight sites were surveyed, both intertidally, and subtidally using scuba, they ranged from sheltered salt marsh habitats at the heads of the bays to the outer, exposed, rocky coasts. The algae occurring at each of these sites, together with their depth ranges and abiotic environmental data are reported. Thirty species new to the Labrador coast are recorded, all of them being northerly range extensions from elsewhere in eastern Canada. The flora of the region is essentially an arctic one which is enriched with the addition of some southern species which had previously been reported from eastern Canada. These southern species occurred principally at sites which escaped the worst of the ice scouring.

Introduction

In the past fifteen years a number of papers have been published on the distribution, ecology and phenology of the benthic marine algae of insular Newfoundland. Much of this work has been summarized by Hooper *et al.* (1980), South & Hooper, (1980) and South (1983). In comparison little is known of the benthic marine algae of the Labrador coast. The information that is available is almost entirely due to the pioneering work of Wilce (1959) who reported on the occurrence of marine algae at nineteen Labrador sites. Of these sites three were south of the entrance to Lake Melville (54°20'N) and fifteen were north of Okak (56°33'N). Only one of Wilce's collecting sites was on the central Labrador coast, at Hopedale (55°15'N) approximately 50 km north of the present study area. Wilce (1959) reported mainly on the algae of the exposed rocky coasts with an emphasis on intertidal ecology, all subtidal algae

were obtained by dredging or were found in the drift. Other reports of marine algal collections from Labrador are those of Cedercreutz (1944), which included species from the Makkovik region, Adey (1966), who reported on the crustose corallines, and South & Hooper (1972) who listed several species new to the southern Labrador coast. Specific records are reported in Taylor (1957) while other collections are described in Wilce (1959), and consist, for the most part of minor collections from previous expeditions to northern Canada.

This is a report of algal collections made primarily in June, July, August and October of 1976 and April, July and August of 1977, from sites in the Kaipokok, Makkovik and Big River bays of central Labrador. Additional data on the physical conditions prevailing at a number of the sites was obtained at other times of the year, particularly in May of 1977 and November of 1982.

Materials and methods

The area surveyed in this study is shown in Figure 1. Twenty eight sites were examined and collections made of the benthic marine Chlorophyta, Phaeophyta and Rhodophyta. All subtidal collections were made using scuba. The maximum depths sampled were site dependent, but all were sampled as deeply as practical, but never deeper than 40 m. Voucher specimens collected for records are deposited in the phycological herbarium of the Memorial University of Newfoundland (NFLD).

Water temperatures were recorded with calibrated mercury thermometers or obtained electrometrically, together with salinities, by the use of a Yellow Spring Instruments salinometer. Depths were recorded by calibrated depth gauges. They are presented as depths below mean low water. Other physiographic data including substrate type, slope, ice effects and exposure were visually assessed.

The physical environment

The abiotic conditions at each of the 28 sites sampled in this study are presented in Table I. The data includes the depth range sampled, the substrate type encountered, the slope of the substrate, the apparent severity of the ice scour, the exposure to wave action and the degree of estuarine influence.

The study area is primarily composed of metamorphosed pre-cambrian sediments and volcanics with older gneisses to the north (Gandhi *et al.*, 1969). Major faulting occurs on a northeast plane parallel to the coastal indentations. A series of glaciations, the most recent ending 10,000 BP, carved the present fjords and produced the islands and headlands characteristic of this part of the Labrador coast. Much of the shoreline of this region is covered with glacial till, erratic boulders and glacio-marine sediments.

In general the sheltered shores show unconsolidated sedimentary accumulations, while the

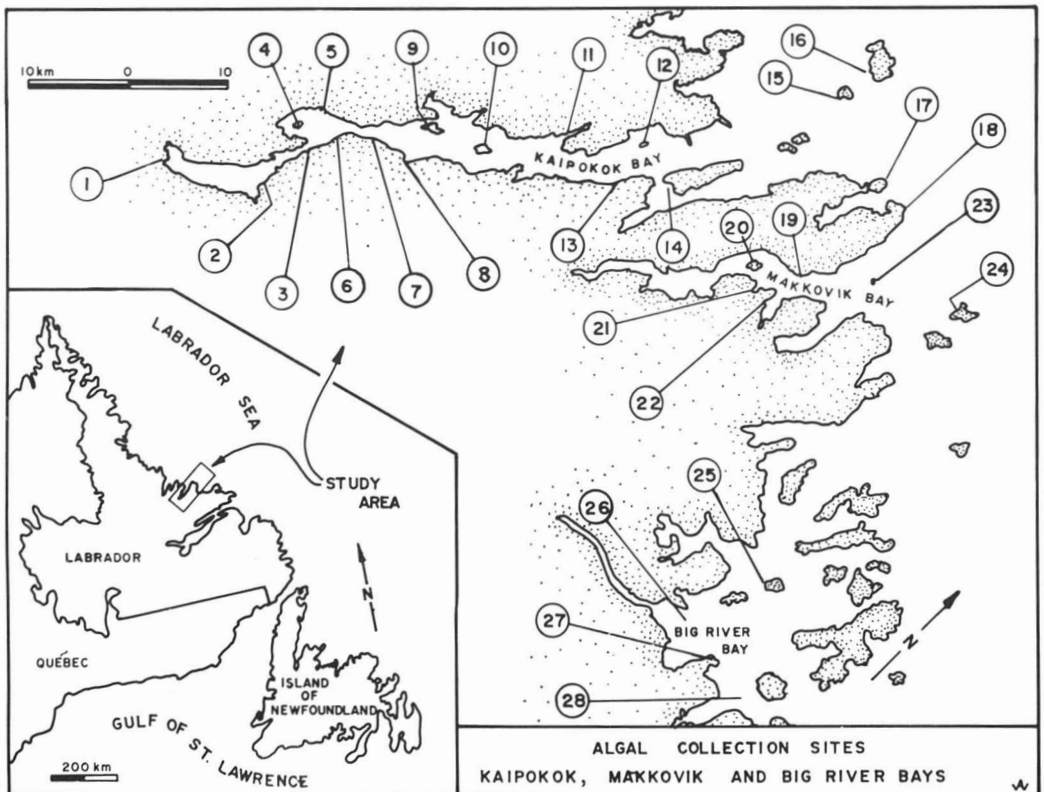


Figure 1. Map of the study area. The numbers are the sites sampled, their names, locations and brief descriptions are presented in Table I.

TABLE I
Sites and physical descriptions

Site	Site name	Site descriptors					
		A	B	C	D	E	F
1	Kaipokok River Mouth	1	5,6	1	1	1	1
2	Kaipokok Basin	5	6,7,2	2,2	1	1	1
3	Three Rapids	15	2,3,5	2,1	2	1	2
4	Woody Island	15	7,6,1	2,1	1	1	2
5	Snowmobile Point	30	4,5,3,6	2,1	1	1	2
6	Big Point Cove	30	3,5,1,7	2,2	1	2	2
7	Post Hill Point	30	1,2,6,7	3,2	1	2	2
8	Post Hill Cove	10	2,3,5,7	1,2	1	2	2
9	English River Island	30	5,2,6,7	2,1	1	2	2
10	Big Sister Island	30	1,2,5,7	3,2	2	2	3
11	Iggiuk Bight	25	1,2,6,5	3,2	1	1	2
12	Groundy Island	25	1,6,5,2	3,1	2	2	3
13	Kitts Creek	20	1,2,6,5	2,1	2	2	3
14	Long Island Cove	25	2,5,4	2,2	1	1	3
15	West Turnavik Island	25	1,2,6	3,1	2	2	4
16	Turnavik Island	16	1,6	3,1	3	3	4
17	Cape Aillik	30	1,2	3,2	3	3	4
18	South Sister Island	40	1,2	3,3	3	3	4
19	Sally's Cove	30	2,6	2,2	3	2	3
20	Big Island	32	5,2,6	1,2	2	2	3
21	Burntwood Point	25	2,6,7	2,2	1	1	2
22	Makkovik Harbour	15	5,2,7	1,1	1	1	2
23	Jacques Island	32	1,2,5	3,2	3	3	4
24	Dunn's Island	15	1,2,6	3,1	3	3	4
25	Conical Island	15	2,4,5	1,1	2	2	3
26	Big River Mouth	25	6,7,2	1,2	2	2	1
27	Seal Point	20	2,3,5,6	2,2	2	2	3
28	Iron Island	5	1,2,6	1,1	2	2	3

- A. Maximum depth sampled (metres). 1 = intertidal.
- B. Substrate type. 1 = bedrock, 2 = Irregular stable boulders, 3 = boulder reefs, 4 = unstable cobbles, 5 = gravel, 6 = sand, 7 = mud. Sequence of numbers reflects relative abundance of substrate type at the sample site.
- C. Slope. 1 = <10°, 2 = 10–30°, 3 = >30°. First number is at the littoral fringe, the second at maximum depth sampled.
- D. Ice scour. 1 = ice foot protection, 2 = mainly locally formed ice scour, 3 = heavy pack ice scour.
- E. Wave exposure. 1 = very sheltered, no swell, local chop, 2 = local chop plus exposure to moderate ocean swell <2m, 3 = exposed, full ocean swell >2m.
- F. Estuarine influence. 1 = continuous reduced salinity, 2 = normal estuarine fluctuations, 3 = as 2 but almost zero salinity during run off, 4 = full marine influence.

seaward, exposed, localities are rocky. Large boulders are common throughout the area. On the estuarine flats the boulders are distributed randomly, while on the moderately exposed sedimentary shores they frequently form a barrier reef at the low tide level. Aspects of the formation and interaction of these reefs with sea-ice are discussed by Rosen (1979). The reefs are biologically significant as they serve to protect the shore line from abrasion by sea-ice and allow the build up of sediments which support salt marsh development.

The substrate in the subtidal shows less variation than that in the intertidal. In general, at the sheltered sites within the bays, substrate particle size decreases with depth. At the deepest points sampled, the substrate is silty and the macroalgae are confined to the glacial boulders. At exposed sites, particularly on the open coast, solid bedrock was found to the limits of diving.

While ice cover is present, which for the inner parts of the bays is for periods of up to 6 months of the year, seawater temperature remains below -1°C . In August, local surface temperature in the inner parts of the bays could exceed 20°C , while on the open coast the usual August seawater temperature varied depending on ice conditions and sea state, but was rarely warmer than 4°C . The salinity also changes with season and site. On the open coast salinity beneath the ice is *ca.*

32% and is reduced by $1-4\%$ in the summer when the ice is absent. In the inner parts of the bays there is a considerable reduction in salinity during the spring thaw. At peak run-off, in May and June, the salinity of the inner basin of Kaipokok Bay was 0% to a depth of 15 m. Between Three Rapids (Site 3) and Long Island (Site 14) the salinity of water from the surface to depths of 12 m may be less than 2% . Towards the open coast this low salinity water mixes rapidly with marine water. In the summer months the freshwater run off is much lower and less horizontally stratified salinity gradients occur.

Results and discussion

Table II is a list of the algae collected. The species are arranged alphabetically within each algal division with the authorities for the binomials as per South (1976a). The presence of a (+) by a binomial indicates that this is a new record for the Labrador coast. The depth range for each species is noted together with a list of the sites at which it was collected. The site numbers refer to those in Table I and Figure 1.

One hundred and forty one species of benthic marine algae are reported, comprising 38 Chlorophyta, 56 Phaeophyta and 47 Rhodophyta. 30 species previously recorded from elsewhere in eastern Canada (South, 1976a), are reported as

TABLE II
List of the species

Species	Vertical range	Locality
CHLOROPHYTA		
<i>Acrochaete parasitica</i> +	L	3-25,27,28
<i>A. repens</i> +	L	2-25,27,28
<i>Blidingia minima</i>	M-1	6,9,20,21,28
<i>Bolbocoleon piliferum</i> +	L-2	15,28
<i>Capsosiphon fulvescens</i>	M-1	3,22
<i>Chaetomorpha capillaris</i>	L-4	14,20,21,25
<i>C. linum</i>	L-2	11
<i>C. melagonium</i>	L-5	17,28
<i>Chlorochytrium</i> sp.	L-2	15,20
<i>Codiolum pusillum</i>	M-1	10,24
<i>Ectochaete wittrockii</i> +	L-2	3,6,20,26
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	M-3	2-15,20-22,26
<i>E. linza</i> +	O-6	17, 24,28
<i>E. prolifera</i>	M-2	3,8,9,11,22,25,26
<i>Entocladia flustrae</i>	L-5	14,20
<i>E. viridis</i> +	L-30	15,18,23-25
<i>Eugomontia sacculata</i> +	L-10	15,28
<i>Gomontia polyrhiza</i>	L-10	11,15,20,22,25
<i>Monostroma grevillei</i>	L-3	3,22
<i>M. undulatum</i> +	L-10	17,22

TABLE II (continued)

List of the species

Species	Vertical range	Locality
<i>Ostreobium quekettii</i>	L-1	15
<i>Percursaria percursa</i>	H-L	1,9,12,21,22,26
<i>Prasiola crispa</i>	H	10,12,17,23,24
<i>P. stipitata</i> +	H	3,4,6,12,23
<i>Pringsheimiella scutata</i>	L-3	15,20,25
<i>Pseudodoclonium submarinum</i> +	M-2	1-9,21,26
<i>Pseudopringsheima confluens</i> +	L-3	3,14
<i>P. fucicola</i> +	L	3,20
<i>Rhizoclonium riparium</i>	H-L	1-28
<i>Rosenvingiella polyrhiza</i> +	H	3,12,23
<i>Spongomorpha arcta</i>	L-10	3,6,10,15-19,23-25
<i>S. aeruginosa</i>	L-4	12,15-19
<i>S. spinescens</i> +	L-10	18,24
<i>Ulothrix flacca</i>	L-10	3,6,17,21,22
<i>Ulva lactuca</i>	L-10	3,6,17,21,22
<i>Ulvaria obscura</i>	M-2	3-7,20-22,26-27
<i>Urospora penicilliformis</i>	H-10	1-28
<i>U. wormskioldii</i> +	L-12	3,22
PHAEOPHYTA		
<i>Agarum cribrosum</i>	L-35	10-25,27,28
<i>Alaria esculenta</i>	L-15	3,12-19,23-25,28
<i>Ascophyllum nodosum</i>	M-L	3-11,14,20-22,27
<i>Chorda filum</i>	L-5	2-11,14,2-22,26,27
<i>Chorda tomentosa</i>	L-12	3,15,19,23-25,28
<i>Chordaria flagelliformis</i>	M-10	2-25,27,28
<i>Cladosiphon zosterae</i>	L	15
<i>Coilodesme bulligera</i>	L	17,28
<i>Delamarea attenuata</i>	L	12,15,17,24
<i>Desmarestia aculeata</i>	L-25	15-18,23,24,28
<i>D. viridis</i>	L-20	16,17-20,23-25
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	M-12	2-28
<i>D. macounii</i> +	L-1	3
<i>Ectocarpus fasciculatus</i>	M-12	2-28
<i>E. siliculosus</i>	L-5	3-28
<i>Elachista fucicola</i>	L	3-11,15,20-25,27
<i>E. lubrica</i>	L-5	17,18,24,
<i>Entonema aecidioides</i>	L-3	17,18,24
<i>E. alariae</i>	L-10	17
<i>Eudesme virescens</i>	L-15	9,12,13,15-19,23-25,28
<i>Fucus edentatus</i>	L-5	3-17,19-25,27,28
<i>F. evanescens</i>	L-8	3-9,14,20,21,22,26,27
<i>F. spiralis</i> +	M	12
<i>F. vesiculosus</i>	M-L	3-11,14,20-22,26,27
<i>Giffordia ovata</i>	6	23
<i>Haplospora globosa</i>	8-15	17-19,24
<i>Isthmoplea sphaerophora</i>	L	22,23
<i>Laminaria digitata</i>	L-10	17,18,23,24,28
<i>L. longicuris</i>	L-15	3-8,11,14,20-22,28
<i>L. saccharina</i>	L-15	17,18,23,24
<i>L. solidungula</i>	6-30	4,6,13,20,21
<i>Laminariocolax tomentosoides</i>	L-5	15,17,20,24
<i>Leptonematella fasciculata</i>	0-25	15-19,23-25
<i>Lithoderma fatiscens</i>	5-30	14,20,21
<i>Litosiphon filiformis</i>	L	15
<i>Melanosiphon intestinalis</i> +	H	10,12,23,24,28
<i>Microspongium globosum</i> +	L-5	15,17
<i>Papenfussiella callitricha</i> +	L-15	15,17,28

TABLE II (continued)

List of the species

Species	Vertical range	Locality
<i>Petalonia fascia</i>	H-15	3,6-25,27,28
<i>P. zosterifolia</i> +	0-15	15-19,23,24,28
<i>Petroderma maculiforme</i>	L-25	14,20,24
<i>Pilayella littoralis</i>	H-20	2-28
<i>Porterinema fluviatilis</i> +	M	1, 21,26
<i>Pseudolithoderma extensum</i>	0-30	14,15,17,18,21,23,25,28
<i>Punctaria latifolia</i>	2	12
<i>P. plantaginea</i>	L-10	17,24
<i>Ralfsia clavata</i>	L-3	12-21,24,28
<i>R. fungiformis</i>	L-2	3,12-15,20-22,25,28
<i>R. verrucosa</i>	L	3-14,20-22,27
<i>Saccorhiza dermatodea</i>	L-12	17,18,23,24,28
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	M-10	3-28
<i>Sorapion kjellmanii</i>	L-5	12,20
<i>Sphacelaria arctica</i>	2-6	17,18
<i>S. plumosa</i>	L-15	16,17,20,24,28
<i>S. radicans</i>	L-1	15,23,24,28
<i>Stictyosiphon tortilis</i>	L-3	3-14,19-22
RHODOPHYTA		
<i>Ahnfeltia plicata</i>	1-4	28
<i>Antithamnion boreale</i>	L-30	6-20,22-25,27,28
<i>Antithamnionella floccosa</i>	2-15	16-18,24
<i>Audouinella alariae</i> +	L-3	18,24,28
<i>A. membranacea</i> +	L-25	6,7,9-20,23-25,27,28
<i>A. microscopica</i> +	L-2	28
<i>A. purpurea</i> +	H-L	12,16, 20
<i>A. spetsbergensis</i> +	L-12	15-19,23,24
<i>Bangia atropurpurea</i>	H	24
<i>Callophyllis cristata</i>	L-30	14-21,23-25,27,28
<i>Ceramium rubrum</i>	L-10	3-28
<i>Ceratocolax hartzii</i>	6-35	11,13,14,20,28
<i>Clathromorphum circumscriptum</i>	L-15	3-28
<i>C. compactum</i>	L-30	3-28
<i>Corallina officinalis</i>	L-5	9,17,24
<i>Cystoclonium purpureum</i> +	L-5	15,23,28
<i>Devaleraea ramentaceum</i>	L-10	16,17,18,23,24
<i>Goniotrichum alsidii</i> +	L	6
<i>Halosaccocolax kiellmanii</i>	L-6	25
<i>Harveyella mirabilis</i>	6-10	16,17,18,23,24
<i>Hildenbrandia rubra</i>	H-30	1-28
<i>Kvaleya epilaeva</i>	15-35	10,11,18,19,25
<i>Leptophytum foecundum</i>	7-35	3,6-11,18,19,25
<i>L. laeve</i>	5-35	3-11,13-15,18-20,25,27
<i>Lithothamnium glaciale</i>	L-35	5-20,23-26,27,28
<i>L. lemoineae</i>	5-20	16-19,23,24
<i>L. tophiiforme</i>	10-35	6-11,14,18,20,21,23,27
<i>Membranoptera alata</i>	2-25	3,6,15-18,28
<i>Neodilsea integra</i>	L-30	3,5,6,9,15,18,20,21,27
<i>Odonthalia dentata</i>	L-15	3,6,9,17,20,28
<i>Palmaria palmata</i>	L-12	3,10,15-19,23-25,28
<i>Pantoneura baerii</i>	4-30	6,14,20
<i>Peyssonnelia rosenvingii</i>	3-35	5,6,9-20,23-25,27,28
<i>Phycodrys rubens</i>	2-30	3,7-20,23-25,27,28
<i>Phyllophora truncata</i>	5-35	9,11,13-15,20,27,28
<i>Phymatolithon laevigatum</i> +	L	8
<i>Polyides rotundus</i>	4	28
<i>Polysiphonia arctica</i>	6-25	12,20,27

TABLE II (continued)

List of the species

Species	Vertical range	Locality
<i>P. flexicaulis</i>	L-3	14,15,20
<i>P. urceolata</i>	L-12	3-9,11,14,17-20,24,28
<i>Porphyra linearis</i>	H	24
<i>P. miniata</i>	L-12	16-18,24
<i>P. umbilicalis</i>	M	24,25,28
<i>Ptilota serrata</i>	3-35	15-20,23-25
<i>Rhodomela confervoides</i>	M-25	3-28
<i>Rhodophyllis dichotoma</i>	12	17
<i>Turnerella pennyi</i>	5-35	10-13,15-21,23,27

Vertical range: H=high intertidal, M=mid intertidal, L=low intertidal, numbers refer to depth in metres below mean low tide. Locality: numbers refer to the site numbers given in Figure 1 and Table I. A dash between two figures indicates that the species is found at the two sites and at all inclusive sites. A (+) indicates a new record for the Labrador Coast. Species are arranged alphabetically by division; authorities are as given in South (1976).

new records for the Labrador coast. The new records are all northern range extensions of species found in insular Newfoundland and other parts of Atlantic Canada.

Many of the species which were abundant and common in the region, e.g. *Turnerella pennyi* (Harv.) Schm., *Rhodophyllis dichotoma* (Lepesch) Gobi, *Lithothamnium tophiforme* Unger, *Neodilsea integra* (Kjellm.) A. Zinova, *Odonthalia dentata* (L.) Lyngb., *Polysiphonia arctica* J. Ag., *Papenfussiella callitricha* (Rosenv.) Kylin and *Laminaria solidungula* J.Ag. are considered to be northern elements in the Newfoundland flora. The species considered by South (1983) to make up the southern element in the Newfoundland flora are for the most part absent from the Kaipokok Bay region. Several of the new records are, however, southern species. These include *Cystoclonium purpureum* (Huds.) Batt., *Cladosiphon zosterae* (J.Ag.) Kylin, and *Melanosiphon intestinalis* (Saund.) Wynne. Because the majority of the other new records for the area are cryptic species, either small filaments or crusts and thus easily overlooked, it is probable that other similar species remain to be added.

It is difficult to directly compare the present list with that of Wilce (1959). We report the results of an intensive study of a relatively small area of coast in which subtidal collections were made by scuba. In contrast, Wilce (1959) collected over a much wider area, but his subtidal species were obtained from the drift and by the use of grabs. Wilce (1959) reported 37 species of Chlorophyta, 57 species of Phaeophyta and 41 species of Rho-

dophyta. It is thus apparent that there is considerable similarity in the flora of this study area and that of the marine algal flora of the Labrador coast as a whole. Allowing for the nomenclatural and taxonomic changes of the past 25 years the major differences between our list and Wilce's are in cryptic species or in taxonomically difficult groups. One distinctive species reported by Wilce (1959) from northern Labrador is missing from our collections. *Kallymenia schmitzii* De Toni was not found, even though it was specifically sought. Its southern limits of growth may therefore be between Kaipokok Bay and Wilce's (1959) most southern record at Amity Bay (57°49'N,62°5'W).

The marine algal flora of the study area is mainly composed of species common to the low Arctic of northern Europe (Jaasund, 1965) and of Greenland (Pedersen, 1976). The species of more southern distribution, including many of those which are newly reported from this area, are found principally in shallow areas which escape the worst of the ice action. These shallow water species are absent from the high arctic flora (Lund, 1959; Lee, 1980) presumably due to a combination of environmental factors including lack of substrate availability due to extended ice cover, as well as ice scour, low salinity and reduced insolation. Previous eastern Canadian floristic studies from the Gulf of St. Lawrence (Cardinal & Villalard, 1971; Hooper *et al.*, 1980) and from the island of Newfoundland (South, 1976b) show many species in common with the flora reported here, the main difference is the absence of many species of southern affinity on the central Labrador coast.

Acknowledgments

We wish to gratefully acknowledge the logistic and financial support of BRINCO Ltd. The information presented here was gathered as part of a baseline survey for an environmental assessment of the proposed Kitts-Michelin mine development, we also wish to acknowledge their permission to publish this material. Bruce Bennett, Dr. John J. Bolton, and Scott Murray, assisted in the field work. We would also like to thank Dr. R.T. Wilce, for his friendship and advice over many years and for freely sharing his boundless knowledge and enthusiasm for the algae of the northern seas. This material was analyzed and the paper prepared while the authors were in receipt of N.S.E.R.C. operating grants.

References

- ADEY, W.H., 1966. Distribution of saxicolous corallines in the northwestern north Atlantic. — *J. Phycol.*, 2: 49-54.
- CARDINAL, A. & M. VILLALARD, 1971. Inventaire des algues marines benthiques de l'estuaire du Saint-Laurent (Québec). — *Naturaliste can.*, 98: 887-904.
- CEDERCREUTZ, C., 1944. Freshwater algae from Labrador. — *Mem. Soc. faun. flor. Fennica*, 19: 216-222.
- GANDHI, S.S., R.L. GRASTY & R.A.F. GRIEVE, 1969. The geology and geochronology of the Makkovik Bay area, Labrador. — *Can. J. Earth Sci.*, 6: 1019-1035.
- HOOPER, R.G., G.R. SOUTH & A. WHITTICK, 1980. Ecological and phenological aspects of the marine phytobenthos of the Island of Newfoundland. — Pages 395-423 in J.H. Price, D.E.G. Irvine & W.F. Farnham (ed.). *The shore environment. Vol. 2: Ecosystems. Systematics association special volume, no. 17(b)*. Academic Press, London and New York, p. 323-945.
- JAASUND, E., 1965. Aspects of the marine algal vegetation of North Norway. — *Bot. Gothob.*, 4: 1-174.
- LEE, R.K.S., 1980. A catalogue of the marine algae of the Canadian Arctic. — *Nat. Mus. Can. Publ. Bot.*, no. 9, p. 1-82.
- LUND, S., 1959. The marine algae of East Greenland. I. Taxonomical part. — *Meddr Grønland*, 156 (1): 1-274.
- PEDERSEN, P.M., 1976. Marine, benthic algae from southernmost Greenland. — *Meddr Grønland*, 199 (3): 1-80, 8 pls.
- ROSEN, P.S., 1979. Boulder barricades in Central Labrador. — *J. Sed. Petrol.*, 49: 1113-1124.
- SOUTH, G.R., 1976a. A check-list of marine algae of eastern Canada, first revision. — *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 56: 817-843.
- SOUTH, G.R., 1976b. Check-list of marine algae from Newfoundland, Labrador and the French Islands of St. Pierre and Miquelon, first revision. — *MSRL Tech. Rep.*, no. 19, p. 1-35. Memorial Univ. Newfoundland.
- SOUTH, G.R., 1983. Benthic marine algae. — Pages 385-420 in G.R. South (ed.). *Biogeography and ecology of the Island of Newfoundland*. Junk, The Hague, 723 p.
- SOUTH, G.R. & R.G. HOOPER, 1972. Additions to the benthic marine algal flora of insular Newfoundland, II, with remarks on some species new for southern Labrador. — *Naturaliste can.*, 99: 263-270.
- SOUTH, G.R. & R.G. HOOPER, 1980. A catalogue and atlas of the benthic marine algae of the island of Newfoundland. — *Occ. Pap. Biology, Memorial Univ. Newfoundland*, no. 3, p. 1-136.
- TAYLOR, W.R., 1957. *Marine algae of the northeastern coast of North America*. — Univ. Michigan Press, Ann Arbor, 405 p.
- WILCE, R.T., 1959. The marine algae of the Labrador Peninsula and Northwest Newfoundland (ecology and distribution). — *Bull. nat. Mus. Canada*, no. 158, p. 1-103.

ANALYSE DE LA FLORE VASCULAIRE D'UN SECTEUR DE LA RÉSERVE AMÉRINDIENNE DE CAUGHNAWAGA (QUÉBEC)

G. VINCENT¹

*Institut botanique de l'Université de Montréal
4101 rue Sherbrooke est
Montréal (Québec) H1X 2B2*

Résumé

Située sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, à la hauteur des rapides de Lachine, la réserve amérindienne de Caughnawaga (Québec) présente une grande diversité floristique. Au total, le territoire étudié recèle 399 taxons vasculaires dont plus du tiers appartiennent à la grande forêt décidue de l'Amérique orientale, illustrant bien le caractère méridional de ces forêts. Le spectre biologique du territoire a été établi et confirme ce caractère méridional. Finalement, nous avons comparé les formes biologiques et la distribution géographique des taxons pour chacun des habitats. Cette analyse démontre que la distribution des formes biologiques est en relation avec le type d'habitat à l'intérieur d'un même climat régional alors que les affinités géographiques en sont indépendantes.

Abstract

Located on the south shore of the St. Lawrence river near Lachine Rapids, the Caughnawaga Indian reserve (Québec) shows a great floristic diversity. We collected 399 vascular taxa of which more than one third belong to deciduous forest elements, showing the meridional affinities of these plant communities. Finally we compared the life forms and the geographical affinities of the taxa for each habitat. This analysis shows that the life forms are in relation to the habitats inside the same regional climate but geographical affinities are independent of them.

Introduction

Le réseau hydrographique de la région de Montréal offre un intérêt exceptionnel. En effet, cette région, communément appelée archipel d'Hochelaga, constitue un important carrefour au confluent du Saint-Laurent supérieur et de l'Ouataouais. Ces deux cours d'eau reçoivent de nombreux tributaires, l'ensemble de ces derniers drainant un immense bassin. Selon Gravel & Pagueau (1976), le lac Saint-Louis est le secteur du Saint-Laurent le plus riche et le plus diversifié et cela pour deux raisons: la rencontre de plusieurs voies de migration biologique et l'allure naturelle de la courbe annuelle du niveau de l'eau. Cette situation privilégiée de l'archipel d'Hochelaga, au cœur des grandes voies de migrations botaniques, explique pourquoi ce secteur a fait l'objet de nom-

breuses études botaniques: Bernard (1970), Dansereau (1945), Lamoureux (1971), Rouleau (1945). Parallèlement, cet archipel constitue un des secteurs les plus densément peuplés du Canada, où la pression humaine est donc des plus considérables. Il importait d'intensifier les études dans cette région avant que les ressources biologiques ne disparaissent complètement. D'une certaine façon, le territoire étudié, de par sa situation à l'intérieur de la réserve amérindienne de Caughnawaga, s'est vu relativement bien protégé de cette pression humaine malgré la proximité de la métropole montréalaise. Ce statut de réserve n'en garantit pas pour autant la préservation pour les années futures. À cet égard, cette étude a permis, d'une certaine façon, d'évaluer l'impact de la construction de la Voie maritime du Saint-Laurent vers les années 1950, sur les forêts ripariennes de la réserve amérindienne de Caughnawaga. Il ne fait aucun doute qu'une intervention massive peut modifier considérablement et dans un court laps de temps des communautés ripariennes dominées par *Ulmus* spp. ou par *Acer*

¹ Adresse actuelle: Jardin botanique de la Ville de Montréal, 4101 rue Sherbrooke est, Montréal (Québec) H1X 2B2

rubrum qui sont très sensibles à des modifications de composantes environnementales comme la nappe phréatique ou la période de submersion lors de la crue printanière.

Description du territoire étudié

Le territoire étudié est situé sur le fleuve Saint-Laurent, à la hauteur du lac Saint-Louis et des rapides de Lachine (fig. 1). Long d'environ 6 km avec une largeur moyenne d'environ 0,3 km, il couvre une superficie de quelque 1,4 km² et présente près de 10 km de rives donnant sur les rapides de Lachine. Il est bordé au nord et à l'ouest par le Fleuve, au sud par la Voie maritime du Saint-Laurent et à l'est par le camping du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Sa latitude nord est d'environ 45°24'15" et sa longitude ouest de 73°37'30". C'est un territoire plat, dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer varie entre 21,34 m et 24,38 m. La courbe de dénivellation de 24,38 m établit presque toujours la limite sud du territoire alors que son contact avec les eaux du Fleuve se fait toujours par une pente douce et graduelle. Selon Hunt (1974), le secteur étudié se situe dans la province physiographique des Appalaches et plus précisément dans la division des Basses Terres du Saint-Laurent.

Les assises rocheuses du territoire étudié consistent en des roches sédimentaires calcaires de l'Ordovicien. Ces assises sont de deux types: le groupe de Chazy de la formation de Laval (Ordovicien inférieur) caractérise la moitié ouest du secteur alors que le groupe de Trenton de la formation de Tétreauville (Ordovicien moyen) constitue sa moitié est (Clark, 1972). Ces assises ont fortement influencé la composition des sols, surtout des sols dérivés de till (Lajoie & Baril, 1956). Toute la région de Montréal a subi la glaciation durant le Pléistocène et a plus tard été submergée par la mer Champlain. Ces deux événements géologiques majeurs ont conféré à toute la région la plupart de ses caractéristiques de surface (Lajoie & Baril, 1956). Les deux plus importants dépôts de surface sont les tills glaciaires et les argiles marines. Toutefois, en beaucoup d'endroits ces dépôts ont été recouverts par des alluvions fluviales de type limons argileux. L'épaisseur de ces sédiments varie de 0,5 m jusqu'à 3 m. Ces alluvions formeront des sols riches en matière organique, au drainage inefficace et au profil peu différencié. Ce type de dépôt conditionnera en partie une végétation typique de plaine de débordement. Encore aujourd'hui, des dépôts analogues se forment à l'époque des inondations dues aux crues printanières. Beaucoup de ces alluvions, dans le secteur qui nous intéresse, sont trop jeunes pour que s'y soient

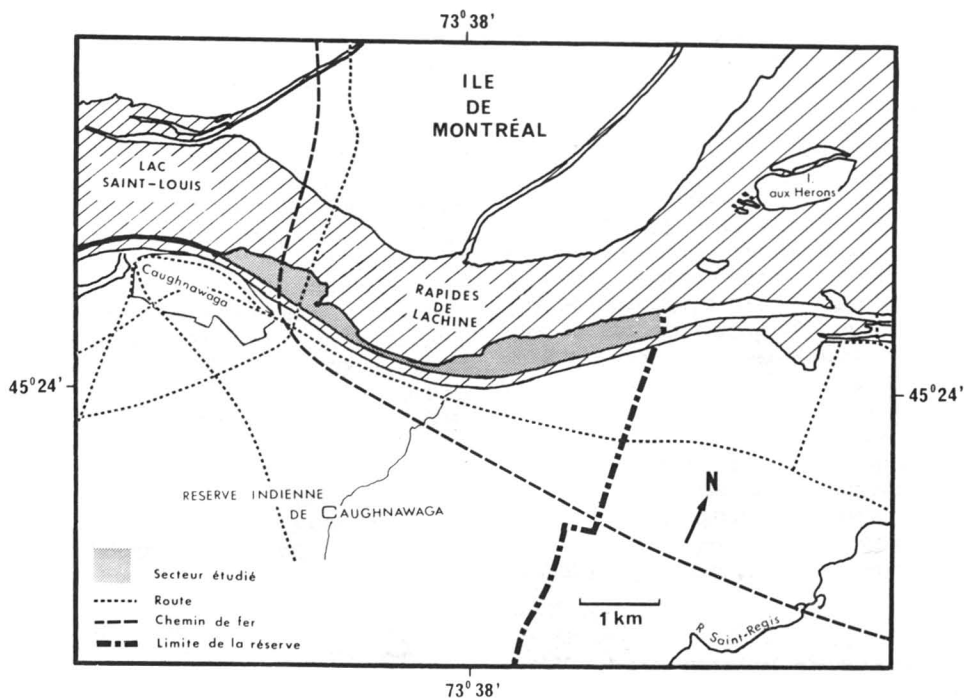


Figure 1. Situation géographique et secteur étudié de la réserve amérindienne de Caughnawaga.

développés des sols bien différenciés. Nous sommes donc en présence de sols azonaux, c'est-à-dire au profil homogène, peu ou pas différencié. Ces sols sont complètement inondés au printemps; leur drainage est déficient et n'est pas facilité par la topographie plane qui caractérise ce secteur.

Du point de vue climatique, les conditions de température, de précipitation et d'insolation placent ce secteur parmi les régions les plus favorisées du Québec. De plus, la proximité des rapides de Lachine semble un facteur à considérer. Bien qu'aucune étude poussée de ce phénomène n'ait été faite, il semble que le secteur des rapides de Lachine constitue une station plus thermophile que les régions avoisinantes (Ranger, 1979). Plusieurs facteurs lui confèreraient cette spécificité climatique. Mentionnons les rapides eux-mêmes qui empêchent le fleuve de geler l'hiver et le brassage intense de l'air au-dessus des rapides, qui contribue au réchauffement de l'atmosphère immédiat (Elhaï, 1968). De plus, l'emplacement des rapides à la sortie du col du fleuve, coincés entre la rive nord (ville Lasalle) et la rive sud (Caughnawaga), favorise le maintien d'une température minimale plus élevée qu'ailleurs dans la région (Ranger, 1979). Selon Ranger (1979), la conjugaison de ces facteurs permettrait le maintien sur le territoire étudié de plantes comme *Agalinis tenuifolia*, *Bidens beckii*, *Carex grayi*, *Celtis occidentalis*, *Cirsium discolor*, *Epilobium coloratum*, *Quercus bicolor*, *Rhus radicans* var. *negundo*, *Saururus cernuus*, *Taenidia integerrima* et *Tristeum aurantiacum*.

La majeure partie du territoire est dominée par *Fraxinus pennsylvanica*. Ce dernier occupe des sites qui, sans jamais subir de submersion, sont néanmoins mal drainés. Là où le drainage est encore plus déficient, le *Fraxinus pennsylvanica* est surtout accompagné d'*Acer rubrum*, *Juglans cinerea*, *Populus deltoides* et d'*Alnus rugosa*. *Fraxinus pennsylvanica* se comporte ici comme partout ailleurs dans la région de Montréal, c'est-à-dire comme une espèce pionnière, colonisant souvent les zones non boisées ou abondamment perturbées. Beaucoup de surfaces occupées présentement par ce taxon étaient auparavant dominées par *Ulmus* spp. Le grand nombre d'individus morts d'*Ulmus* spp. dans ce groupement en fait foi.

Ulmus americana et/ou *Ulmus rubra* ne dominent que dans deux aires de faible importance. Ils sont cependant parmi les espèces que l'on pourrait qualifier d'ubiquistes sur le territoire étudié. Ce groupement, qui est remplacé graduellement par celui à *Fraxinus pennsylvanica*, présente une strate arborescente, arbustive et herbacée très semblable aux frênaies rouges. Occupant des

sites identiques à ces derniers, avec une amplitude écologique semblable, c'est-à-dire se retrouvant à la fois dans des milieux très humides jusqu'aux milieux un peu plus mésiques, les groupements à *Ulmus* spp. présentent une grande richesse floristique. Sur le territoire étudié, la plaine d'alluvion est dominée par le *Salix x rubens*. Il est généralement fortement dominant dans son groupement et les seules autres espèces arborescentes qui l'accompagnent sont *Acer rubrum*, *Acer saccharinum*, *Fraxinus pennsylvanica* et *Populus deltoides*.

Les sites à drainage plus déficient sont dominés par *Acer rubrum*. Ces groupements correspondent au faciès à *Onoclea sensibilis*, décrit par Dansereau (1946). Les dépressions qu'ils occupent sont longuement inondées au printemps et la végétation herbacée qui s'y installe ne le fait guère avant le mois de juin. C'est toujours *Onoclea sensibilis* qui domine d'abord, puis les espaces demeurés libres sont occupés par *Impatiens* sp. L'*Acer rubrum* est généralement fortement dominant dans son groupement; toutefois lorsque le drainage s'améliore, on voit apparaître de plus en plus des espèces arborescentes comme *Acer saccharum*, *Betula alleghaniensis*, *Betula populifolia*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Tilia americana*, *Ulmus americana* et *Ulmus rubra*.

Deux groupements forestiers sont dominés par *Acer saccharum* et chacun d'eux correspond à une sous-association différente décrite par Dansereau (1946, 1959). Ainsi, un groupement du type *Aceretum saccharophori ulmosum* se rencontre dans un secteur légèrement plus humide et un groupement correspondant à la sous-association *Aceretum saccharophori quercosum* sur un site mieux drainé. Le premier est caractérisé par une strate arborescente où croissent, outre *Acer saccharum*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Ulmus americana* et *Ulmus rubra*. Le deuxième type est caractérisé par la présence à la strate arborescente en plus d'*Acer saccharum*, de *Quercus rubra* et *Carpinus caroliniana* qui est particulièrement abondant dans ce groupement.

Matériel et méthodes

Cette analyse est basée, en majeure partie, sur des récoltes que nous avons effectuées en 1978 et 1979, auxquelles nous avons ajouté 17 taxons précédemment récoltés par d'autres botanistes, après consultation de spécimens d'herbier conservés à l'herbier Marie-Victorin de l'Université de Montréal (MT), à l'herbier du Jardin botanique de la Ville de Montréal et à l'herbier de l'Université McGill (MTMG). Pour la liste des taxons, la nomenclature adoptée est celle de Ma-

rie-Victorin (1964), sauf quelques rares exceptions pour lesquelles nous nous sommes référés à des ouvrages plus récents. L'orthographe des épithètes spécifiques suit les recommandations du Code international de nomenclature (Stafleu, 1978) et les abréviations des noms d'auteurs suivent celles du «Draft index of authors abbreviations: flowering plants» (Anonyme, 1980). Dans cette liste, après le nom scientifique du taxon, apparaissent des informations sur la forme biologique, la répartition géographique, l'habitat et l'abondance relative du taxon sur le territoire étudié.

FORMES BIOLOGIQUES

Nous avons adopté, pour cette analyse, la classification des formes biologiques de Raunkiaer telles que définies par Scoggan (1978).

- Ph — phanérophyles: bourgeons aériens à au moins 25 cm du sol.
- Ch — chaméphytes: bourgeons aériens à moins de 25 cm du sol.
- Geo — géophytes: bourgeons enfouis dans le sol.
- Hm — hémicryptophytes: bourgeons au niveau du sol.
- Hel — héliophytes: bourgeons enfouis dans l'eau, les feuilles et les pousses florales au-dessus de l'eau.
- Hd — hydrophytes: toute la plante est submergée.
- Th — thérophytes: plante annuelle hibernant sous forme de graines.

RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

Pour déterminer l'affinité géographique des différents taxons, nous nous sommes référés principalement aux ouvrages de Rousseau (1974) et Hultén (1958, 1962, 1971). Les éléments phytogéographiques que nous avons retenus sont des modifications des subdivisions de Rousseau (1974).

- Co — cosmopolite ou subcosmopolite: entité qui en plus d'être largement distribué dans l'hémisphère nord, se rencontre dans l'hémisphère sud.
- C — circumpolaire: espèce qui se rencontre sans disjonction importante dans l'hémisphère nord à partir du 45° latitude N.
- Aa — amphi-atlantique: espèce présente des deux côtés de l'océan Atlantique mais absente sur le versant de l'océan Pacifique.
- Nat — nord-américain transcontinental sans disjonction importante aux latitudes canadiennes: élément qui se rencontre

depuis l'Alberta ou le Mackenzie jusqu'aux longitudes des Maritimes.

- D — nord-américain disjoint sur notre continent: élément nord-américain avec des aires séparées sur notre continent.
- En — endémique: taxon qui n'a pas encore été signalé en dehors du nord-est de l'Amérique.
- Fd — Amérique orientale dont la distribution coïncide totalement ou partiellement avec la grande forêt décidue: cette région s'étend du sud, depuis les montagnes des Carolines et le nord-est du Texas, au nord, depuis le nord-est du Minnesota jusqu'en Gaspésie.
- Pco — plaine côtière atlantique: taxon distribué dans la portion de l'Amérique orientale qui s'étend depuis les bords de l'Atlantique jusqu'à une altitude de 100 m.
- Pce — plaine centrale: élément de la prairie qui subsiste à l'est, en quelques endroits.
- Mc — nord-américain restreint à nos microclimats les plus chauds: largement distribué aux États-Unis, souvent transcontinental à ces latitudes; au Québec, on retrouve des éléments de ce groupe qu'aux latitudes les plus méridionales.
- I — introduit: espèce généralement de milieu ouvert et perturbé, introduite d'Europe ou d'Eurasie.

HABITAT

- Aqu — étang, rivière, ruisseau: plante qui croît en permanence en eau douce, aussi bien courante que calme.
- Br — rivage: comprend la plaine d'alluvion, la berge et la grève.
- Dhm — dépression humide, marécage: surface humide soumise à l'influence d'une nappe phréatique d'eau douce élevée.
- Fh — milieu fermé mésique-hydrique: arborale ou arbustive mésique-hydrique.
- Fs — milieu fermé mésique-xérique: arborale ou arbustive mésique-xérique.
- Mo — milieu ouvert: surface déboisée et profondément modifiée par l'homme.

ABONDANCE RELATIVE

- très commun : répandu sur tout le territoire ou dans plusieurs habitats.
- commun : le taxon est rencontré fréquemment dans son habitat.

peu commun : le taxon est dispersé ou peu fréquent dans son habitat.
rare : le taxon n'existe qu'en peu d'exemplaires ou est groupé en peu de colonies.

Résultats et discussion

LISTE DES TAXONS

Equisetaceae

Equisetum arvense L. Geo, Co, Dh, très commun.
Equisetum fluviatile L. Hel, C, Br, peu commun.
Equisetum palustre L. Geo, C, Br, peu commun.
Equisetum variegatum Schleicher Geo, C, Dh, peu commun.

Osmundaceae

Osmunda regalis L. var. *spectabilis* (Willd.) A. Gray Geo, Aa, Dh, commun.

Polypodiaceae

Athyrium filix-femina (L.) Roth var. *michauxii* (Sprengel) Farw. Hm, C, Dh, Fs, Fh, très commun.
Dryopteris cristata (L.) A. Gray Hm, Aa, Dh, peu commun.
Dryopteris spinulosa (Mueller) Watt Geo, Aa, Dh, très commun.

Matteuccia struthiopteris (L.) Tod. var. *pennsylvanica* (Willd.) Morton Geo, C, Dh, Br, commun.

Onoclea sensibilis L. Geo, Fd, Fh, Dh, très commun.
Polystichum acrostichoides (Michaux) Schott Hm, Fd, Fs, commun.

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn var. *latiusculum* (Desv.) Underw. Geo, Co, Fh, commun.

Betulaceae

Alnus rugosa (Duroi) Sprengel var. *americana* (Regel) Fern. Ph, Nat, Dh, peu commun.
Betula alleghaniensis Britton Ph, Fd, Fs, peu commun.
Betula papyrifera Marshall Ph, Nat, Fs, Mo, commun.
Betula populifolia Marshall Ph, Pco, Fh, Mo, très commun.
Carpinus caroliniana Walter var. *virginiana* (Marshall) Fern. Ph, Fd, Fh, Fs, très commun.

Fagaceae

Quercus alba L. Ph, Fd, Fh, peu commun.
Quercus bicolor Willd. Ph, Fd, Dh, Fs, commun.
Quercus rubra L. var. *borealis* (Michaux f.) Trel. Ph, Fd, Fs, commun.

Juglandaceae

Carya cordiformis (Wangenh.) K. Koch Ph, Fd, Br, Fh, Fs, commun.
Carya ovata (Miller) K. Koch Ph, Fd, Fs, commun.
Juglans cinerea L. Ph, Fd, Fs, peu commun.

Salicaceae

Populus balsamifera L. Ph, Nat, Dh, Mo, très commun.
Populus deltoides Marshall Ph, Fd, Dh, Mo, très commun.
Populus grandidentata Michaux Ph, Fd, Fh, rare.
Populus nigra L. var. *italica* Muenchh. Ph, I, Fs, commun.
Populus tremuloides Michaux Ph, C, Fh, très commun.
Salix amygdaloides Andersson Ph, Pce, Br, peu commun.

Salix bebbiana Sarg. Ph, Nat, Dh, Mo, commun.
Salix discolor Mühlenb. var. *discolor* Ph, Nat, Dh, Mo, commun.
Salix discolor Mühlenb. var. *overi* C. Ball Ph, Fd, Mo, peu commun.
Salix fragilis L. Ph, I, Br, peu commun.
Salix interior Rowlee Ph, Nat, Dh, peu commun.
Salix pentandra L. Ph, I, Br, peu commun.
Salix petiolaris Smith Ph, Nat, Fh, peu commun.
Salix rigida Mühlenb. Ph, Fd, Dh, peu commun.
Salix x rubens Schrank Ph, I, Br, très commun.

Ulmaceae

Celtis occidentalis L. var. *pumila* (Pursh) A. Gray Ph, Pce, Fh, commun.
Ulmus americana L. Ph, Fd, Fh, très commun.
Ulmus rubra Mühlenb. Ph, Fd, Fh, très commun.

Urticaceae

Boehmeria cylindrica (L.) Sw. Geo, Fd, Fs, commun.
Humulus lupulus L. Ph, I, Mo, peu commun.
Laportea canadensis (L.) Wedd. Geo, Fd, Fh, commun.
Pilea pumila (L.) A. Gray Th, Fd, Br, peu commun.
Urtica dioica L. ssp. *gracilis* (Aiton) Sol. Geo, Hm, Aa, Mo, commun.

Saururaceae

Saururus cernuus L. Hel, Fd, Dh, rare.

Polygonaceae

Polygonum achoreum S.F. Blake Th, Nat, Mo, commun.
Polygonum amphibium L. var. *stipulaceum* (Coleman) Fern. Hel, Nat, Dh, peu commun.
Polygonum aviculare L. Th, I, Mo, commun.
Polygonum hydropiperoides Michaux Hm, D, Dh, commun.
Polygonum pensylvanicum L. var. *pennsylvanicum* Th, Fd, Br, commun.
**Polygonum pensylvanicum* L. var. *laevigatum* Fern. Th, Fd.
Polygonum persicaria L. Th, I, Dh, peu commun.
Rumex crispus L. Hm, I, Mo, très commun.
Rumex obtusifolius L. Hm, I, Br, Dh, peu commun.
Rumex orbiculatus A. Gray Hm, Nat, Mo, peu commun.
Rumex triangulivalvis (Danser) K.H. Rech. Hm, Nat, Dh, Mo, peu commun.
Tovara virginiana (L.) Raf. Geo, Fd, Dh, peu commun.

Chenopodiaceae

Atriplex patula L. var. *hastata* (L.) A. Gray Th, C, Mo, peu commun.
Chenopodium album L. Th, I, Mo, commun.
Chenopodium capitatum (L.) Asch. Th, Nat, Mo, rare.
Chenopodium gigantospermum Aellen Th, C, Fh, rare.
Kochia scoparia (L.) Schrader Th, I, Mo, rare.

Amaranthaceae

Amaranthus retroflexus L. Th, C, Mo, commun.

Caryophyllaceae

Saponaria officinalis L. Hm, I, Mo, commun.
Silene vulgaris (Moench) Garcke Hm, I, Mo, commun.

Aristolochiaceae

Asarum canadense L. Geo, Fd, Fs, peu commun.

Menispermaceae

Menispermum canadense L. Ph, Fd, Fh, très commun.

Ranunculaceae

- Actaea rubra* (Aiton) Willd. Geo, Nat, Fh, commun.
Anemone canadensis L. Geo, Nat, Fh, Mo, très commun.
Aquilegia canadensis L. Hm, Fd, Mo, peu commun.
Caltha palustris L. Hel, C, Dh, rare.
Clematis virginiana L. Ph, Fd, Mo, commun.
Hepatica acutiloba DC. Hm, Fd, Fh, commun.
Ranunculus abortivus L. Hm, Nat, Fh, Fs, commun.
Ranunculus acris L. Hm, I, Dh, Fs, Mo, très commun.
Ranunculus flabellaris Raf. Hd, Nat, Aqu, peu commun.
Ranunculus sceleratus L. Hel, C, Dh, peu commun.
Ranunculus trichophyllus Chaix Hd, C, Aqu, peu commun.
Thalictrum dioicum L. Hm, Fd, Fh, très commun.
Thalictrum pubescens Pursh Hm, Fd, Fh, très commun.

Berberidaceae

- Caulophyllum thalictroides* (L.) Michaux Geo, Fd, Fs, commun.

Nymphaeaceae

- Nuphar variegata* Engelm. Hd, Nat, Aqu, commun.
Nymphaea tuberosa Paine Hd, Fd, Aqu, commun.

Ceratophyllaceae

- Ceratophyllum demersum* L. Hd, C, Aqu, commun.

Fumariaceae

- Dicentra canadensis* (Goldie) Walp. Geo, Fd, Fh, rare.

Papaveraceae

- Chelidonium majus* L. Hm, I, Fh, peu commun.
Sanguinaria canadensis L. Geo, Fd, Fh, peu commun.

Brassicaceae

- Alliaria petiolata* (M. Bieb.) Cavara & Grande Hm, I, Fh, rare.
Barbarea vulgaris R. Br. Hm, I, Mo, commun.
Dentaria diphylla Michaux Geo, Fd, Fs, peu commun.
Dentaria laciniata Mühlenb. Geo, Fd, Fh, peu commun.
Erucastrum gallicum (Willd.) O. Schulz Th, I, Mo, commun.
Erysimum cheiranthoides L. Th, I, Mo, très commun.
Erysimum hieraciifolium L. Hm, I, Mo, peu commun.
Lepidium densiflorum Schrader Th, Nat, Mo, commun.
Rorippa islandica (Oeder) Borbás var. *fernaldiana* Butters & Abbe Hm, Nat, Mo, rare.
Rorippa islandica (Oeder) Borbás var. *hispida* (Desv.) Butters & Abbe Hm, C, Dh, commun.

Violaceae

- Viola affinis* Le Conte Hm, Fd, Fs, commun.
Viola cucullata Aiton Hm, Fd, Fh, commun.
Viola papilionacea Pursh Hm, Fd, Fh, commun.
Viola pennsylvanica Michaux Hm, Fd, Fh, commun.
Viola pubescens Aiton Hm, Fd, Fh, commun.

Hypericaceae

- Hypericum perforatum* L. Hm, I, Mo, très commun.
Hypericum punctatum Lam. Hm, Fd, Fh, commun.
Hypericum virginicum L. var. *fraseri* (Spach) Fern. Hm, Fd, Fh, peu commun.

Crassulaceae

- Penthorum sedoides* L. Hm, Fd, Fh, peu commun.
Sedum purpureum (L.) Link. Hm, I, Fs, peu commun.

Saxifragaceae

- Ribes americanum* Miller Ph, Nat, Mo, commun.

Ribes cynosbati L. Ph, Fd, Fs, commun.

Ribes sativum Syme Ph, I, Mo, commun.

Tiarella cordifolia L. Hm, Fd, Dh, très commun.

Rosaceae

Agrimonia gryposepala Wallr. Hm, Fd, Fs, Mo, très commun.

**Crataegus anomala* Sarg. Ph, Fd?

**Crataegus canadensis* Sarg. Ph, Fd?

**Crataegus champlainensis* Sarg. Ph, Fd?

**Crataegus crudelis* Sarg. Ph, Fd?

Crataegus punctata Jacq. Ph, Fd, Mo, commun.

Crataegus rotundifolia Moench var. *pubera* Sarg. Ph, Nat, Mo, commun.

Crataegus submollis Sarg. Ph, Fd?, Mo, commun.

Fragaria virginiana Duchesne Hm, Nat, Mo, commun.

Geum aleppicum Jacq. var. *strictum* (Aiton) Fern. Hm, C, Dh, Fh, très commun.

Geum canadense Jacq. Hm, Fd, Fs, très commun.

Malus pumila Miller Ph, I, Fs, commun.

Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. Ph, Fd, Mo, commun.

Potentilla anserina L. Hm, C, Mo, commun.

Potentilla argentea L. Hm, I, Mo, commun.

Potentilla norvegica L. Hm, Nat, Mo, commun.

Potentilla recta L. var. *recta* Hm, I, Mo, commun.

Potentilla recta var. *sulphurea* (Lam. & DC.) Peyr. Hm, I, Mo, commun.

Prunus nigra Aiton Ph, Fd, Mo, peu commun.

Prunus pennsylvanica L.f. Ph, Nat, Fs, très commun.

Prunus serotina Ehrh. Ph, Nat, Mo, commun.

Prunus virginiana L. Ph, Nat, Dh, Fh, Mo, très commun.

Rosa blanda Aiton Ph, Fd, Mo, très commun.

Rubus allegheniensis Porter Hm, Fd, Mo, commun.

Rubus idaeus L. var. *canadensis* Richardson Ph, C, Mo, très commun.

Rubus odoratus L. Ph, Fd, Dh, Fh, très commun.

Rubus pubescens Raf. Ph, Nat, Dh, commun.

Sorbus aucuparia L. Ph, I, Mo, peu commun.

Spiraea alba Duroi Ph, Nat, Fh, Fs, commun.

Spiraea latifolia (Aiton) Borkh. Ph, Fd, Dh, rare.

Fabaceae

Amphicarpa bracteata (L.) Fern. Hm, Fd, Mo, très commun.

Apios americana Medikus Geo, Fd, Dh, très commun.

Desmodium canadense (L.) DC. Hm, Fd, Fs, rare.

Lotus corniculatus L. Hm, I, Mo, rare.

Medicago lupulina L. Th, I, Mo, commun.

Medicago sativa L. Hm, I, Mo, commun.

Melilotus alba Medikus Hm, I, Mo, commun.

Trifolium pratense L. Hm, I, Mo, commun.

Trifolium repens L. Hm, I, Mo, peu commun.

Vicia cracca L. Hm, I, Mo, commun.

Lythraceae

Lythrum salicaria L. Hm, I, Br, Dh, très commun.

Onagraceae

Circaea lutetiana L. var. *canadensis* L. Geo, Aa, Br, Fh, très commun.

Epilobium angustifolium L. Hm, C, Dh, Mo, commun.

Epilobium coloratum Biehler Hm, Fd, Fh, peu commun.

Epilobium glandulosum Lehm. Hm, Nat, Fs, Dh, commun.

Epilobium hirsutum L. Th, I, Dh, peu commun.

- Oenothera biennis* L. Hm, Nat, Mo, commun.
Oenothera perennis L. Hm, Fd, Fh, peu commun.
- Haloragaceae
Myriophyllum exalbescens Fern. Hd, Nat, Aqu, commun.
- Tiliaceae
Tilia americana L. var. *heterophylla* (Vent.) Loudon Ph, Fd, Fh, Fs, commun.
- Oxalidaceae
Oxalis stricta L. Geo, I, Fh, rare.
- Anacardiaceae
Rhus radicans L. var. *negundo* (Greene) G. Mulligan Ph, Fd?, Fh, rare.
Rhus radicans L. var. *rydbergii* (Small ex Rydb.) Rehder Ph, Nat, Fh, Fs, Mo, très commun.
Rhus typhina L. Ph, Fd, Mo, Fs, très commun.
- Aceraceae
Acer negundo L. Ph, I, Mo, commun.
Acer rubrum L. Ph, Fd, Dh, Fh, commun.
Acer saccharinum L. Ph, Fd, Br, peu commun.
Acer saccharum Marshall Ph, Fd, Fs, Fh, commun.
- Balsaminaceae
Impatiens capensis Meerb. Th, Nat, Dh, très commun.
Impatiens pallida Nutt. Th, Fd, Dh, très commun.
- Celastraceae
Celastrus scandens L. Ph, Fd, Fs, peu commun.
- Rhamnaceae
Rhamnus catharticus L. Ph, I, Fh, Mo, commun.
Rhamnus frangula L. Ph, I, Fs, peu commun.
- Vitaceae
Parthenocissus quinquefolia (L.) Planchon Ph, Fd, Fh, Mo, très commun.
Vitis riparia Michaux Ph, Fd, Mo, très commun.
- Cornaceae
Cornus alternifolia L. f. Ph, Fd, Fh, rare.
Cornus obliqua Raf. Ph, Fd, Mo, commun.
Cornus rugosa Lam. Ph, Fd, Br, peu commun.
Cornus stolonifera Michaux Ph, C, Dh, Fh, Fs, Mo, très commun.
- Araliaceae
Aralia nudicaulis L. Hm, Nat, Fs, peu commun.
- Apiaceae
Anthriscus sylvestris (L.) Hoffm. Hm, I, Mo, commun.
Cicuta bulbifera L. Hm, Nat, Dh, rare.
Cicuta maculata L. Hm, Fd, Br, Dh, peu commun.
Cryptotaenia canadensis (L.) DC. Hm, Fd, Br, rare.
Daucus carota L. Hm, I, Mo, commun.
Osmorhiza longistylis (Torrey) DC. Hm, Fd, Fs, Mo, très commun.
Pastinaca sativa L. Hm, I, Mo, commun.
Sanicula marilandica L. Hm, Nat, Fh, commun.
Sium suave Walter Hel, Nat, Dh, commun.
Taenidia integerrima (L.) Drude Hm, Fd, Mo, rare.
- Primulaceae
Lysimachia nummularia L. Hm, I, Aqu, Dh, Fh, peu commun.
Lysimachia thyrsoiflora L. Hel, C, Br, rare.
- Steironema ciliatum* (L.) Raf. Hm, Nat, Br, Fh, Mo, très commun.
- Hydrophyllaceae
Hydrophyllum virginianum L. Hm, Fd, Fs, Fh, très commun.
- Convolvulaceae
Convolvulus arvensis L. Hm, I, Mo, rare.
Convolvulus sepium L. Geo, C, Mo, commun.
Cuscuta grovonii Willd. Th, Fd, Dh, rare.
- Boraginaceae
Cynoglossum officinale L. Hm, I, Mo, peu commun.
Echium vulgare L. Hm, I, Mo, commun.
Echium vulgare L. f. *roseum* F. Zimmerm. Hm, I, Mo, rare.
Lappula myosotis Moench Th, I, Mo, commun.
Lithospermum officinale L. Hm, I, Mo, commun.
Myosotis arvensis L. Hm, I, Fs, peu commun.
- Solanaceae
Solanum dulcamara L. Hm, I, Fs, Mo, très commun.
Solanum nigrum L. Th, I, Br, rare.
- Scrophulariaceae
Chaenorrhinum minus (L.) Lange Th, I, Mo, peu commun.
Chelone glabra L. Hm, Fd, Dh, commun.
Agalinis tenuifolia (Vahl) Raf. Th, Fd, Mo, peu commun.
Linaria vulgaris Hill Hm, I, Mo, commun.
Mimulus ringens L. Hm, Fd, Dh, peu commun.
Scrophularia lanceolata Pursh Hm, Nat, Fs, commun.
Verbascum thapsus L. Hm, I, Mo, commun.
**Veronica comosa* Richter Hd, C.
Veronica serpyllifolia L. Hm, I, Mo, commun.
Veronica scutellata L. Hm, Nat, Fh, peu commun.
- Acanthaceae
**Justicia americana* (L.) Vahl Hel, Fd, Aqu.
- Verbenaceae
Verbena hastata L. Hm, Nat, Br, Dh, peu commun.
Verbena urticifolia L. Hm, Fd, Fs, Mo, commun.
- Lamiaceae
Galeopsis tetrahit L. var. *bifida* (Boenn.) Lejeune & Court Th, I, Fh, commun.
Glechoma hederacea L. Hm, I, Fs, commun.
Leonurus cardiaca L. Hm, I, Mo, Fs, commun.
Lycopus americanus Mühlenb. Hm, Nat, Dh, Br, commun.
Lycopus asper E. Greene Geo, I, Fh, Br, commun.
Lycopus europaeus L. Hm, I, Dh, Br, très commun.
Mentha canadensis L. Hm, Nat, Br, commun.
Nepeta cataria L. Hm, I, Mo, rare.
Prunella vulgaris L. var. *lanceolata* (Barton) Fern. Hm, C, Mo, peu commun.
Scutellaria epilobiifolia A. Ham. Hm, C, Fs, commun.
Scutellaria lateriflora L. Hm, Nat, Fh, Mo, commun.
Stachys palustris L. Geo, Nat, Br, peu commun.
Stachys tenuifolia Willd. var. *platyphylla* Fern. Geo, Fd, Br, Fh, peu commun.
Teucrium canadense L. var. *virginicum* (L.) Eaton Hm, Nat, Mo, peu commun.
Teucrium occidentale A. Gray var. *boreale* (Bickn.) Fern. Hm, Nat, Fh, peu commun.

Plantaginaceae

- Plantago major* L. Hm, I, Mo, commun.
Plantago rugelii Decne. Hm, I, Mo, commun.

Gentianaceae

- Gentiana andrewsii* Griseb. Hm, Fd, Mo, rare.

Apocynaceae

- Apocynum androsaemifolium* L. Geo, Hel, Nat, Mo, Fs, peu commun.
Apocynum cannabinum L. Geo, Hel, Nat, Br, peu commun.

Asclepiadaceae

- Asclepias incarnata* L. Hel, Fd, Dh, Mo, peu commun.
Asclepias syriaca L. Geo, Fd, Fs, Mo, commun.

Oleaceae

- Fraxinus americana* L. Ph, Fd, Br, Fh, commun.
Fraxinus nigra Marshall Ph, Fd, Dh, Fs, peu commun.
Fraxinus pennsylvanica Marshall Ph, Fd, Fh, Fs, très commun.

Rubiaceae

- Cephalanthus occidentalis* L. Ph, Fd, Fh, rare.
Galium aparine L. Th, I, Fs, Mo, commun.
Galium triflorum Michaux Hm, C, Fh, Fs, commun.

Caprifoliaceae

- Lonicera dioica* L. Ph, Nat, Fs, commun.
Lonicera villosa (Michaux) Roemer & Schultes Ph, Nat, Fs, rare.
Lonicera xylosteum L. Ph, I, Mo, peu commun.
Sambucus canadensis L. Ph, Fd, Fh, peu commun.
Sambucus pubens Michaux Ph, Fd, Fh, Fs, commun.
Triosteum aurantiacum E. Bickn Hm, Fd, Mo, Dh, peu commun.
Viburnum lentago L. Ph, Fd, Br, Dh, Fh, Mo, très commun.
Viburnum trilobum Marshall Ph, Nat, Fh, Mo, commun.

Valerianaceae

- Valeriana officinalis* L. Hm, I, Fs, Mo, peu commun.

Cucurbitaceae

- Echinocystis lobata* (Michaux) Torrey & A. Gray Th, I, Dh, peu commun.

Lobeliaceae

- Lobelia cardinalis* L. Hm, Fd, Dh, rare.
Lobelia inflata L. Th, Fd, Fs, rare.

Asteraceae

- Achillea millefolium* L. Hm, C, Mo, commun.
Ambrosia artemisiifolia L. Th, I, Mo, commun.
 **Ambrosia trifida* L. Th, I, Br.
Antennaria canadensis Greene Ch, Nat, Mo, peu commun.
Arctium minus (Hill) Bernh. Hm, I, Fs, Mo, commun.
Artemisia vulgaris L. Hm, I, Mo, commun.
Aster cordifolius L. Hm, Fd, Fs, Mo, commun.
Aster lateriflorus (L.) Britton Hm, Fd, Fh, Fs, commun.
Aster macrophyllus L. Hm, Fd, Fs, commun.
Aster novae-angliae L. Hm, Fd, Fh, Mo, très commun.
Aster lanceolatus Willd. Hm, Fd, Mo, commun.
Aster umbellatus Miller Hm, Fd, Fh, Fs, commun.
Bidens beckii Torrey Hd, Fd, Aqu, rare.
Bidens cernua L. Th, Aa, Br, Dh, commun.

- **Bidens cernua* L. var. *elliptica* Wieg. Th, Fd, Dh.
Bidens discoidea (Torrey & A. Gray) Britton Th, Pco, Br, peu commun.
Bidens frondosa L. Th, Nat, Br, Dh, Mo, commun.
Centaurea maculosa Lam. Hm, I, Fs, rare.
Chrysanthemum leucanthemum L. Hm, I, Fs, Mo, commun.
Cichorium intybus L. Hm, I, Mo, commun.
Cirsium arvense (L.) Scop. Geo, I, Fs, Mo, commun.
Cirsium discolor (Mühl.) Sprengel Hm, Fd, Mo, peu commun.
Cirsium vulgare (Savi) Ten. Hm, I, Fs, commun.
Erechtites hieraciifolia (L.) Raf. Th, Fd, Br, Dh, commun.
Erigeron annuus (L.) Pers. Th, Fd, Mo, commun.
Erigeron canadensis L. Th, I, Mo, très commun.
Erigeron philadelphicus L. Hm, Nat, Fh, Fs, Mo, commun.
Erigeron strigosus Mühlenb. Th, Nat, Fs, Mo, commun.
Eupatorium maculatum L. Hm, Nat, Dh, commun.
Eupatorium perfoliatum L. Hm, Fd, Dh, commun.
Eupatorium rugosum Houtt. Hm, Fd, Fh, Fs, commun.
Gnaphalium uliginosum L. Th, I, Br, rare.
Helianthus decapetalus L. Geo, Fd, Fs, Mo, peu commun.
Hieracium aurantiacum L. Hm, I, Fs, commun.
Hieracium florentinum All. Hm, I, Mo, commun.
Iva xanthiifolia Nutt. Th, I, Fs, Mo, peu commun.
Lactuca biennis (Moench) Fern. Hm, Nat, Fs, commun.
Lactuca serriola L. Hm, I, Br, Fs, peu commun.
Leontodon autumnalis L. Hm, I, Mo, peu commun.
Prenanthes alba L. Hm, Fd, Fs, commun.
Rudbeckia laciniata L. Hm, Fd, Fh, Fs, Mo, commun.
Senecio viscosus L. Th, I, Mo, rare.
Solidago canadensis L. Hm, Nat, Mo, commun.
Solidago flexicaulis L. Hm, Fd, Fh, Mo, commun.
Solidago graminifolia (L.) Salisb. Hm, Nat, Mo, commun.
Solidago juncea Aiton Hm, Fd, Mo, peu commun.
Sonchus asper (L.) Hill Th, I, Mo, peu commun.
Sonchus oleraceus L. Th, I, Mo, commun.
Tanacetum vulgare L. Hm, I, Mo, commun.
Taraxacum officinale G. Weber Hm, I, Mo, commun.
Tragopogon pratensis L. Hm, I, Mo, commun.
Tussilago farfara L. Geo, I, Br, Fh, rare.
Xanthium chinense Miller Th, C, Br, peu commun.

Alismataceae

- Alisma gramineum* C. Gmelin Hel, I, Aqu, commun.
Sagittaria cuneata E. Sheldon Hel, Nat, Aqu, rare.
Sagittaria latifolia Willd. Hel, Nat, Br, peu commun.
Sagittaria rigida Pursh Hel, Nat, Aqu, peu commun.

Butomaceae

- Butomus umbellatus* L. Hel, I, Br, commun.
Butomus umbellatus L. f. *vallisneriifolius* (Sagorski) Glück Hd, I, Aqu, peu commun.

Hydrocharitaceae

- Elodea canadensis* Michaux Hd, D?, Aqu, commun.
Elodea nuttallii (Planchon) St. John Hd, Fd, Aqu, rare.
Hydrocharis morsus-ranae L. Hel, I, Aqu, rare.
Vallisneria americana Michaux Hd, C, Aqu, commun.

Naiadaceae

- Potamogeton filiformis* Pers. Hd, C, Aqu, commun.
Potamogeton gramineus L. Hd, C, Aqu, rare.

Potamogeton perfoliatus L. ssp. *richardsonii* A. Bennett
Hd, Nat, Aqu, commun.

Liliaceae

Erythronium americanum Ker Gawler Geo, Fd, Fh,
commun.

Hemerocallis fulva L. Geo, I, Mo, rare.

Lilium canadense L. Geo, Fd, Fs, rare.

Maianthemum canadense Desf. Hm, En, Fs, Fh, peu
commun.

Polygonatum pubescens (Willd.) Pursh Geo, Fd, Dh, m,
peu commun.

Smilacina racemosa (L.) Desf. Geo, Fd, Fh, commun.

Smilacina stellata (L.) Desf. Geo, Nat, Fh, peu commun.

Smilax herbacea L. Hm, Fd, Fs, Fh, commun.

Trillium erectum L. Geo, Fd, Fh, peu commun.

Trillium grandiflorum (Michaux) Salisb. Geo, Fd, Fh,
commun.

Uvularia grandiflora Smith Geo, Fd, Fs, commun.

Uvularia sessilifolia L. Geo, Fd, Fs, commun.

Pontederiaceae

Heteranthera dubia (Jacq.) MacMillan Hd, Mc, Aqu,
commun.

Iridaceae

Iris versicolor L. Geo, En, Aqu, peu commun.

Sisyrinchium bermudiana L. Hm, Nat, Dh, m, commun.

Juncaceae

Juncus alpinoarticulatus Chaix in Vill. Hm, Nat, Mo,
commun.

Juncus brevicaudatus (Engelm.) Fern. Hm, Nat, Dh, m,
commun.

Cyperaceae

Carex alopecoidea Tuckerman Hm, Fd, Br, Dh, m,
commun.

Carex cephalanta (Bailey) E. Bickn. Hm, Nat, Dh, m,
commun.

**Carex cristatella* Britton Hm, Pce.

Carex granularis Mühlenb. Hm, Fd, Br, commun.

Carex grayi Carey Hm, Fd, Fh, rare.

Carex hystricina Mühlenb. Hm, Nat, Aqu, peu commun.

Carex intumescens Rudge Hm, Fd, Mo, commun.

Carex lupulina Mühlenb. Hm, Fd, Dh, m, peu commun.

Carex merritt-feraldii Mackenzie Hm, Nat, Dh, m, peu
commun.

**Carex stipata* Mühlenb. Hm, Nat.

**Carex stricta* Lam. var. *decora* Bailey Geo, Pce?

**Carex tribulooides* Wahlenb. Hm, Fd.

Carex vesicaria L. Geo, C, Dh, m, commun.

Carex vulpinoidea Michaux Geo, Nat, Dh, m, commun.

Cyperus strigosus L. Geo, I, Br, peu commun.

Eleocharis acicularis (L.) Roemer & Schultes Hel, C,
Dh, m, peu commun.

Eleocharis erythropoda Steudel Geo, Pce?, Br, Aqu,
commun.

Eleocharis smallii Britton Hel, Fd?, Dh, m, peu commun.

Scirpus atrovirens Willd. var. *georgianus* (Harper) Fern.
Hm, Nat, Dh, m, commun.

Scirpus cyperinus (L.) Kunth var. *pelius* Fern. Hm, Nat,
Dh, m, commun.

Scirpus fluviatilis (Torrey) A. Gray Hel, Nat, Br, peu
commun.

Scirpus validus Vahl var. *creber* Fern. Hel, Nat, Aqu,
Dh, m, commun.

Poaceae

Agropyron repens (L.) Beauv. Geo, I, Mo, commun.

Agrostis gigantea Roth Hm, I, Mo, commun.

Bromus purgans L. Hm, Fd, Mo, peu commun.

Dactylis glomerata L. Hm, I, Mo, peu commun.

Echinochloa crusgalli (L.) Beauv. Th, I, Mo, commun.

**Echinochloa pungens* Rydb. Th, I.

Elymus villosus Mühlenb. Hm, Pce, Mo, commun.

Elymus virginicus L. Hm, Nat, Br, commun.

Festuca rubra L. Hm, C, Dh, m, peu commun.

Glyceria striata (Lam.) Hitchc. Hm, Nat, Dh, m, peu
commun.

Hordeum jubatum L. Hm, I, Mo, rare.

Hystris patula Moench var. *bigeloviana* (Fern.) Deam
Hm, Fd, Mo, rare.

**Leersia oryzoides* (L.) Sw. Geo, Aa.

**Leersia oryzoides* (L.) Sw. f. *clandestina* Eames Geo,
Aa.

Leersia virginica Willd. Geo, Fd, Br, peu commun.

Panicum capillare L. var. *campestre* Gattinger Th, Fd,
Mo, peu commun.

Phalaris arundinaceae L. Geo, C, Br, commun.

Phleum pratense L. Hm, I, Mo, commun.

Phragmites communis Trin. Hel, Co, Dh, m, commun.

**Poa compressa* L. Hm, I.

Poa nemoralis L. Hm, C, Mo, commun.

Poa palustris L. Hm, C, Dh, m, commun.

Poa pratensis L. Geo, C, Mo, commun.

Spartina pectinata Link Hm, Nat, Br, peu commun.

Orchidaceae

Epipactis helleborine (L.) Crantz Th, I, Fs, peu commun.

Habenaria psychodes (L.) Sprengel Geo, Fd, Fh, rare.

Spiranthes cernua (L.) Rich. Geo, Fd, Mo, rare.

Araceae

Arisaema atorubens (Aiton) Blume Geo, Fd, Dh, m,
commun.

Lemnaceae

Lemna minor L. Hd, Co, Aqu, commun.

Lemna trisulca L. Hd, C, Aqu, commun.

Spirodela polyrhiza (L.) Schleiden Hd, C, Aqu, commun.

Sparganiaceae

Sarganium chlorocarpum Rydb. Hel, Nat, Dh, m, peu
commun.

Sarganium eurycarpum Engelm. Hel, Nat, Aqu,
commun.

Typhaceae

Typha angustifolia L. Hel, C, Dh, m, commun.

Typha latifolia L. Hel, C, Dh, m, commun.

*Taxons récoltés par d'autres collectionneurs.

RICHESSSE FLORISTIQUE

Selon Lebrun (cité par Grandtner, 1966), la richesse de la flore d'un territoire donné se définit par la variété des formes qu'il héberge. On peut l'exprimer de deux façons: par le nombre d'espèces qu'il comporte (richesse absolue) ou par le nombre d'espèces par rapport à l'étendue du territoire considéré (richesse relative). Le territoire qui fait l'objet de la présente étude possède une

TABLEAU I
 Richesse relative de la flore de la portion au nord de la voie maritime
 du Saint-Laurent de la réserve amérindienne de Caughnawaga,
 de six unités insulaires voisines du territoire étudié
 et du Québec méridional

	<i>Familles</i>	<i>Genres</i>	<i>Espèces</i>	<i>Variétés</i>	<i>Formes</i>	<i>Hybrides</i>	<i>Entités</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Richesse relative (espèces/km²)</i>
Caughnawaga (Vincent, 1983)	78	231	394	35	3	1	399	1,4	281,4
Île Ste-Hélène (Rouleau, 1945)	76	216	383	58	21	4	—	1,0	383,0
Île des Sœurs (Joyal, 1970)	81	236	404	18	7	2	—	2,8	144,3
Îles de la Paix (Morency, 1966)	78	196	364	17	2	—	—	3,9	93,3
Île Ste-Thérèse (Deschamps, 1968)	65	181	326	26	5	—	—	15,5	21,0
Île Perrot (Bernard, 1970)	103	341	706	118	51	14	—	54,4	13,0
Îles des rapides de Lachine (Ranger, 1979)	79	209	348	36	12	3	368	0,7	497,1
Québec méridional (Marie-Victorin, 1964)	121	642	2 543	—	—	—	—	500 000	0,004

richesse absolue de 394 espèces, ces dernières étant réparties en 231 genres et 78 familles (tableau I). Si l'on compare la richesse absolue de ce territoire avec celle des régions avoisinantes, on constate qu'à l'exception de l'île Perrot et de tout le Québec méridional, tous les territoires présentent une richesse absolue semblable. Toutefois, nous croyons que c'est la richesse relative qui reflète le mieux la richesse floristique réelle d'un secteur donné. Le territoire étudié présente une richesse relative assez élevée avec 281,4 espèces/km² et se classe troisième en importance derrière les îles des Rapides de Lachine et l'île Sainte-Hélène. C'est donc dire que malgré sa faible étendue, la portion au nord de la voie maritime du Saint-Laurent de la réserve amérindienne de Caughnawaga renferme une bonne proportion de la flore du sud-ouest du Québec et principalement de l'archipel d'Hochelaga.

FORMES BIOLOGIQUES

Le tableau II donne le spectre biologique pour le territoire étudié tandis que le tableau III le compare aux spectres des autres régions. Le fort pourcentage de phanérophytes (19,8%) et le très faible pourcentage de chaméphytes indiquent le caractère nettement méridional du territoire que nous avons étudié. En effet, le pourcentage de phanérophytes diminue du sud au nord alors que la tendance est inverse pour les chaméphytes (Grandtner, 1966). Le pourcentage d'hémicryptophytes (42,3%) est comparable à celui des autres régions et le fait qu'ils constituent le groupe le plus important du territoire nous rappelle que le climat de l'Amérique du Nord peut être considéré comme celui des hémicryptophytes (Scoggan, 1978). Les cryptophytes, constitués des géophytes, héliophytes et hydrophytes, sont le deuxième groupe en importance sur notre territoire après les hémicryptophytes. Cependant, en

comparant le pourcentage de cryptophytes avec celui des autres régions, celui-ci nous apparaît un peu élevé. Ce pourcentage élevé s'explique par la forte contribution des héliophytes et des hydrophytes. En effet, la présence d'un important cours d'eau comme le Saint-Laurent à proximité du territoire favorise l'apparition d'un grand nombre de ces éléments. La contribution des thérophytes à l'intérieur de la somme des formes biologiques s'avère être à peu près la même que pour les autres régions.

RÉPARTITION PAR HABITAT

Les valeurs du tableau IV donnent une image assez juste de la répartition de la flore selon les habitats puisque l'ensemble du territoire a été couvert lors de nos herborisations. Il s'en dégage que la plupart des habitats hébergent une forte proportion de taxons que l'on rencontre dans d'autres habitats. De plus, les valeurs du tableau IV montrent que les marécages et dépressions humides constituent avec les habitats ouverts les milieux les plus exclusifs quant à la composition floristique. La niche écologique constituée par les marécages et dépressions humides est en effet généralement très spécifique, ne présentant que très peu de variations; elle favorise ainsi la présence d'espèces très étroitement adaptées à ce milieu. Dans les milieux ouverts, c'est assurément la forte quantité de plantes non tolérantes à l'ombre qui explique l'exclusivité de la flore. Par ailleurs, les milieux fermés humides ou mésiques-xériques, les rivages et les étangs, rivières et ruisseaux sont des habitats caractérisés par une forte interrelation entre les éléments de leur flore. Finalement, près de 60% des taxons (238/399) du territoire étudié ne se rencontrent que dans un seul habitat.

AFFINITÉS GÉOGRAPHIQUES

La diversité des origines de la flore de l'archipel d'Hochelaga est considérable. Selon Dansereau (1945), certaines espèces comme *Vallisneria americana* ou *Potamogeton gramineus*, que l'on trouve en abondance dans les eaux de l'Archipel, font partie de groupes circumboréaux tempérés ayant des ancêtres communs plus ou moins proches en Europe occidentale ou en Amérique orientale. D'autres viendraient de régions boréales d'où les auraient chassées les glaciers et continueraient aujourd'hui à vivre en dehors de leur aire principale (*Potamogeton amplifolius*). D'autres encore seraient venues du sud au cours d'une période post-glaciaire de réchauffement et auraient persisté localement depuis (*Heteranthera dubia*). Des espèces, comme *Lobelia cardinalis*, auraient suivi le cours du Saint-Laurent, l'ancienne

TABLEAU II

Spectre biologique de la flore de la portion au nord de la Voie maritime du Saint-Laurent de la réserve amérindienne de Caughnawaga

Formes biologiques	Nombre	%
Phanérophytes	79	19,8
Chaméphytes	1	0,3
Hémicryptophytes	169	42,3
Géophytes	59	14,8
Thérophytes	48	12,0
Héliophytes	24	6,0
Hydrophytes	18	4,8
Total	399	100,0

TABLEAU III
 Comparaison entre les spectres biologiques
 du territoire étudié et d'autres régions

	<i>Caughnawaga</i>	<i>Québec méridional</i> (Forest & Legault, 1977)	<i>Érabièrre</i> <i>laurentienne</i> (Dansereau, 1943)	<i>Connecticut</i> (Scoggan, 1978)	<i>Mondial</i> (Scoggan, 1978)
Phanéropnytes	19,8%	15,1%	17,0%	15,0%	46,0%
Chaméphytes	0,3	4,8	10,0	1,9	9,0
Hémicryptophytes	42,3	45,0	56,0	49,4	26,0
Cryptophytes	25,6	21,8	15,0	21,7	6,0
Thérophytes	12,0	13,3	2,0	11,7	13,0
Taxons	399	1 504	346	—	—

TABLEAU IV
Répartition des taxons selon les habitats

	Nombre de taxons		Total
	Exclusifs	Non exclusifs	
Étang, rivière			
ruisseau	15	22	37
Rivage	26	63	89
Marécage, dépression humide	42	41	83
Milieu fermé humide	58	141	199
Milieu fermé mésique-xérique	29	106	135
Milieu ouvert, bord de route	68	57	125

Exclusifs/total des taxons: 238/399 = 59,6%.

communication entre les Grands Lacs et l'Ou-taouais ou les rivages de la mer Champlain pour ainsi émigrer de l'ouest vers l'est. Finalement, plus près de nous, l'homme est intervenu dans la composition du tapis végétal en favorisant l'introduction de plusieurs espèces, dont *Butomus umbellatus* ou *Lythrum salicaria*.

Le tableau V met en évidence les groupes phytogéographiques les plus importants du secteur étudié de la réserve amérindienne de Caughnawaga. Quatre groupes retiennent l'attention; il

s'agit des éléments circumpolaires avec 10,3%, des éléments nord-américains transcontinentaux ou presque aux latitudes canadiennes avec 20,1%, des éléments dont la distribution coïncide totalement ou partiellement avec la grande forêt décidue de l'Amérique orientale avec 36,3% et finalement des éléments introduits, qui comptent pour 27,0% de la flore.

Une comparaison des affinités phytogéographiques de la flore de la réserve amérindienne de Caughnawaga avec celle de la flore du Québec

TABLEAU V
Répartition des taxons selon les affinités géographiques

Affinités géographiques	Secteur étudié		Québec-Labrador ¹
	Nombre	%	
1) Éléments cosmopolites ou subcosmopolites	4	1,0	0,7
2) Éléments circumpolaires	41	10,3	15,8
3) Éléments amphi-atlantiques	8	2,0	4,4
4) Éléments nord-américains transcontinentaux ou presque aux latitudes canadiennes	80	20,1	15,9
5) Éléments nord-américains disjoints	2	0,5	4,0
6) Éléments endémiques du nord-est de l'Amérique	2	0,5	2,6
7) Éléments dont la distribution coïncide totalement ou partiellement avec la grande forêt décidue de l'Amérique orientale	145	36,3	27,1
8) Éléments de la plaine côtière atlantique	2	0,5	2,7
9) Éléments de la plaine centrale	6	1,5	2,4
10) Éléments nord-américains restreints à nos macroclimats les plus chauds	1	0,3	0,5
11) Éléments introduits	108	27,0	23,8
Total	399	100,0	100,0

¹ Adapté de Rousseau, 1974.

Labrador, en nous référant à l'ouvrage de Rousseau (1974), nous permet de mieux caractériser ce territoire. Rousseau (1974) n'a toutefois étudié que 1020 des quelques 2543 entités que comprend cette flore, mais selon ce dernier, ce nombre est suffisant pour permettre une extrapolation à l'ensemble de la flore du territoire. Tout comme le Québec-Labrador, le groupe le plus important est celui de la grande forêt décidue de l'Amérique orientale, ce qui illustre bien le caractère méridional des forêts analysées. Près de 20% des éléments de ce groupe (26) ont leur zone optimale de croissance dans la zone bioclimatique 9 de Rousseau (1974), zone jouissant du plus grand nombre de degrés-jours dans tout le Québec, soit plus de 3250. De plus, des éléments comme *Saururus cernuus* ou *Taenidia integerrima*, présents sur notre territoire, ont leur zone optimale de croissance au sud du 45° de latitude nord (Rousseau, 1974), ce qui renforce nos observations.

Parmi les taxons indigènes, le deuxième groupe en importance, tout comme pour le Québec méridional, est celui des éléments nord-américains transcontinentaux ou presque aux latitudes canadiennes. En troisième lieu viennent, toujours parmi les taxons indigènes, les éléments circum-polaires. À l'exception de quelques-uns, ces taxons appartiennent également au groupe des éléments transcontinentaux ou presque aux latitudes canadiennes. Un bon nombre de taxons qui composent ces deux groupes appartiennent à la forêt boréale américaine. Ainsi, la présence sur notre territoire de *Aralia nudicaulis*, *Betula papyrifera*, *Cornus canadensis*, *Epilobium angustifolium*, *Lonicera villosa* ou *Smilacina stellata* montre bien que des taxons à affinités boréales peuvent croître même dans un secteur où les communautés végétales présentent un caractère nettement méridional.

Finalement, 27% de la flore du secteur étudié consiste en des éléments introduits, soit un peu plus que la proportion que l'on retrouve pour le Québec méridional. La position stratégique qu'occupe l'archipel d'Hochelaga, c'est-à-dire au carrefour de grandes voies de migration végétale et d'intenses activités humaines, a pu favoriser l'introduction d'espèces synanthropiques. Ainsi, *Hydrocharis morsus-ranae*, que l'on retrouve en abondance dans certains marécages de notre territoire, avait été observé pour la première fois il y a une quarantaine d'années sur le canal Rideau à Ottawa, alors qu'il est maintenant répandu tout le long du fleuve Saint-Laurent depuis les Grands Lacs jusqu'à la ville de Québec. (Dore, 1968; Catling & Dore, 1982). De la même façon, *Epilobium hirsutum* introduit d'Europe dans l'État de

New York aurait atteint notre territoire par le biais du Saint-Laurent supérieur (Raymond, 1950). Le fait que le port de Montréal soit un havre d'eau douce a grandement contribué à l'établissement dans la région de Montréal de plantes venues d'ailleurs, l'eau salée tuant habituellement les graines ou fragments végétaux jetés par-dessus bord par les bateaux. Des plantes comme *Alisma gramineum*, *Butomus umbellatus* ou *Lythrum salicaria*, que l'on trouve en abondance sur les rives de la réserve amérindienne de Caughnawaga, auraient été apportées de cette façon (Raymond, 1950).

APERÇU GÉNÉRAL

Formes biologiques suivant les habitats

Le tableau VI montre que la distribution des formes biologiques est reliée au type d'habitat à l'intérieur d'un même climat régional. Ainsi, les étangs, rivières et ruisseaux constituent les habitats les moins riches en taxons tout en présentant un spectre de formes biologiques très particulier étant donné la forte présence d'espèces hélophytes et hydrophytes. Le rivage présente un spectre qui se rapproche de celui de la flore régionale, avec cependant une distinction dans la proportion de géophytes. Les marécages et dépressions humides présentent un spectre des formes biologiques semblable à celui de la flore régionale si ce n'est que la proportion d'hélophytes est relativement élevée. Les milieux fermés humides et mésiques-xériques se présentent comme des habitats peu sélectifs quant aux formes biologiques si ce n'est la forte proportion de phanérophytes que l'on trouve dans les milieux fermés mésiques-xériques. Un aspect à signaler est que les géophytes sont d'une façon générale mieux représentées dans les habitats humides, sans toutefois être fortement présentes dans les habitats nettement aquatiques. Les géophytes se trouvent donc de préférence dans des milieux bien approvisionnés en eau et bien protégés. Finalement, les milieux ouverts et bords de routes abritent une forte proportion d'annuelles ainsi qu'une bonne proportion d'hémicryptophytes comparativement à la flore régionale. Le pourcentage relativement élevé de phanérophytes dans ce type d'habitat s'explique par le fait que certains des milieux inventoriés sont en voie de régénération et, de ce fait, hébergent une forte quantité d'espèces de succession comme *Rhus typhina*, *Populus tremuloides* ou *Fraxinus pennsylvanica*.

Affinités géographiques suivant les habitats

D'une façon générale, dans le secteur étudié, les affinités géographiques ne semblent pas liées

TABLEAU VI

Répartition des formes biologiques et des affinités géographiques selon les habitats

	<i>Étang, rivière, ruisseau</i>		<i>Rivage</i>		<i>Marécage, dépression humide</i>		<i>Milieu fermé humide</i>		<i>Milieu fermé mésique-xérique</i>		<i>Milieu ouvert, bord de route</i>		<i>Flore régionale</i>	
	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
Phanéropytes	0	0,0	9	17,3	16	16,5	30	33,7	25	30,5	30	18,9	110	21,5
Chaméphytes	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,6	1	0,2
Hémicryptophytes	2	6,3	16	30,8	38	39,2	32	36,0	40	48,8	86	54,1	214	41,9
Géophytes	4	12,5	13	25,0	18	18,5	25	28,1	12	14,6	13	8,2	85	16,6
Hélophytes	8	25,0	6	11,5	13	13,4	0	0,0	0	0,0	1	0,6	28	5,5
Hydrophytes	18	56,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	18	3,5
Thérophytes	0	0,0	8	15,4	12	12,4	2	2,2	5	6,1	28	17,6	55	10,8
Total	32	100,0	52	100,0	97	100,0	89	100,0	82	100,0	159	100,0	511	100,0
Cosmopolites	1	3,1	0	0,0	3	3,1	1	1,1	0	0,0	0	0,0	5	1,0
Circumpolaires	7	21,9	5	9,7	19	19,6	6	6,8	4	4,9	11	6,9	53	10,4
Amphi-atlantiques	0	0,0	2	3,8	5	5,2	1	1,1	0	0,0	2	1,3	10	2,0
Nord-amér. transc.	12	37,6	12	23,1	30	30,9	14	15,8	14	17,1	31	19,5	112	22,0
Disjoints	1	3,1	0	0,0	1	1,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	0,4
Endémiques	1	3,1	0	0,0	0	0,0	2	2,2	2	2,4	0	0,0	5	1,0
Grande forêt décidue	4	12,5	16	30,8	31	32,0	55	61,8	42	51,2	41	25,8	189	37,0
Plaine côtière atlantique	0	0,0	1	1,9	0	0,0	1	1,1	0	0,0	1	0,6	3	0,6
Plaine centrale	1	3,1	2	3,8	0	0,0	1	1,1	0	0,0	1	0,6	5	1,0
Microclimats plus chauds	1	3,1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,2
Introduits	4	12,5	14	26,9	8	8,2	8	9,0	20	24,4	72	45,3	126	24,4

à l'habitat, sauf quelques exceptions. Pour tous les habitats, les groupes les plus importants sont les éléments de la grande forêt décidue de l'Amérique orientale, les éléments nord-américains transcontinentaux ou presque aux latitudes canadiennes, les éléments circumpolaires et les éléments introduits. En comparant les six habitats entre eux, on note que les étangs, rivières et ruisseaux présentent un fort pourcentage d'éléments circumpolaires par rapport aux autres habitats. De plus, on note que les éléments introduits occupent une place importante dans la flore de trois des six habitats, à savoir les milieux ouverts et bords de routes, les rivages et les milieux fermés métriques-xériques. Alors qu'il n'est pas surprenant d'avoir une bonne représentation d'éléments introduits en milieu ouvert, on peut expliquer celle des rivages par la position qu'occupe le territoire étudié à la jonction de plusieurs voies de migration, dont le couloir fluvial, favorisant ainsi la présence de plantes comme *Lythrum salicaria*, *Lycopus europaeus* et *Butomus umbellatus*. La forte proportion d'éléments introduits en milieu fermé métrique-xérique s'explique par le niveau de perturbation assez élevé qui caractérise certaines de ces forêts.

Ainsi, à quelques exceptions près, le profil de l'affinité phytogéographique de la flore régionale se reflète à l'intérieur de la flore de chaque habitat et illustre, par la forte proportion d'éléments appartenant à la grande forêt décidue de l'Amérique orientale, le caractère méridional de la flore de ce secteur.

Remerciements

L'auteur tient à remercier M. Ernest Rouleau, de l'Institut botanique de l'Université de Montréal, sous la direction de qui ces travaux ont été entrepris; M. André Bouchard, de l'Université de Montréal et du Jardin botanique de la Ville de Montréal, M. Yves Bergeron, du Centre de recherches écologiques de Montréal et M. Luc Brouillet, de l'Institut botanique de l'Université de Montréal, pour leurs judicieux conseils; ainsi que Mlle Diane Simpson, qui a dactylographié le manuscrit.

Références

- ANONYME, 1980. Draft index of authors abbreviations: flowering plants. Compiled at the Herbarium. — Royal Botanic Gardens, Kew, 248 p.
- BERNARD, G., 1970. La flore de l'île Perrot (comté de Vaudreuil, Québec). — Mémoire M.Sc., Univ. Montréal, 474 p.
- CATLING, P.M. & W.G. DORE, 1982. Status and identification of *Hydrocharis morsus-ranae* and *Limnobia spongia* (Hydrocharitaceae) in northeastern North America. — *Rhodora*, 84 (840): 523-545.
- CLARK, T.H., 1972. Région de Montréal. — Rapp. géol. n° 152, min. Rich. nat., Dir. gén. mines, 244 p.
- DANSEREAU, P., 1943. L'érablière laurentienne. I. Valeur d'indice des espèces. — Contr. Inst. bot. Univ. Montréal, n° 45, 93 p.
- DANSEREAU, P., 1945. Essai de corrélation sociologique entre les plantes supérieures et les poissons de la beine du lac Saint-Louis. — Rev. can. Biol., 4: 369-417.
- DANSEREAU, P., 1946. L'érablière laurentienne. II. Les successions et leurs indicateurs. — Contr. Inst. bot. Univ. Montréal, n° 60, 57 p.
- DANSEREAU, P., 1959. Phytogeographia Laurentiana. II. The principal plant associations of the St. Lawrence valley. — Contr. Inst. bot. Univ. Montréal, n° 75, 147 p.
- DESCHAMPS, L., 1968. Étude floristique de l'île Sainte-Thérèse et des îles avoisinantes. — Mémoire M. Sc. Univ. Montréal, 253 p.
- DORE, W.G., 1968. Progress of the european frog-bit in Canada. — Can. Fld Nat., 82: 76-84.
- ELHAI, H., 1968. Biogéographie. — Armand Colin, Paris, 404 p.
- FOREST, P. & A. LEGAULT, 1977. Analyse de la flore vasculaire de Poste-de-la-Baleine, Nouveau-Québec. — Naturaliste can., 104: 543-566.
- GRANDTNER, M.M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. — Les Presses de l'Université Laval, 216 p.
- GRAVEL, Y. & G. PAGEAU, 1976. Les ressources biologiques et récréatives du Saint-Laurent sont-elles inépuisables? — L'ingénieur, 314: 21-36.
- HULTÉN, E., 1958. The amphi-Atlantic plants and their phytogeographical connection. — K. svenska VetenskAkad., Handl. B. 13, 340 p.
- HULTÉN, E., 1962. The circumpolar plants. I. Vascular cryptogams, conifers, monocotyledons. — K. svenska VetenskAkad. Handl., B. 13, 275 p.
- HULTÉN, E., 1971. The circumpolar plants. II. Dicotyledons. — K. svenska VetenskAkad. Handl., B. 13, 463 p.
- HUNT, C.B., 1974. Natural regions of the United States and Canada. — W.H. Freeman and Co., San Francisco, 725 p.
- JOYAL, R., 1970. La flore vasculaire de l'île des Sœurs. — Naturaliste can., 97: 559-583.
- LAJOIE, P. & R. BARIL, 1956. Les sols de l'île de Montréal, de l'île Jésus et de l'île Bizard dans la province de Québec. — Service des fermes expérimentales, min. Agric. Canada, Ottawa (Ontario), 89 p.
- LAMOUREUX, J.-P., 1971. Étude écologique de quelques groupements ripariens de la région de Montréal. — Thèse M. Sc., Univ. Laval, 138 p.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1964. Flore laurentienne. 2^e édition (revue et mise à jour par E. Rouleau). — Presses Univ. Montréal, 925 p.
- MORENCY, M., 1966. Étude floristique des îles de la Paix. — Mémoire M. Sc., Univ. Montréal, 225 p.

- RANGER, J.L., 1979. Étude floristique des îles des rapides de Lachine. — Mémoire M. Sc., Univ. Montréal, 476 p.
- RAYMOND, M., 1950. Esquisse phytogéographique du Québec. — Mém. Jardin bot. Montréal, n° 5, 147 p.
- ROULEAU, E., 1945. La florule de l'île Sainte-Hélène. — Contr. Inst. bot. Univ. Montréal, n° 57, p. 1-65.
- ROUSSEAU, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. — Trav. Doc. Centres études nord., Univ. Laval, n° 7, 799 p.
- SCOGGAN, H.J., 1978. The flora of Canada. Vol. 1 à 4. — Musée natl. sci. nat., Musées nationaux Canada, Ottawa, 1711 p.
- STALFEU, F.A. (ed.), 1978. International code of botanical nomenclature. Adopted by the Twelfth International Botanical Congress, Leningrad, July 1975. — Bohn, Fcheltema and Holkena, Utrecht.
- VINCENT, G., 1983. Étude floristique de la portion au nord de la voie maritime du Saint-Laurent de la réserve amérindienne de Caughnawaga. — Mémoire M. Sc. Univ. Montréal, 205 p.

EFFETS D'APPLICATION D'URÉE AU SOL ET AU FEUILLAGE SUR LE RENDEMENT, LE POIDS SPÉCIFIQUE ET LA NUTRITION AZOTÉE DE LA POMME DE TERRE¹

M. GIROUX

Service de recherche en sols
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation du Québec
2700 rue Einstein
Sainte-Foy, Québec
G1P 3W8

Résumé

L'effet de l'urée appliquée en bandes au sol et au feuillage, sur le rendement et le poids spécifique de la pomme de terre a été étudié dans neuf champs expérimentaux. De plus, une comparaison entre l'urée et le nitrate d'ammonium quant au développement du feuillage et la production de tubercules a été réalisée en contenants de 15 litres, sur trois classes texturales de sols. L'essai en plein champ a montré que les pommes de terre cultivées sur les sols sableux sont particulièrement exposées à une intoxication ammoniacale, suite à l'hydrolyse de l'urée appliquée à des doses plus élevées que 120 kg/ha d'azote. L'utilisation de l'urée sur le feuillage en trois applications de 20 kg/ha de N a permis de fournir une quantité supplémentaire d'azote pendant la saison et a augmenté le rendement sur les sols sableux. L'application d'azote tant au sol que sur le feuillage peut affecter la maturité des tubercules et réduire leur poids spécifique; cet effet est cependant moindre en sols légers. L'essai en contenants a révélé que l'urée appliquée en bandes est une source d'azote plus toxique que le nitrate d'ammonium. Le rendement et le développement du feuillage sont très affectés par des doses supérieures à 100 kg/ha de N-urée; l'effet varie selon les types de sols et la capacité d'échange cationique.

Abstract

A field experiment was conducted in nine locations to study the effects of band applied and foliar fertilization of urea on yield and specific gravity of potato. In addition, an experiment to compare the effect of urea and ammonium nitrate on foliage development and potato yield was carried out in 15-liter containers using 3 soil types. The field experiment indicated that potato grown on sandy soils suffers from ammonia intoxication at rates higher than 120 kg N/ha as a result of urea hydrolysis. On sandy soil, foliage application of urea three times during the season at a 20 kg N/ha rate allows higher nitrogen utilization and tuber yield. N-fertilization either applied in soil or on foliage may affect tuber maturity and lower their specific gravity, specially on loamy soils. The experiment carried out in containers has shown that band applied urea is more toxic to potato than ammonium nitrate. Yield and foliage development are significantly affected by rates of nitrogen higher than 100 kg/ha but vary according to soil texture and their cation exchange capacity.

Introduction

Plusieurs études menées sur la fertilisation de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) concluent à la nécessité de recourir à une ferti-

lisation azotée élevée, pouvant dans certains cas dépasser 200 kg/ha d'azote (Lorenz *et al.*, 1961; Timm *et al.*, 1963; Murphy *et al.*, 1967; Barker, 1980). Cette constatation s'est également révélée exacte au Québec. Des travaux antérieurs (Giroux, 1982) démontrent qu'une dose moyenne de 180 kg/ha d'azote est nécessaire pour atteindre le rendement maximum dans huit sols du Québec. Il est à craindre que des apports aussi importants

¹ Contribution n° 342 de la Direction de la recherche agricole, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

d'urée placée en bandes à la plantation puissent entraîner une toxicité ammoniacale. Plusieurs travaux sur l'hydrolyse de l'urée et sur la toxicité ammoniacale soulignent principalement ce risque sous un mode de placement en bande de l'engrais, dans les sables dont le pouvoir tampon est faible (Court *et al.*, 1964; Pang *et al.*, 1973; Giroux & Carrier, 1981; Giroux, 1982; Lorenz *et al.*, 1974).

Comme le danger d'intoxication augmente avec les doses appliquées, il faut rechercher des moyens efficaces de limiter les apports d'urée à la plantation. Le fractionnement de la fumure azotée par des applications au sol et sur le feuillage peut être une solution. On considère habituellement que le fractionnement de la fumure azotée effectuée en deux applications au sol n'entraîne pas d'accroissement du rendement par rapport à une application unique lors de la plantation (Sawyer & Dallyn, 1958; Murphy & Goven, 1965). Il n'en demeure pas moins que cette technique a permis d'éviter en sols sableux une diminution de rendement engendrée par une intoxication ammoniacale suite à une forte application d'urée (Giroux, 1982).

Par contre, l'application d'urée sur le feuillage de la pomme de terre est une pratique culturale qui ne fait pas l'unanimité. Button & Hawkins (1958) trouvent que c'est un moyen efficace de fournir une quantité additionnelle d'azote à la pomme de terre. Cependant, Murphy & Goven (1965) ne voient pas l'avantage de recourir à la fertilisation azotée foliaire pour accroître le rendement de la pomme de terre. L'utilisation de l'azote pendant la saison peut également affecter la maturité et le poids spécifique des tubercules (Button & Hawkins, 1958).

Le but de ce travail est de mesurer les effets de l'application d'urée dans des sols de différentes textures sur le rendement, le poids spécifique et la nutrition azotée de la pomme de terre, de comparer l'urée et le nitrate d'ammonium sur le rendement et le développement du feuillage, et de déterminer l'efficacité des applications foliaires d'urée comme complément à la fertilisation azotée au sol.

Matériel et méthodes

Neuf champs de pommes de terre (cv. Kennebec) ont été implantés au total sur une période de trois ans. L'expérience comportait seize traitements, soit quatre doses d'urée appliquée au sol de 0, 60, 120 et 180 kg/ha de N et au feuillage de 0, 30, 60 et 90 kg/ha de N combinées factoriellement et répétées trois fois. Chaque parcelle

était composée de deux rangs de huit mètres espacés de 90 cm avec 20 cm entre les plantons.

À la plantation, l'urée a été appliquée en bandes à 5 cm de profondeur et à une distance latérale de 5 cm des plantons. Une fumure uniforme de P, K et Mg à des doses respectives de 100, 200 et 50 kg/ha a également été appliquée. La fertilisation foliaire d'urée a été fractionnée en trois applications égales et effectuée à une semaine d'intervalle entre le 40^e et le 60^e jour après la plantation. Les quantités d'urée ont été préalablement dissoutes dans un volume d'eau correspondant à 1000 litres par hectare, de sorte que les solutions utilisées pour chaque application contenaient 0, 1, 2 et 3% d'azote respectivement pour chacune des doses.

Les sols utilisés dans cette expérience ont été les loams Bourget et Péribonka, le loam sableux Dolbeau, les sables loameux Parent et Lapointe, tous localisés chez des producteurs dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean et le loam graveleux Fourchette localisé sur une ferme expérimentale dans la région de Québec. La culture précédente était la pomme de terre sauf le sol Fourchette, maintenu antérieurement en jachère. L'échantillonnage des sols a eu lieu immédiatement avant la plantation. L'analyse chimique et physique de ces sols (tableau I) a été effectuée sur les 20 premiers centimètres en vue de préciser sur les différents sites la classe texturale, la réserve en eau utile, la matière organique, l'azote total et la capacité d'échange cationique (McKeague, 1977).

Les facteurs mesurés ont été le rendement total exprimé en quintaux par hectare, le poids spécifique déterminé par la différence du poids dans l'air et dans l'eau, et le contenu en azote total du pétiole échantillonné dix jours après la dernière fertilisation foliaire.

On a utilisé l'analyse du contenu en azote total du pétiole de la 4^e feuille prélevée sur 50 plants par parcelle pour comparer l'absorption de cet élément selon les doses et les modes d'apport de la fumure (Tyler *et al.*, 1961). La détermination du contenu en azote a été effectuée selon la méthode décrite par O'Neil & Webb (1970).

L'analyse de variance des facteurs mesurés a été réalisée à l'aide du test *F* de Fisher décrit par Cochran & Cox (1957). Le calcul des fonctions de production obtenues avec les différentes doses d'azote appliquées au sol et sur le feuillage a été réalisé à chacun des sites selon un modèle quadratique souvent utilisé à cette fin. On compare alors la fonction obtenue avec l'urée appliquée uniquement au sol avec celle obtenue en présence de chacune des doses d'azote foliaire. Tout changement dans le rendement maximal ou dans

TABLEAU I
Analyses chimiques et physiques des sols utilisés

Sols	Réserve en eau utile	MO (%)	N-total (%)	CEC meq/100 g
	cm/m			
Loam Péribonka-1	14,1	4,87	0,23	13,5
Loam Bourget	25,4	7,59	0,26	15,5
Loam graveleux Fourchette-1	14,9	4,39	0,20	8,0
Sable loameux Lapointe-1	9,9	5,17	0,12	6,5
Sable loameux Lapointe-2	10,7	4,17	0,10	6,0
Loam sableux Dolbeau	8,9	3,97	0,15	8,0
Sable loameux Parent	4,0	3,09	0,12	5,0
Loam graveleux Fourchette-2	13,6	4,42	0,23	7,4
Loam Péribonka-2	15,1	4,92	0,25	13,7
Loam limoneux Neubois	26,0	3,71	0,16	10,0
Loam sableux Achigan	13	4,20	0,25	8,7
Sable loameux Saint-Jude	11	5,54	0,24	6,6

la dose nécessaire pour l'atteindre résultant de la fertilisation foliaire devient alors quantifié.

Pour la deuxième partie du travail, nous avons utilisé des récipients de 15 litres contenant l'horizon Ap de trois séries de sol : le loam limoneux Neubois, le sable loameux Saint-Jude et le loam sableux Achigan. Chaque récipient a reçu une fertilisation P, K et Mg aux doses respectives de 100, 200 et 50 kg/ha, placée en bandes à 5 cm sous les plantons. La fumure azotée a été appliquée en bandes de 20 cm sous forme d'urée ou de nitrate d'ammonium. On a considéré à cet effet la quantité d'engrais que chaque planton recevrait au champ avec des doses équivalentes à 0, 100, 200, 300 et 400 kg/ha de N. Un tubercule de cultivar Norland a été placé dans chaque récipient. L'analyse de variance pour ce dispositif de type factoriel (4 doses N x 2 sources N), répété deux fois pour chacun des sols, a servi à mesurer l'effet des traitements sur le poids des tubercules et du feuillage après 80 jours de croissance. Des observations sur l'état du feuillage pendant la croissance ont également été effectuées.

Résultat et discussion

RENDEMENT

L'application d'urée en bandes à la plantation augmente de façon significative le rendement dans tous les sites expérimentaux (tableau II). Cet accroissement du rendement est bien révélé par les fonctions de production obtenues (fig. 1). Le coefficient de détermination (R^2) de ces fonctions se situe dans l'ensemble entre 0,70 et 0,90 indiquant que le modèle quadratique choisi s'ajuste bien aux rendements mesurés en parcelles.

L'augmentation de rendement attribuable à l'urée appliquée au sol est supérieure à 10t/ha (100 q/ha) dans huit champs sur neuf pour une hausse moyenne de 15t/ha (150 q/ha). Les quantités d'azote nécessaires, appliquées au sol pour atteindre le rendement maximum, telles que calculées par l'étude de la dérivée des fonctions varient de 130 à plus de 180 kg/ha selon les sites.

L'observation champ par champ des relations entre l'urée appliquée au sol et le rendement (fig. 1) montre qu'au-delà du seuil de 120 kg/ha de N-urée, il y a dans quelques champs une diminution de rendement avec l'accroissement de la dose d'azote ajouté et un enroulement du feuillage avec la dose 180 kg/ha de N-urée.

En sols légers, des applications élevées d'urée provoquent dans certains cas un développement plus restreint du feuillage en début de saison. La dose 120 kg/ha de N-urée apparaît comme un point critique à ne pas dépasser, spécialement sur les sables faiblement tamponnés comme le Lapointe (fig. 1, tableau I). En effet, compte tenu de la cinétique des réactions de la transformation de l'urée appliquée en bandes en sols légers et acides décrite par Giroux & Carrier (1981) et par Pang *et al.* (1973), on obtient tôt après la plantation un pH élevé, une forte concentration ammoniacale et un blocage de la nitrification. Il en résulte une accumulation d'ammoniaque qui peut intoxiquer les plants de pommes de terre, provoquer un enroulement physiologique et réduire les rendements.

L'hypothèse selon laquelle les exigences en azote de la pomme de terre ne peuvent être comblées entièrement par une application d'urée

TABLEAU II

Analyse de la variance des rendements en tubercules de pommes de terre selon les doses d'azote appliquées au sol (N-sol) et au feuillage (N-feuille) dans neuf champs expérimentaux

Facteurs	Péribonka-1	Bourget	Fourchette-1	Lapointe-1	Lapointe-2	Fourchette-2	Parent	Dolbeau	Péribonka-2
(1) F pour N-sol	54,4**	47,5**	9,8**	45,1**	60,0**	26,8**	59,8**	88,8**	114,8**
F pour N-feuille	N.S.	N.S.	N.S.	7,3**	10,2**	12,1**	6,4**	9,4**	N.S.
N-sol x N-feuille	N.S.	2,5*	N.S.	N.S.	N.S.	6,7**	N.S.	2,4*	3,4**
Coefficient de variation (%)	7,0	8,2	7,4	12,7	10,5	13,8	12,5	10,2	8,9
(2) ppds (5%) (t/ha)	4,01	4,24	3,94	3,9	4,54	5,74	4,39	3,97	3,93
[q/ha]	[40,1]	[42,4]	[39,4]	[39,0]	[45,4]	[57,4]	[43,9]	[39,7]	[39,3]

(1) * Significatif à P 0,05; ** Significatif à P 0,01; N.S. non significatif à P 0,05.

(2) Plus petite différence significative à $P = 0,05$.

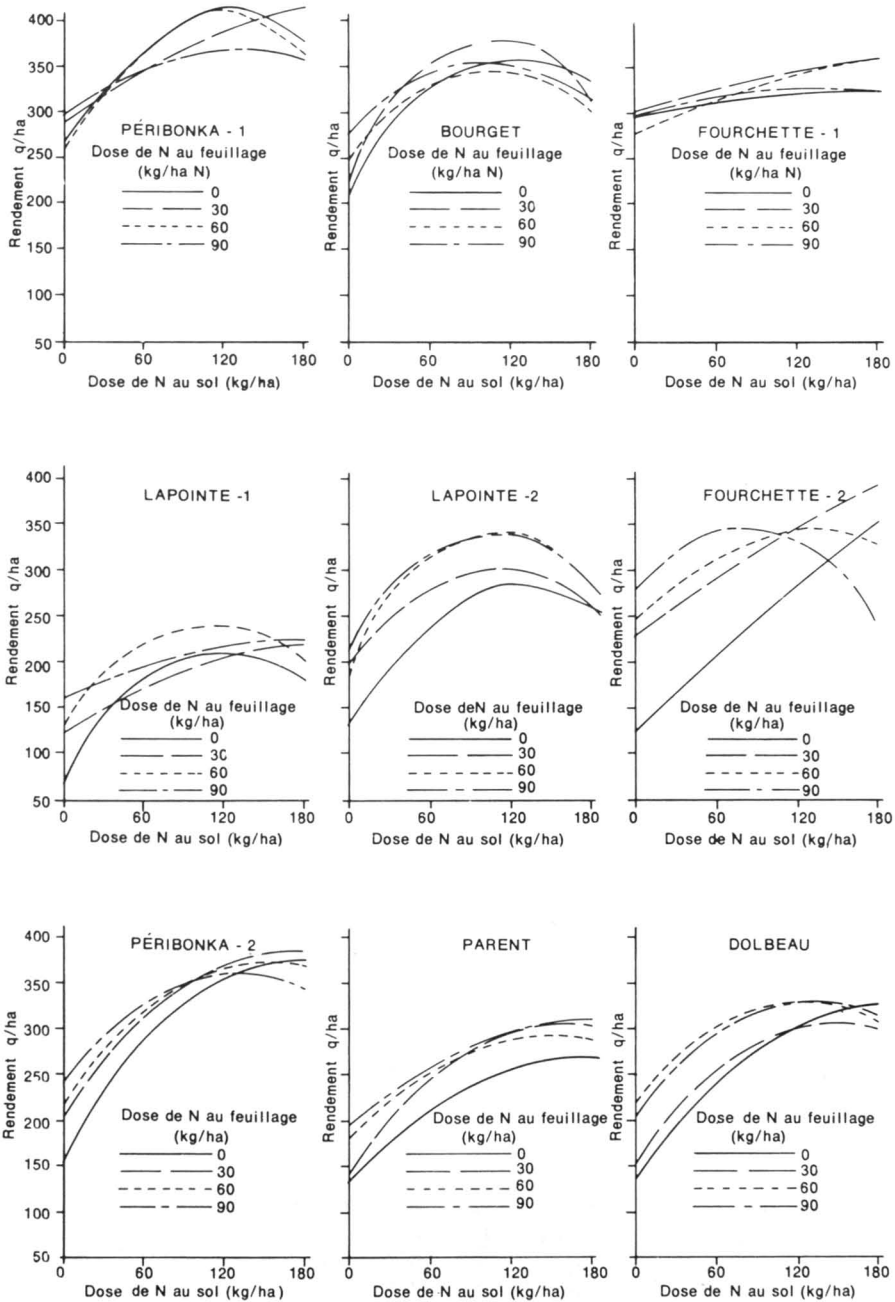


Figure 1. Rendement en tubercules de pommes de terre selon les doses d'azote appliquées au sol et sur le feuillage dans neuf champs expérimentaux.

placée en bandes à la plantation s'avère exacte dans un sol sableux comme le Lapointe. Une dose de 120 kg/ha d'azote appliquée au sol et complétée par une application foliaire de 30 ou 60 kg/ha a fourni dans l'ensemble les meilleurs

rendements. Une dose unique de 180 kg d'azote appliquée au sol a fourni dans les loams d'aussi bons résultats mais cette dernière est exagérée et réduit les rendements en sols sableux (tableau III). Une fertilisation foliaire de 90 kg/ha de N n'est

TABLEAU III

Rendement moyen en tubercules de pommes de terre en fonction de la fertilisation azotée au sol et au feuillage selon la classe texturale des sols

Traitement		Loam (3 sites)	Loam graveleux (2 sites)	Loam sableux (1 site)	Sable loameux (3 sites)	Moyenne pondérée
N-sol	N-feuillage (kg/ha)					
0	0	210	213	131	110	169
0	30	239	269	156	158	209
0	60	239	260	217	162	216
0	90	276	286	203	189	241
60	0	327	257	268	208	265
60	30	326	302	254	224	278
60	60	342	325	314	262	308
60	90	319	335	309	254	299
120	0	351	288	278	252	296
120	30	374	344	304	280	328
120	60	358	340	320	290	327
120	90	377	327	321	288	329
180	0	365	345	341	238	316
180	30	363	378	300	255	323
180	60	350	344	318	249	311
180	90	337	288	324	269	302
<i>ppds</i> † (5%) t/ha [q/ha]		4,04 [40,4]	4,81 [48,1]	3,93 [39,3]	4,25 [42,5]	

† Plus petite différence significative à $P = 0,05$.

généralement pas plus efficace qu'une dose moindre de 30 ou 60 kg/ha de N, en conséquence, elle apparaît exagérée.

L'analyse de variance des rendements en tubercules indique que cinq champs sur neuf ont profité d'une fertilisation foliaire (tableau II). Ce sont les sables loameux Lapointe (1-2), Parent, le loam graveleux Fourchette-2 et le loam sableux Dolbeau. Toutefois, en examinant cet effet selon les classes texturales de sols (tableau III), on se rend compte que le rendement maximum n'a été accru de façon significative par la fertilisation foliaire que sur les sables.

Une comparaison entre les modes d'application de l'azote a également été réalisée. À faibles doses de N, il apparaît plus avantageux de fournir l'azote au sol plutôt qu'au feuillage. Une dose de 60 kg/ha de N appliquée au sol a fourni un rendement moyen de 26,5 t/ha (265 q/ha) alors que cette même dose, appliquée au feuillage n'a produit qu'un rendement de 216 q/ha. À fortes doses (180 kg/ha de N), bien que la moyenne de tous les sites indique peu de différence entre les modes d'apport de l'azote, dans les sables, un rendement de 23,8 t/ha (238 q/ha) est obtenu avec une application unique au sol contre 29 t/ha (290 q/ha) pour un apport de 120 kg/ha de N au sol complété par une fertilisation foliaire de 60 kg/ha de N. Il

s'agit là d'un accroissement important du rendement que seule une complémentarité des apports au sol et au feuillage peut fournir sur cette classe texturale de sols si on utilise l'urée comme source d'azote.

CONTENU EN N-TOTAL DU PÉTIOLE

La détermination du contenu en azote total du pétiole a permis de démontrer que dans tous les cas la dose d'azote apportée tant au sol qu'au feuillage accroît la concentration en cet élément dans le pétiole (fig. 2). Il apparaît évident que l'azote appliqué sur le feuillage de la pomme de terre est absorbé et qu'il s'agit là d'une façon efficace de fournir une quantité additionnelle d'azote comme l'affirment Button & Hawkins (1958). Les feuilles renferment l'enzyme uréase nécessaire à la transformation de l'urée en ammonium. La coloration plus foncée des feuilles qui ont été fertilisées à l'urée sur le feuillage indique également que cet azote est prélevé par la plante. Suite à des observations faites au champ, il semble que la fertilisation foliaire prolonge la période végétative, prévient le mûrissement précoce des tubercules et la sénescence hâtive du feuillage en période de sécheresse. Ces apports pourraient de plus combler une partie des pertes d'azote qui surviennent par lessivage spécialement en sols sableux. Sur les parcelles produisant les

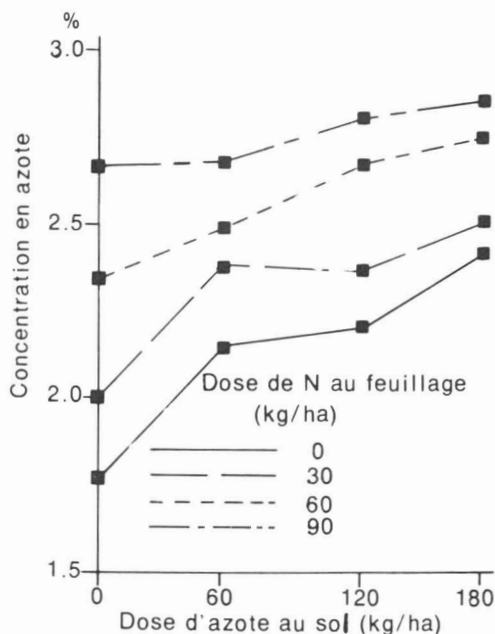


Figure 2. Concentration en azote dans le pétiole de la pomme de terre selon les doses d'azote appliquées au sol et sur le feuillage.

meilleurs rendements, une concentration en azote de 2,5% et plus est généralement observée dans les pétioles à mi-saison.

POIDS SPÉCIFIQUE

L'azote appliqué au sol ou sur le feuillage peut dans certains cas diminuer le poids spécifique des tubercules; il y a lieu cependant de distinguer entre les différents types de sols (tableau IV). L'azote peut avoir un effet négatif sur le poids spécifique des tubercules si une maturité suffisante n'est pas atteinte à l'arrachage (Giroux, 1982). Il apparaît donc que l'azote appliqué au feuillage, en prolongeant la période végétative, pourrait, comme c'est le cas sur le loam Péribonka, retarder la maturité et diminuer le poids spécifique. En conséquence, la fertilisation foliaire ne semble avantageuse que sur des sols légers où les possibilités d'accroître les rendements sont les plus élevées.

INTOXICATION AMMONIACALE

L'essai en contenants a permis une visualisation plus nette des symptômes d'intoxication ammoniacale. Dès l'émergence, les plants fertilisés à l'urée sont rabougris et prennent une coloration vert foncé. Les folioles s'enroulent vers le haut en ondulant leur rebord; le plant entier est atteint (fig. 3). Ces symptômes correspondent

à ceux décrits par Hooker et Walsh (1983) pour l'intoxication à l'azote. Ce type d'enroulement se distingue de l'enroulement viral d'abord par la teinte du feuillage. Le plant atteint d'enroulement viral prendra presque toujours une teinte jaunâtre et, spécialement, les feuilles basales s'enroulent en cornet en devenant plus rigides. La distribution de la maladie au champ permettrait également de distinguer les deux types d'enroulement.

En plus de désordres au niveau du feuillage, l'urée réduit le système racinaire et occasionne la pourriture des plantons, suite à des observations faites dans les contenants fertilisés à l'urée (données non fournies).

URÉE ET NITRATE D'AMMONIUM

D'après les résultats du tableau V, il apparaît évident que l'urée est une source d'azote qui peut être toxique pour la pomme de terre. Une dose supérieure à 100 kg/ha de N-urée cause des troubles physiologiques aux plants de pommes de terre, réduit le développement végétatif et diminue les rendements. Il y a lieu d'apporter des distinctions entre les différentes séries de sols selon leur texture. Le sable loameux Saint-Jude apparaît particulièrement sensible à cette intoxication tandis que le loam limoneux Neubois n'est affecté que par les doses les plus élevées d'azote. Sa capacité d'échange cationique permet de mieux tamponner la réaction d'hydrolyse de l'urée (tableau I).

Cet essai nous permet d'affirmer que sous un mode de placement de la fumure azotée en bandes le nitrate d'ammonium est supérieur à l'urée lorsque l'on fertilise à une dose supérieure à 100 kg/ha de N et qu'il n'est généralement pas possible d'atteindre un rendement de tubercules aussi élevé lorsqu'on utilise l'urée comme engrais azoté spécialement en sols légers.



Figure 3. Enroulement du feuillage de la pomme de terre suite à une application d'urée de 300 kg/ha de N.

TABLEAU IV
Poids spécifique des tubercules de pommes de terre selon les doses d'azote appliqué au sol (N-sol)
et au feuillage (N-feuille) dans neuf champs expérimentaux

Traitement		Péribonka-1	Bourget	Fourchette-1	Lapointe-1	Lapointe-2	Parent	Fourchette-2	Dolbeau	Péribonka-2	Moyenne
N-sol (kg/ha)	N-feuille (kg/ha)										
0	0	1,068	1,075	1,084	1,073	1,072	1,078	1,077	1,080	1,077	1,076
0	30	1,071	1,077	1,079	1,073	1,072	1,082	1,082	1,083	1,081	1,078
0	60	1,068	1,071	1,085	1,074	1,075	1,083	1,078	1,083	1,079	1,077
0	90	1,067	1,073	1,078	1,073	1,075	1,080	1,076	1,081	1,077	1,076
60	0	1,075	1,075	1,084	1,071	1,073	1,081	1,076	1,082	1,078	1,077
60	30	1,071	1,075	1,082	1,074	1,071	1,081	1,076	1,081	1,077	1,076
60	60	1,068	1,074	1,079	1,074	1,068	1,079	1,079	1,085	1,080	1,076
60	90	1,063	1,076	1,080	1,073	1,072	1,077	1,077	1,077	1,075	1,074
120	0	1,071	1,075	1,085	1,074	1,069	1,081	1,073	1,078	1,076	1,076
120	30	1,068	1,073	1,081	1,075	1,073	1,079	1,075	1,081	1,078	1,076
120	60	1,068	1,07	1,079	1,073	1,070	1,080	1,080	1,080	1,083	1,076
120	90	1,067	1,070	1,082	1,074	1,069	1,075	1,075	1,082	1,077	1,075
180	0	1,068	1,07	1,082	1,072	1,070	1,074	1,073	1,081	1,078	1,075
180	30	1,069	1,071	1,084	1,071	1,069	1,081	1,073	1,077	1,079	1,075
180	60	1,068	1,073	1,083	1,076	1,068	1,077	1,069	1,076	1,077	1,074
180	90	1,067	1,075	1,081	1,075	1,066	1,075	1,071	1,076	1,075	1,073
Valeur <i>F</i> pour N-sol		N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	4,2*	N.S.	4,7*	N.S.	N.S.	
Valeur <i>F</i> pour N-feuille		4,1*	N.S.	6,0**	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	
Coefficient variation %		0,32	0,31	0,21	0,24	0,35	0,25	0,36	0,34	0,26	
ppds† (5%)		0,006	N.S.	0,004	N.S.	0,006	N.S.	0,008	N.S.	N.S.	

* Significatif au seuil statistique $P = 0,05$; ** significatif à $P = 0,01$.

† Plus petite différence significative à $P = 0,05$.

TABLEAU V

Rendement en pommes de terre et poids sec du feuillage selon les doses (N) et les sources d'azote (S) dans trois séries de sols

Traitement		Rendement (g/plant)			Poids sec du feuillage (g/plant)		
Dose (kg N/ha)	Source	Neubois	Saint-Jude	Achigan	Neubois	Saint-Jude	Achigan
0	—	195,1	293,3	189,4	6,5	6,2	8,0
100	NH ₄ NO ₃	470,6	562,9	466,4	22,3	19,4	21,8
200	NH ₄ NO ₃	546,9	615,6	504,1	29,0	29,7	32,1
300	NH ₄ NO ₃	454,2	483,6	538,8	28,8	31,9	38,1
400	NH ₄ NO ₃	359,9	523,1	395,8	27,1	31,9	37,1
100	Urée	551,1	537,4	365,9	23,3	18,8	20,1
200	Urée	458,9	199,8	275,3	22,9	10,7	16,8
300	Urée	178,0	101,0	208,8	9,5	7,0	15,3
400	Urée	50,4	56,5	138,0	3,4	3,6	12,3
F pour N		105,5**	49,4**	19,5 **	67,4**	23,1**	13,4 **
F pour S		77,2**	315,3**	89,8 **	137,6**	179,5**	49,1 **
F pour N × S		32,8**	48,4**	9,28**	37,7**	30,5**	7,88**
Coefficient de variation (%)		8,7	8,9	13,2	10,2	14,7	19,7
ppds† (5%) (g/plant)	68,3	68,3	97,9	4,2	5,5	9,3	

** Significatif au seuil statistique $P = 0,01$.† Plus petite différence significative au seuil statistique $P = 0,05$.

Conclusion

La hausse de rendement amenée par la fertilisation azotée atteint en moyenne 15 t/ha (150 q/ha) dans les neuf champs expérimentaux étudiés. La dose d'azote nécessaire pour atteindre le rendement maximum varie de 130 à plus de 180 kg/ha de N. De tels apports d'urée placée en bandes à la plantation engendrent des conditions adverses au développement de la plante tôt en saison suite à une hydrolyse rapide de l'urée, de sorte qu'il n'est pas possible de combler totalement les besoins en azote de la pomme de terre avec cette source d'engrais, spécialement en sols sableux. Dans les cas les plus graves, un enroulement des feuilles et une baisse de rendement se produisent. Le nitrate d'ammonium s'est avéré supérieur à l'urée lorsqu'il est appliqué à une dose supérieure à 100 kg/ha de N; cette source d'azote devrait donc être utilisée préférentiellement à l'urée pour fertiliser la pomme de terre.

L'application de l'urée sur le feuillage comme complément à la fertilisation azotée au sol apparaît avantageuse dans deux cas. D'une part, la fertilisation foliaire permet de réduire la quantité d'urée au sol diminuant le risque de toxicité ammoniacale et d'autre part, il s'agit d'une façon efficace de fournir une quantité additionnelle d'azote pouvant être bénéfique sur les rendements en sols sableux.

Sous l'aspect de la qualité et de la maturité, les apports d'azote au sol ou sur le feuillage sont susceptibles de faire diminuer le poids spécifique. Toutefois, ce risque est plus limité sur les sols légers.

Références

- BARKER, A.V., 1980. Efficient use of nitrogen on crop land in the northeast. — Connecticut Agric. Exp. Sta. Bull., no. 792, 32 p.
- BUTTON, E.F. & A. HAWKINS, 1958. Foliar application of urea to potatoes. — Am. Pot. J., 35: 559-572.
- COCHRAN, W.G. & G.M. COX, 1957. Experimental designs. 2nd ed. — John Wiley and Sons Inc., New York, 611 p.
- COURT, M.N., R.C. STEPHEN & J.S. WAID, 1964. Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertilizer. I. Review. II. Experimental. — J. Soil Sci., 15: 42-64.
- GIROUX, M., 1982. Effet des doses, des sources et du mode d'apport de l'azote sur le rendement et la maturité de la pomme de terre cultivée sur différents types de sol du Québec. — Can. J. Soil Sci., 62: 503-517.
- GIROUX, M. & D. CARRIER, 1981. Évolution de l'urée placée en bandes dans deux sols acides du Québec. — Can. J. Soil Sci., 61: 561-570.
- HOOKE, W.J. & L.M. WALSH, 1983. Nutrient imbalance. — Pages 22-26 in W.J. Hooker (ed.). Compendium of potato diseases. Pub. Am. Phytopathological Soc. Minnesota.
- LORENZ, O.A., B.L. WEIR & J.C. BISHOP, 1974. Effect of sources of nitrogen on yield and nitrogen absorption of potatoes. — Am. Pot. J., 51: 61-65.
- LORENZ, O.A., K.B. TYLER, F.H. TAKATORI, J.C. BISHOP & P.M. NELSON, 1961. Fertility experiment with potatoes in southern California. — Bull. Cal. Agric. Exp. Sta., no. 781, part II, p. 15-22.
- McKEAGUE, J.A., 1977. Manuel de méthodes d'échantillonnage et d'analyse de sol. — Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, 223 p.
- MURPHY, H.J. & M.H. GOVEN, 1965. Nitrogen fertilization. — Maine Farm Res., 13: 5-9.
- MURPHY, H.J., P.N. CARPENTER & M.J. GOVEN, 1967. Potato fertilization studies on Aroostook farm permanent fertility plots. — Maine Agric. Exp. Sta. Bull., no. 645, 57 p.
- O'NEIL, J.V. & R.A. WEBB, 1970. Simultaneous determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material by automatic methods. — J. Sci. Food Agric., 21: 217-219.
- PANG, P.C., R.A. HEDLIN & C.M. CHO, 1973. Transformation and movement of band applied urea, ammonium sulfate and ammonium hydroxyde during incubation in several Manitoba soils. — Can. J. Soil Sci., 53: 331-341.
- SAWYER, R.L. & S.L. DALLYN, 1958. Nitrogen fertilization of potatoes. — Am. Pot. J., 35: 645-650.
- TIMM, H., J.C. BISHOP & V.H. SCHWEERS, 1963. Growth, yield and quality of white rose potatoes as affected by plant population and level of nitrogen. — Am. Pot. J., 40: 182-192.
- TYLER, K.B., O.A. LORENZ & F.S. FULLMER, 1961. Plant and soil analysis as guide in potato nutrition. — Bull. Cal. Agric. Exp. Sta., no. 781, 15 p.

EFFET DU POTASSIUM ET DU MAGNÉSIUM SUR LA CROISSANCE ET LA NODULATION DE PLANTULES DE LUZERNE (*MEDICAGO SATIVA L.*)^{1,2}

M. GIROUX

Service de recherches en sols
Ministère de l'Agriculture, des
Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
2700 rue Einstein, Sainte-Foy, Québec G1P 3W8

et

L. M. BORDELEAU

Station de recherches, Agriculture Canada
2560 boulevard Hochelaga, Sainte-Foy, Québec G1V 2J3

Résumé

L'effet de l'addition de potassium et de magnésium sur le rendement en poids de la matière sèche, sur la nodulation et sur la nutrition minérale a été étudié chez les plantules de luzerne inoculées avec une souche très efficace de *Rhizobium meliloti*. La matière sèche et l'indice nodulaire augmentent avec la dose de potassium. Le magnésium affecte la matière sèche des plantules, mais a un effet peu prononcé sur la nodulation. L'équilibre nutritif de ces éléments, donné par le rapport K/Mg dans la plante, affecte également la croissance et la nodulation; un rapport entre 1 et 2,5, sur la base équivalente des concentrations, est souhaitable à ce stade de développement. Le potassium limite beaucoup l'absorption du magnésium, ce qui tend à accroître le rapport K/Mg lorsque le potassium est en excès ou que Mg est en déficience. Un rapport Ca/Mg plus grand que 2 dans les plantules indique un état de déséquilibre entre le calcium et le magnésium. Le potassium devrait représenter entre 35 et 60% de la somme des cations K, Ca et Mg. Le magnésium et le calcium devraient pour leur part occuper un minimum de 30 et 20% respectivement de l'ensemble des trois cations dans la luzerne à ce stade de développement.

Abstract

The effect of potassium and magnesium on dry matter yield, nodulation and mineral nutrition was studied with young alfalfa plants inoculated with a very efficient strain of *Rhizobium meliloti*. Dry matter yield and nodulation index increased with increasing rates of potassium. However, while magnesium affects dry matter yield, it does not show significant effect on nodulation. The nutritional balance of these elements, as given by the K/Mg ration in the plant, affects the growth and the nodulation; a ratio between 1 and 2.5 (K/Mg), on equivalent base concentration, is desirable at this stage of growth. Potassium limits severely magnesium absorption and contributes to increase the K/Mg ratio, particularly when potassium is in excess or when magnesium is deficient. In plants, a Ca/Mg ratio greater than 2 indicates an unbalance of calcium and magnesium. Potassium should represent 35 to 60% of total K, Ca, Mg cations. In young alfalfa plants, Mg and Ca should account for a minimum of 30 and 20%, respectively, in the total K, Ca, Mg cation content.

Introduction

La recherche en nutrition minérale de la luzerne au cours des dernières années a surtout porté sur l'azote dans le but de déterminer l'effet de la fumure azotée sur la fixation symbiotique de N₂ (Richardson *et al.*, 1957; Dixon, 1969).

¹ Contribution n° 343, Service de recherches en sols, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

² Contribution n° 242, Station de recherches de Sainte-Foy, Agriculture Canada.

Par la suite, plusieurs éléments tels le soufre et le phosphore se sont révélés essentiels pour stimuler la fixation symbiotique de l'azote par les légumineuses (Martel & Zizka, 1977; Eppendorfer, 1971; Bordeleau *et al.*, 1981; Sorensen *et al.*, 1968). Plus récemment, Duke *et al.* (1980) et Barta (1982) ont étudié l'effet du potassium sur la nodulation et l'activité enzymatique des nodules de la luzerne. Ils ont trouvé que cet élément favorisait autant le nombre de nodules que l'activité des enzymes responsables de la fixation de l'azote.

On possède par contre peu d'information en ce qui concerne l'effet du magnésium et de l'équilibre nutritif des éléments K, Ca et Mg sur le développement et l'activité des nodosités. Ce dernier aspect est également important à considérer puisque plusieurs travaux ont démontré une interaction entre le potassium et le magnésium affectant spécialement l'absorption du Mg par les différentes cultures (Doll & Hossner, 1964; Ballif & Dutil, 1974; Giroux, 1982); la concentration en K s'accroît au détriment de celle en Mg. Suite à une fertilisation potassique abondante sur la luzerne, des concentrations dans la plante supérieure à 3% de K et inférieures à 0,2% de Mg sont obtenues fréquemment au Québec, spécialement dans les régions considérées pauvres en Mg (Bitton & Ouellette, 1968). D'après Ballif & Dutil (1974) et Fontenot (1972), un tel déséquilibre est susceptible d'affecter autant la croissance que la valeur alimentaire de la luzerne. Le but de ce travail est donc de mesurer l'effet des éléments K et Mg et l'équilibre cationique sur la nodulation et la croissance de plantules de luzerne.

Matériel et méthodes

Des graines de luzerne de la variété Saranac ont été stérilisées en surface (Vincent, 1970) et semées en sachets de plastique (Bordeleau *et al.*, 1981). Chaque sachet reçoit 30 mL d'une solution nutritive complète et stérile (Hoagland & Arnon, 1938) modifiée pour apporter des quantités variables de chlorure de potassium et de magnésium: 0, 60, 120, 180 et 240 $\mu\text{g/mL}$ de K avec une concentration constante de 90 $\mu\text{g/mL}$ de Mg et: 0, 30, 60, 90 et 120 $\mu\text{g/mL}$ de Mg avec une concentration constante de 120 μg de K. À la concentration 0 $\mu\text{g/mL}$ de K et de Mg, un apport de 1 mL d'une solution de 90 $\mu\text{g/mL}$ de K et de Mg est fourni pour assurer une croissance minimale aux plantules en l'absence de ces éléments dans la solution nutritive. Cette dernière est ajustée à un pH de 6,8 grâce à un tampon phosphate (Na_2HPO_4 et NaH_2PO_4). De l'azote et du soufre sont apportés sous forme de sulfate d'ammonium à la dose de 90 ppm de S, suite à l'interaction

positive observée entre ces deux éléments sur la croissance et la nodulation de la luzerne (Bordeleau *et al.*, 1981).

L'essai se déroule en cabinet de croissance sous des conditions décrites précédemment (Bordeleau *et al.*, 1977) et comporte cinq répétitions. Après une semaine, le nombre de plantules est ajusté à 10 par sachet et chacun reçoit 10^9 cellules de la souche très efficace A2 (Balsac) de *Rhizobium meliloti* (Bordeleau *et al.*, 1977).

Un mois après l'inoculation, les racines sont séparées de la partie aérienne et cette dernière est séchée et pesée. La mesure de l'indice nodulaire est effectuée suivant la méthode décrite par Bordeleau *et al.* (1981). La partie aérienne a été moulue puis analysée selon la procédure décrite par O'Neil & Webb (1970) pour en connaître la concentration en K, Ca et Mg. On a pu alors déterminer l'effet des traitements sur l'équilibre cationique des plantules, en particulier avec les rapports K/Mg et Ca/Mg. Nous avons établi également la prépondérance cationique, c'est-à-dire la proportion de chacun de ces cations par rapport au total des trois (van Lierop *et al.*, 1979). Tous ces rapports sont calculés sur la base équivalente des concentrations (meq/100 g).

L'analyse de la variance des facteurs mesurés a été effectuée à l'aide du test *F* de Fisher décrit par Cochran et Cox (1957). On a également fourni la valeur de la plus petite différence significative (ppds) au seuil de 5% et celle du coefficient de variation (C.V.). L'étude de corrélation et de régression entre les facteurs étudiés a également été réalisée.

Résultats et discussion

Le tableau I présente les valeurs moyennes et l'analyse de variance des facteurs mesurés, soit la matière sèche (M.S.), l'indice nodulaire (I.N.), les concentrations en K, Ca et Mg des plantules de luzerne en fonction des différents traitements. La valeur *F* ainsi que la ppds au seuil de 5% permettent d'affirmer que les traitements ont eu un effet significatif ($P \leq 0,05$) ou très significatif ($P \leq 0,01$) tant sur la matière sèche des plantules, sur l'indice nodulaire que sur les concentrations et l'équilibre des éléments K, Ca et Mg dans la plante.

Les tableaux de corrélation pour les doses variables de K ou de Mg montrent que l'apport de ces deux éléments est en relation avec les rendements en matière sèche, les concentrations et le prélèvement en K et Mg des plantules (tableaux II et III; fig. 1A et 2A). Par contre, seul le potassium, aux doses apportées, est corrélé avec

TABLEAU I

Valeurs moyennes de la matière sèche, de l'indice nodulaire, des concentrations et des prélèvements en K et Mg des plantules de luzerne (*Medicago sativa* L.) à différents niveaux de K et Mg, et analyse de la variance de ces facteurs

Traitement K	µg/mL Mg	Matière sèche mg/plant	Indice nodulaire	K %	Mg %	Ca %	Prélèvement	
							K mg/plant	Mg mg/plant
0	90	9,34	1,79	0,46	0,70	0,87	0,043	0,065
60	90	19,04	2,25	0,97	0,52	0,55	0,185	0,099
120	90	21,32	2,58	1,45	0,47	0,44	0,309	0,100
180	90	23,78	2,93	1,85	0,49	0,42	0,440	0,117
240	90	20,98	2,26	3,02	0,39	0,46	0,634	0,082
120	0	18,44	2,33	1,48	0,13	0,51	0,273	0,024
120	30	21,64	2,25	1,51	0,29	0,55	0,327	0,063
120	60	24,38	2,76	1,49	0,42	0,55	0,363	0,102
120	120	23,18	2,42	1,64	0,55	0,42	0,380	0,127
F (Traitement)		17,8 **	2,7*	40,8**	44,2**	22,1**	70,3**	21,3**
Ppds (5%)		3,11	0,59	0,31	0,07	0,09	0,0562	0,02
Coefficient de variation (%)		11,9	19,1	15,6	12,5	12,5	13,3	18,0

* Significatif au seuil statistique $P \leq 0,05$.

** Significatif au seuil statistique $P \leq 0,01$.

l'indice nodulaire (tableaux II et III). Il semble qu'une déficience partielle en magnésium n'affecte pas spécifiquement la nodulation et son fonctionnement (Munns, 1977).

L'équilibre nutritif de ces deux éléments est également important puisqu'une relation significative ($P \leq 0,05$) a été trouvée entre l'indice nodulaire et le rapport K/Mg (fig. 2B). D'après cette équation, lorsque le rapport K/Mg est bas (< 1), l'indice nodulaire est faible, ce qui signifie que le manque de potassium réduit la nodulation de la luzerne. Ceci est en conformité avec le travail de Duke *et al.* (1980) qui ont obtenu aux

champs une amélioration de la nodulation avec la fumure K. Un rapport K/Mg trop élevé ($> 2,5$) limite également la nodulation soit par manque de Mg ou excès de K (fig. 2B et tableau IV). En améliorant la disponibilité des photosynthates requis pour la fixation de N_2 , le potassium accroît la nodulation et l'activité enzymatique responsable de la réduction de N_2 (Duke *et al.*, 1980). La relation quadratique observée entre l'indice nodulaire et la matière sèche des plantules est très significative et le coefficient de détermination ($R^2 = 0,25$) nous indique que l'indice nodulaire contribue pour 25% des variations de la matière sèche dans cet essai (fig. 1B). Bordeleau *et al.*

TABLEAU II

Coefficients de corrélation (r) reliant la matière sèche (MS), l'indice nodulaire (I.N.) le pourcentage de potassium (K), le pourcentage de magnésium (Mg), le prélèvement du potassium (Pr-K), le prélèvement du magnésium (Pr-Mg) et la dose de potassium appliqué en présence de magnésium à dose constante

	I.N.	K	Mg	Pr-K	Pr-Mg	Dose K
MS	0,50	0,52	-0,72	0,68	0,75	0,73
I.N.		NS	NS	NS	0,56	0,37
K			-0,73	0,97	NS	0,93
Mg				-0,78	NS	-0,80
Pr-K					NS	0,98
Pr-Mg						NS

NS: Non significatif au seuil statistique $P \leq 0,05$.

TABLEAU III

Coefficients de corrélation (r) reliant la matière sèche (MS), l'indice nodulaire (I.N.) le pourcentage de potassium dans la plante (K), le pourcentage de magnésium dans la plante (Mg), le prélèvement du potassium (Pr-K), le prélèvement du magnésium (Pr-Mg) et la dose de magnésium appliqué en présence de potassium à dose constante

	I.N.	K	Mg	Pr-K	Pr-Mg	Dose Mg
MS	NS	NS	0,57	0,74	0,73	0,46
I.N.		NS	NS	NS	NS	NS
K			NS	0,60	NS	NS
Mg				0,59	0,97	0,95
Pr-K					0,70	0,52
Pr-Mg						0,90

NS: Non significatif au seuil statistique $P \leq 0,05$.

(1981) ont également obtenu une corrélation significative entre l'indice nodulaire, l'activité de la nitrogénase et la matière sèche de plantules de luzerne. Tout facteur qui améliore la croissance des plantules produit un effet positif sur le développement des nodules.

La relation significative obtenue entre la matière sèche, l'indice nodulaire et le rapport K/Mg nous permet d'affirmer qu'un déséquilibre d'ordre nutritionnel entre les éléments K et Mg affecte autant le développement des nodules que la croissance des plantules. La concentration en magnésium se trouve en effet fortement réduite par les doses de potassium au point qu'une déficience magnésienne peut être induite dans la plante (fig. 2C). Cet élément se retrouve à un niveau insuffisant pour assurer son rôle physiologique et la crois-

sance diminue ce qui entraîne une diminution de la nodulation. Le rapport Ca/Mg est également important à surveiller (tableau IV). Lorsque ce rapport dépasse 2,0 dans les plantules, il y a déséquilibre nutritif qui accentue la déficience en magnésium si ce dernier est en faible concentration dans le milieu. Ce déséquilibre affecte la croissance des plantules et pourrait même influencer la fixation symbiotique de l'azote (Miller & Sirois, 1983).

La prépondérance d'un cation, définie comme la proportion de ce cation par rapport à la somme de K, Ca et Mg, fournit également des indications valables sur l'équilibre nutritif des éléments. Le potassium devrait se retrouver dans une proportion d'au moins 35%, sans excéder 60% de la somme des trois cations. Une proportion de 10% est ob-

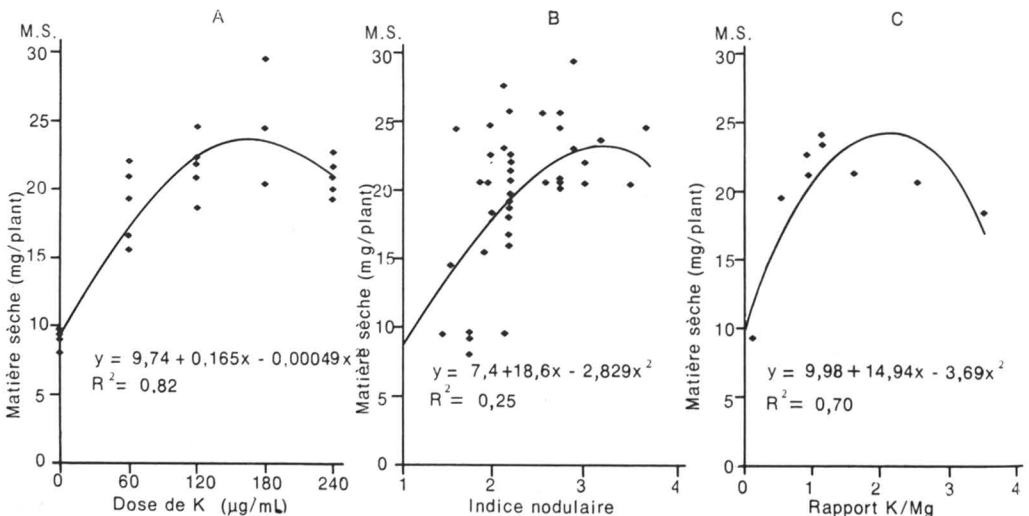


Figure 1. Relation entre la matière sèche, la dose de potassium (A), l'indice nodulaire (B) et le rapport K/Mg (C) des plantules de luzerne.

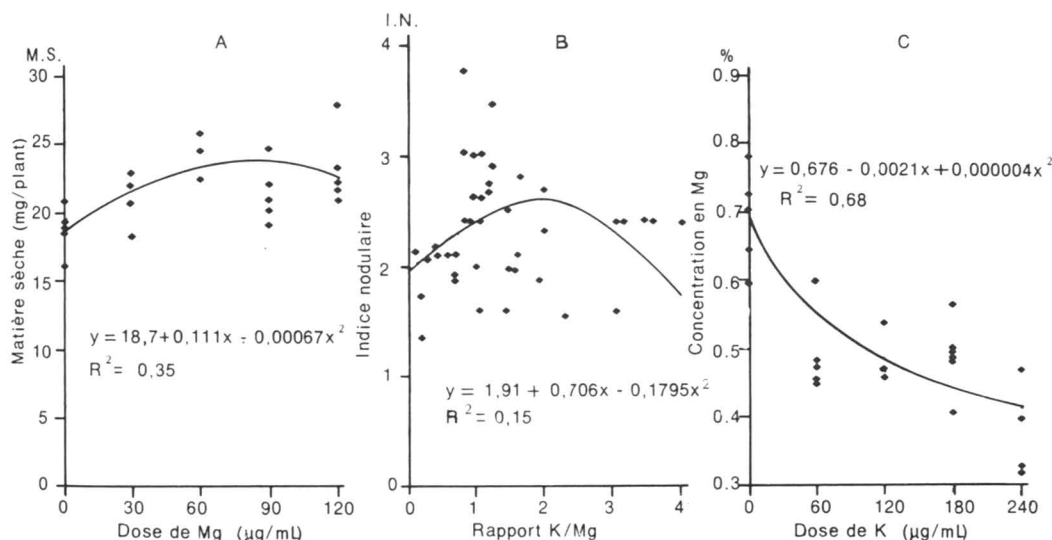


Figure 2. Effet de la dose de Mg sur la matière sèche (A), du rapport K/Mg sur l'indice nodulaire (B), et de la dose de K sur la concentration en Mg (C) des plantules de luzerne.

tenu pour le K dans les sachets où la fertilisation au potassium a été minimale. Cette valeur critique rejoint celle proposée par van Lierop *et al.* (1979) dans la luzerne au stade de la floraison. D'autre part, le magnésium et le calcium devraient représenter respectivement 30 et 20% de la somme des cations K, Ca et Mg. La concentration en calcium dans la luzerne, tout comme celle en magnésium décroît avec l'augmentation des quantités de K appliqué (tableau I). Cette observation a également été faite par Gervais *et al.* (1962).

La concentration totale en K, Ca et Mg dans les plantules de luzerne est également affectée par les traitements mais l'effet est beaucoup moindre que celui observé sur les rapports calculés pour ces différents cations (tableau IV). Ceci signifie que la plante tend à compenser pour la faible disponibilité d'un cation pour une plus grande absorption d'un autre, aggravant ainsi le déséquilibre ionique. Dans le cas d'une trop grande disponibilité d'un cation, la plante prélève préférentiellement ce dernier au détriment des autres. Ces observations sont en accord avec celles de Voisin (1964) qui considère que l'excès d'un élément assimilable, tout comme sa déficience, réduit l'efficacité des autres éléments et diminue le rendement des cultures.

Conclusion

L'équilibre nutritionnel doit donc être pris en considération pour favoriser au maximum la fixation symbiotique de l'azote en particulier lors de

l'implantation des luzernières. Un manque de potassium autant qu'un excès peut réduire la capacité des plantules à fixer l'azote de l'air. Le magnésium affecte la croissance des plantules mais a un effet peu prononcé sur la nodulation. L'équilibre nutritif des éléments K, Ca et Mg déterminé par le rapport de leur concentration respective sur une base équivalente dans les plantules constitue un moyen efficace de juger de l'état nutritif du milieu pour la croissance et la nodulation de la luzerne. Le rapport K/Mg devrait se situer entre 1 et 2,5 alors que le rapport Ca/Mg devrait être inférieur à 2. Le potassium, le calcium et le magnésium devraient être absorbés dans une proportion d'au moins 35%, 20 et 30% respectivement pour K, Ca et Mg dans la luzerne au stade plantule.

Des études aux champs sont nécessaires pour mesurer plus à fond l'impact d'un déséquilibre K/Mg ou Ca/Mg sur la luzerne, spécialement en sols pauvres en magnésium.

Références

- BALLIF, J.-L. & P. DUTIL, 1974. Équilibre de la fumure potassique et magnésienne de la luzerne en Champagne crayeuse. — Pub. n° 30, I.N.R.A., France, 48 p.
- BARTA, A.L., 1982. Response of symbiotic N_2 fixation and assimilate partitioning to K supply in alfalfa. — *Crop Sci.*, 22: 89-92.
- BITTON, G. & G.-J. OUELLETTE, 1968. Contenu en magnésium total et échangeable des sols du Québec. — *Science du sol*, 1: 11-17.

TABLEAU IV

Rapport cationique calculé pour K, Ca et Mg, et concentration totale obtenue selon les différents traitements dans les plantules de luzerne

Traitement µg/mL		Rapport [†] K/Mg	Rapport Ca/Mg	Prépondérance K K/K + Ca + Mg	Prépondérance Mg Mg/K + Ca + Mg	Prépondérance Ca Ca/K + Ca + Mg	Concentration totale K + Ca + Mg (meq/100 g)
K	Mg						
0	90	0,21	0,75	0,10	0,51	0,38	111
60	90	0,58	0,64	0,26	0,45	0,29	96
120	90	0,96	0,56	0,38	0,40	0,22	98
180	90	1,17	0,51	0,44	0,37	0,19	109
240	90	2,50	0,74	0,58	0,24	0,17	132
120	0	3,52	2,37	0,51	0,15	0,34	75
120	30	1,61	1,15	0,43	0,27	0,30	91
120	60	1,12	0,80	0,38	0,34	0,27	99
120	120	0,95	0,47	0,39	0,41	0,20	108
F (Traitement)		86,7 **	432,3 **	101,0 **	94,9 **	173,9 **	10,2**
Ppds (5%)		0,32	0,08	0,04	0,03	0,02	14,3
Coefficient de variation (%)		17,5	7,2	8,05	7,5	4,6	10,8

** Significatif au seuil statistique $P \leq 0,01$.

† Tous les rapports des cations sont calculés sur la base équivalente des concentrations.

- BORDELEAU, L.M., H. ANTOUN & R.A. LACHANCE, 1977. Effets des souches de *Rhizobium meliloti* et des coupes successives de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur la fixation d'azote. — Can. J. Pl. Sci., 57: 433-439.
- BORDELEAU, L.M., M. GIROUX, R. OUELLET & H. ANTOUN, 1981. Effets du soufre et de l'azote sur la fixation symbiotique d'azote chez les plantules de luzerne (*Medicago sativa* L.). — Can. J. Pl. Sci., 61: 639-645.
- COCHRAN, W. et G.M. COX, 1957. Experimental designs. 2nd ed. — John Wiley, N.Y., 611 p.
- DIXON, R.O.D., 1969. Rhizobia with particular reference to relationships with host plant. — Am. Rev. Microbiol., 23: 137-158.
- DOLL, E.C. & L.R. HOSSNER, 1964. Magnesium deficiency as related to liming and potassium levels in acid sandy podzols. — VIII^e Congrès int. sci. sol, Bucarest, Roumanie, 4: 907-912.
- DUKE, S.H., M. COLLINS & R.M. SOBERALSKE, 1980. Effects of potassium fertilization on nitrogen fixation and nodule enzyme of nitrogen metabolism in alfalfa. — Crop Sci., 20: 213-219.
- EPPENDORFER, W., 1971. Effects of S, N and P on amino acid composition of field beans (*Vicia faba*) and response of the biological value seed protein to S-amino acid content. — J. Sci. Fd Agric., 22: 501-505.
- FONTENOT, J.P., 1972. Magnesium in ruminant animals and grass tetany. — Pages 131-151 in J.B. Jones, M.C. Blount & S.R. Wilkinson (eds.). Mg in the environment, soil, crops, animals and man. Div. Agric. Fort Valley State College, Georgia, 380 p.
- GERVAIS, P., J.L. DIONNE & W.S. RICHARDSON, 1962. Productivity and chemical composition of alfalfa as influenced by varying levels of phosphorus and potassium applications. — Can. J. Pl. Sci., 42: 1-10.
- GIROUX, M., 1982. Effet d'apport de potassium et de magnésium sur le rendement et la nutrition minérale de la pomme de terre et du maïs-ensilage. — Naturaliste can., 109: 109-118.
- HOAGLAND, D.E. & D.I. ARNON, 1938. The water-culture method for growing plants without soil. — Univ. California, Agric. Exp. Sta., Berkeley, California, Circ. n° 347, 39 p.
- MARTEL, Y.A. & J. ZIZKA, 1977. Yield and quality of alfalfa as influenced by addition of S to P and K fertilizations under greenhouse conditions. — Agron. J., 69: 531-535.
- MILLER, R.W. & J.C. SIROIS, 1983. Calcium and magnesium effects on symbiotic nitrogen fixation in the alfalfa (*M. sativa*)-*Rhizobium meliloti* system. — Physiol. Pl., 58: 464-470.
- MUNNS, D.N., 1977. Mineral nutrition and the legume symbiosis. — Pages 353-392 in R.W.F. Hardy & A.H. Gibson (eds.). A treatise on dinitrogen fixation Section IV. John Wiley and Sons, N.Y., 527 p.
- O'NEIL, J.V. & R.A. WEBB, 1970. Simultaneous determination of N, P and K in plant material by automatic methods. — J. Sci. Fd Agric., 21: 217-219.
- RICHARDSON, D.A., D.C. JORDAN & E.H. GARRARD, 1957. The influence of combined nitrogen on nodulation and nitrogen fixation by *Rhizobium meliloti*. — Can. J. Pl. Sci., 37: 205-214.
- SORENSEN, R.C., E.J. PENAS & V.V. ALEXANDER, 1968. Sulfur content and yield of alfalfa in relation to plant nitrogen and sulfur fertilization. — Agron. J., 60: 20-23.
- VAN LIEROP, W., Y.A. MARTEL & M.P. CESCAS, 1979. Relation between the amount of Ca, Mg and K extracted from organic soil and their concentration in onion and alfalfa tissue. — Comm. Soil Sci. Pl. Anal., 105(5): 807-819.
- VINCENT, J.M., 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. — Int. Biol. Progr. Handb. n° 15, Blackwell Sci. Publ. Oxford and Edinburgh, 164 p.
- VOISIN, A., 1964. Les nouvelles lois scientifiques d'application des engrais. — Les presses de l'Université Laval, Québec, 133 p.

THE EFFECTS OF COMPETITION ON THE GROWTH OF JUVENILE ATLANTIC SALMON¹

R.J. GIBSON²

Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole
Massachusetts, 02543 U.S.A.

and

T.A. DICKSON

Department of Zoology, University of Guelph
Guelph (Ontario) N1G 2W1

Résumé

Dans une rivière nordique du Québec, la croissance des jeunes saumons (*Salmo salar* L.) a été favorisée (1) quand on a empoissonné les zones auparavant dépourvues de poissons, (2) quand on a empoissonné en amont de l'habitat normal des saumons, là où l'omble de fontaine [*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)] abonde, ou (3) dans la zone normale des saumons quand on a supprimé l'omble de fontaine. Dans ce dernier cas, la suppression de l'omble a été précédée de plusieurs années d'observation, ayant permis d'établir une relation entre les variations de taille des saumons et celles de leur densité et de formuler une équation pour l'exprimer. Dans les zones sans poissons, les taux de croissance des alevins et des tacons de 1^{ère} année sont plus élevés, en raison de l'abondance de la nourriture et de l'espace. Dans celles auparavant occupées par l'omble de fontaine, les tacons de 1^{ère} année et les alevins tirent un meilleur parti des forts courants que l'omble; la compétition intra-spécifique y est réduite, car la densité des saumons est faible. Là où l'omble de fontaine a été supprimée, la croissance des tacons (2+) est favorisée, mais non celle des tacons (1+). Dans les forts courants, généralement considérés comme habitat préféré des jeunes saumons, la compétition entre les classes d'âge (intra-spécifique) est plus forte que la compétition avec l'omble de fontaine (inter-spécifique). Dans les faibles courants, la compétition inter-spécifique est défavorable aux jeunes saumons, surtout aux gros tacons qui se tiennent dans les eaux plus profondes et plus lentes que les individus plus jeunes.

Abstract

In a Québec boreal river, enhanced growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmon salar* L.) was found: (1) when stocked in previously fishless areas; (2) when stocked in an area upstream from their natural distribution, but where brook trout [*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)] were abundant; (3) in an area of natural distribution but when brook trout were removed. In the latter area a study over several years before removal of the brook trout indicated a relationship between changes in size of the salmon to changes in population density, and an equation was derived describing this relationship. Abundant food and space probably accounted for the increased growth rates of fry and yearling parr stocked in the fishless areas. In the area previously inhabited only by brook trout, yearling salmon and probably fry were apparently able to more efficiently use fast water areas than the trout, and due to low density of the salmon, intra-specific competition was low. In the area where brook trout were removed the growth of the 2+ parr was enhanced, but not that of the 1+ parr. We concluded that in areas of rapids, generally considered the preferred juvenile salmon habitat, intra-specific competition within year classes is more severe than inter-specific competition

¹ Contribution no. 84 from the Matamec Research Station, Québec, Canada.

² Present address: Fisheries Research Branch, Department of Fisheries and Oceans, P.O. Box 5667, St. John's, Newfoundland A1C 5X1

from brook trout, but that where slow water areas predominated inter-specific competition has negative effect on juvenile salmon, especially large parr, which use deeper and slower water than the younger stages.

Introduction

The growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is variable through the range of the species, depending on relative production of the river (Egglisshaw, 1967) and length of the growing season (Symons, 1979). The transformation from a parr, the juvenile fluvial stage, to a smolt, the stage at which the juvenile migrates to sea, is largely dependent on size (Elson, 1957), so the age of smolt can vary from one year in southern productive rivers to eight years old in more northern ones (Templeman, 1967).

There are few studies on the effects of competition on growth. The migrating smolts of a particular river system usually consist predominantly of one age group, but include some of other age classes. This may be due to several factors: to different genetic growth patterns (Thorpe, 1977); to greater or lesser productivity in certain parts of the river (Gibson, 1978a); to delay of smolting of some male parr which had precocious development of gonads the previous autumn (Evroytseva, 1960); or to the effects of competition.

The Matamec River, on the North Shore of the Gulf of St. Lawrence, presents an unusual opportunity to study salmonids in differing communities with similar water chemistry and climate (Power *et al.*, 1973). Due to the glacial history of the area, the presence of the Laurentian escarpment, and to several waterfalls, differences occur in fish communities from the estuary to the Laurentian plateau. Therefore, by stocking young salmon in various parts of the watershed, it was possible to study their growth and distribution: (1) where they were the only species; (2) where they were sparse but brook trout (*Salvelinus fontinalis*) were abundant; and (3) where they were in higher densities but brook trout occurred in natural or manipulated populations.

Objectives in this study were to observe possible changes in use of habitat and in growth of juvenile salmon with reduction of inter- and intra-specific competition. Also, should sizes be inversely related to population density, an index to density would be available.

Location

The Matamec River is 32 km east of Sept-Îles, Québec, at approximately 50°18'N, 65°57'W (Fig. 1). It has a drainage basin of 684 km², over-

lying acidic igneous rocks, with riparian vegetation of undisturbed boreal forest. Study sites were in two major areas: the Tchinicaman River, which flows across the Laurentian escarpment into the upper Matamec River, a tributary of Matamec Lake; and the lower Matamec River, which drains Matamec Lake.

The lower river is 9.6 km long and has five waterfalls, which are respectively 0.7 km, 2.4 km, 4.4 km, 5.9 km and 6.7 km from the sea. Above the fourth falls from the sea, brook trout occur without the presence of naturally spawned juvenile salmon, whereas downstream both species co-exist. Marking data have shown that each falls is a barrier to upstream migration of brook trout and juvenile salmon (Gibson, 1973b and unpubl.

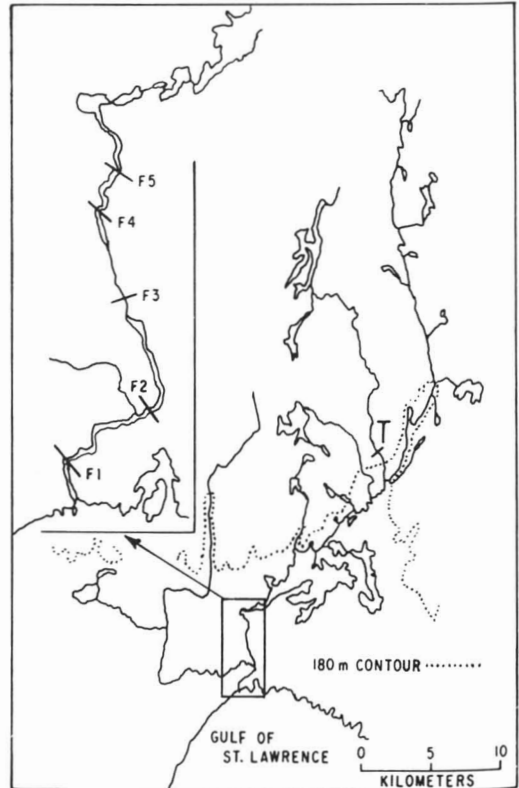


Figure 1. The Matamec River, showing locations of the study areas. T = the study area on the Tchinicaman River. Positions of the waterfalls in the lower river are shown as F1-F5. The study areas in the lower river were at F2 and F5. (Figure taken from Power *et al.*, 1973).

data). A two-sea-winter salmon was however captured below the fifth falls in 1981 (Morin *et al.*, 1982), the first adult salmon recorded above the fourth falls. A bypass stream occurs to the right of the fourth falls in times of very high flow, usually before adult salmon have migrated over the other falls downstream (unpublished survey, Government of Québec, 1974). Nevertheless, a number of studies since 1967 have shown no natural spawning of salmon to have occurred above the fourth falls.

The lower Matamec River has a mean width of 45.7 m, and a mean annual discharge (over 20 years) of $21.8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, with mean discharge at lowest (winter) levels of $2.1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, and $113.3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ at highest (spring) water levels (Frenette & Julien, 1981). Mean summer discharge is $20.4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

The experimental sites were below the second falls and the fifth falls in the lower river, and above the escarpment on the Tchinicaman River. At the Tchinicaman site there were no fish. Below the second falls and fifth falls were areas of rapids, with a coarse substrate of boulders and cobble, sloping steeply into slower and deeper water. Details of these latter two sites are given in Gibson (1978a) and Frenette & Julien (1981). Two adjacent areas were used on the Tchinicaman River, one in which fry were released, and one upstream in which yearling parr were released. The fry were released in a bay like pool with a slow circular current, beside the main stream. This pool was 43 m long and 34 m wide, with the deepest depth of 3.4 m. There was a rapids 35.4 m wide at the side of the pool at the upstream end. In the main stream this rapids inclined into a pool with a maximum depth of 2.6 m. Below this was a mainstream rapids with a mean width of 12.8 m, with coarse substrate and maximum depth of about 40 cm at low flows. Water velocities in the main stream were up to $85 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

The second site on the Tchinicaman River, where yearling salmon were released, was a pool a short distance upstream from the first study area. An intervening waterfall about 30 m in height was a barrier to upstream migration. The pool was 66.8 m long and 61 m wide, with a maximum depth of 3 m. This flowed into the main stream, which was 12 m wide, had a maximum depth of 80 cm and surface water velocity of $50 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, at low flows, and a coarse substrate of rubble, cobble and gravel.

Materials and methods

Hatchery reared salmon were stocked in the Tchinicaman River in 1970, 1973, 1974, 1975

and 1976, and at the fifth falls in 1978. In most years these were transported by truck from a hatchery at Tadoussac to Sept-Iles and then flown by helicopter to the site of release. The total time involved for transfer of the fish was six to seven hours. Fish were transported in plastic bags containing water and pure oxygen, kept cool on ice and insulated in styrofoam boxes. The salmon fry were the progeny of adults taken at Tadoussac, except in 1978 when they were the progeny of Tadoussac females and Matamec males. In 1976 yearling salmon were flown from the Gaspé hatchery to Sept-Iles. These were the progeny of adult salmon from the Gaspé peninsula.

Water temperatures were recorded at the times of release, and a sample of fish taken to measure sizes. Maximum and minimum temperatures were taken at the site over the season. Samples of fish were taken in the autumn of the same year. Below the fifth falls this was by beach seine and by angling with small flies. In the Tchinicaman River yearlings were angled, and underyearlings were obtained at night using a dip net and lantern. Comparative samples were taken approximately at the same times in areas of natural distribution downstream. Fish were preserved in 10% formalin, and sizes measured shortly after we returned to the Matamec laboratory. Specific growth rate was measured as an instantaneous rate of increase ($\log_e L_2 - \log_e L_1$ or $\log_e W_2 - \log_e W_1$) per day $\times 100$. Significant differences were tested with the Mann-Whitney test (Mann & Whitney, 1947). The growing season was defined as that period when water temperatures were above 9°C . Field observations over several years have shown the approximate time of emergence of salmon fry to be July 1 (unpublished data), so growth of wild fry was taken from this time. Size at first emergence was taken as 2.70 cm - 0.16 g (Porter & Meerburg, 1977; Randall, 1982).

Below the second falls a population estimate was made during August of 1978 by the adjusted Schnabel mark and recapture method (e.g. Ricker, 1975), as has been done annually there since 1971 (Gibson, 1978b). Also as many brook trout as possible were removed at this site between 29 May - 29 July, 1978 by fyke nets, beach seine and by angling with small flies. A total of 680 fish weighing 44 kg was taken in May - June, and 251 fish with a total weight of 11 kg were taken in July. Density estimates were made below the third falls in 1976 and 1977. Ages of fish older than fry were determined by reading scales. Underwater observations were recorded on an opaque plastic slate. Water velocities were measured with a Hiroi acoustic water velocity meter.

Results

TCHINICAMAN SITES

Data on stocking are presented in Table I. There was survival of fry in all years except 1973. This latter was the only year they were stocked when naturally occurring salmon fry would not yet have emerged downstream. Possibly they did not survive due to low metabolism at the prevailing river temperature, and therefore were unable to feed (Matthews *et al.*, 1974), or were victims of predation by Odonata or salamanders, both of which were abundant in the fishless areas, or suitable sized prey was unavailable at this time.

Distribution

In 1970 underwater observations were made in mid-August, with water temperatures between 18.9°–21.1°C. Underwater visibility was about 2 m. Fry were most common near small riffles (<10 cm·s⁻¹ to 30 cm·s⁻¹) at the side of the river, and in slower water beside the rapids, and least in very fast water and areas of no flow. On August 11 three hours were spent in the pool. Fifteen fry were seen in slow water associated with rapids, and thirteen were seen over a much larger area in barely perceptible flow. Only one fry was seen in still water. None was seen swimming pelagically in the pool. On August 12 four hours were spent in the main river section. The fry were mainly in the slower water at the side of the river, and in slower water beside the rapids. None was seen in mid-stream, where water velocities were up to 85 cm·s⁻¹ near the bottom. Fry were often among rocks where there was turbulent flow, often just beside fast water. Fry were mainly among rubble, or over gravel or coarse sand. Depths and water velocities were measured in 48 locations where fry were positioned. Mean depth was 34.3 cm (S.D. 16.59, range 15 cm-1 m), and mean water velocity 4.5 cm·s⁻¹ (S.D. 9.72, range 0-38 cm·s⁻¹). Qualitative observations in following years showed a similar distribution in habitat.

In 1975 the fry were observed underwater the day after they were released in the pool on July 5. The majority were in the area where they had been released, but some were dispersed as far as the opposite side of the pool. Some were in contact with the substrate, but many were off the bottom. Most were in water of <1 m, but a few were seen near the bottom in deep water around 3 m. A school of about 50 was observed near a boulder about 2 m from shore in water about 15 cm deep with low velocity of 1-2 cm·s⁻¹. Fry were not observed schooling and were more dispersed on July 6th.

In 1971, a year after the initial stocking of fry, during August 3-6, underwater observations, night observations with a lantern, and small mesh gill-nets, revealed no salmon. Similarly in other years, no parr were seen from the previous years's stocking. They apparently either migrated down-river or perished. As the same river below the escarpment supports brook trout (O'Connor & Power, 1976), it is unlikely that abiotic environmental factors would cause complete mortality.

In 1976 the site where the parr were stocked was visited again on August 18. In an hour's underwater observations none was seen, indicating their sparseness. However, six were caught by angling with a small fly. None was caught in the pool. One was caught in rapids at the head of the pool, and the remainder in the fast water downstream from the pool. This had a depth of about 80 cm, a surface velocity of 51 cm·s⁻¹, and a substrate of rubble, cobble and gravel.

Growth

In 1970 a sample was not taken, however fry from the same hatchery were stocked by G. Power and R. J. Gibson in an adjacent fishless lake (Gallienne Lake) and inlet stream on June 16. Their mean fork length at stocking was 26.2 mm (S.D. 1.10). We took a sample of seven in the inlet stream on August 18, 1970, and these had

TABLE I
Stocking densities of juvenile salmon in the Tchinicaman River

Location	Date	Age	Number	River temperature (°C)	Hatchery water temp. (°C)	Max. water temp. over season (°C)
Lower site	July 19, 1970	0+	10,500	—	20.0	—
Lower site	June 4, 1973	0+	10,000	5.5	12.7	—
Lower site	July 2, 1974	0+	5,000	20.0	18.3	21.1
Lower site	July 4, 1975	0+	10,000	20.0	18.0	23.3
Upper site	June 2, 1976	1+	500	8.9	7.2	22.8

a mean fork length of 54.8 mm (S.D. 0.66) and weight of 2.4 g (S.D. 0.88). Fry at the second falls on July 20 had a fork length of 27.8 mm (S.D. 0.51), and on September 6, 43.7 mm (S.D. 0.36). Although this length at the second falls was attained over the major part of the growing period, the fry here were considerably smaller than in the fishless stream. Specific growth rates for length were 1.18 (S.D. 0.19) in the fishless area and 0.95 (S.D. 0.17) at the second falls, which were significantly different for the two areas ($P < 0.01$). Specific growth rates in the Tchinicaman River compared with downriver for subsequent years are shown in Table II.

Specific growth rates in 1974 were significantly faster for both length ($P < 0.05$) and weight ($P < 0.01$) at the Tchinicaman site than at the third falls.

Also in 1975 specific growth rates for fork length and weight were significantly different ($P < 0.01$) between the Tchinicaman site and the second falls.

The specific growth rates in 1976 for the yearling parr for weight were significantly different ($P < 0.01$), but not for fork length ($P > 0.05$).

FIFTH FALLS

On July 5, 1978, 6,000 fry were released below the fifth falls, an area where brook trout were abundant but upstream of the normal distribution of salmon. These fry were the progeny of Matamec males and Tadoussac females. Growth and size of the fry are shown in Table III. Samples were taken by beach seine on August 7 and September 6. In August salmon fry were larger than brook trout fry (44.7 mm-1.24 g compared with 42.4 mm-1.04 g), and on September 6th the mean size for salmon fry was 55.8 mm-1.94 g compared with 50.6 mm-1.45 g for brook trout fry. Specific growth rate for the salmon up to August 7 were for fork length 0.71 (S_x 0.08), and weight 2.90 (S_x 0.24). Specific growth rates over the period August 7 to September 6 were: fork length 0.78 (S_x 0.08), weight 1.65 (S_x 0.21) for the salmon; and fork length 0.54 (S_x 0.04), weight 0.96 (S_x 0.11) for the brook trout. These differences in specific growth rates between the two species were significantly different ($P < 0.01$). Generally in the Matamec River brook trout are larger than salmon in the same juvenile age class. For example, downstream below the third falls, at natural densities, on September 6, 1978, mean sizes of salmon fry were 42.9 mm-0.93 g compared with 52.6 mm-1.68 g for 0+ brook trout. The brook trout fry below the third falls were significantly larger in length and weight ($P < 0.05$) than those

below the fifth falls. However, despite the larger size of salmon fry at the fifth falls and their apparently fast growth rate, and their larger size than the brook trout fry, the specific growth rates of salmon fry at the fifth and third falls were not significantly different ($P > 0.05$).

The following year 1+ salmon parr at the fifth falls showed exceptional growth. On July 6, 1979, one parr of 9.9 cm and 12.5 g was caught in a seine haul. In 2 h 50 min of angling by fly on September 2, five yearling salmon parr and 28 brook trout were caught. These parr were as long as the yearlings recaptured in the fishless area (Table II), and considerably larger than yearling salmon occurring at natural densities downstream. They ranged in fork length from 123 mm to 131 mm, with specific growth rates of 0.73 for length and 2.23 for weight, whereas yearling salmon at this time downstream at the third falls had a mean fork length of 87 mm and specific growth rates of 0.54 for length and 1.65 for weight. Specific growth rates for length and weight of parr at the fifth falls were significantly faster ($P < 0.01$). The mean size of 126.8 mm for these yearling salmon at the fifth falls is greater than has been recorded over several years' studies for yearlings in their natural distribution through the river downstream (Gibson, 1978a, b).

SECOND AND THIRD FALLS

Removing brook trout from below the second falls in 1978 appeared to result in an increase in size of the 2+ salmon parr. The size was within the ranges measured over several years when salmon were co-existing with the natural density of brook trout. However the larger size related to removal of the brook trout can be illustrated by the two methods shown in Figures 2 and 3. Previous studies have shown that in other years, the size at a given age of salmon parr decreases from upstream sites progressively downriver (Schiefer, 1969; Gibson, 1978a). As shown in Figure 2, 1978 was the first year in which 2+ parr at the second falls were found to be larger than those at the third falls. Mean size at the second falls was 125.1 mm (S_x 1.30) and 21.63 g (S_x 0.74), compared with mean size at the third falls of 122.8 mm (S_x 2.02) and 21.32 g (S_x 1.08). Relative environmental factors were unchanged.

If biomass is plotted against density estimates of the 2+ parr at the second falls (Fig. 3), excluding 1978, there is a linear relationship ($r = 0.997$; $P < 0.01$). According to this linear relation the expected biomass in 1978 of 2+ parr for a density of 840·ha⁻¹ would be 13.3 kg·ha⁻¹, whereas it was 18.2 kg·ha⁻¹. This is outside the 95% C.L., (11.7-15.5) so that the difference can be consid-

TABLE II
 Sizes and growth rates of juvenile salmon released into fishless waters of the Tchinicaman River compared
 with salmon in their natural distribution*

Date of release	Size at release (Tchinicaman)				Recapture date	Size at capture								Specific growth rates			
	Age	N	F.L.	Wt		Tchinicaman				2nd or 3rd falls				Tchinicaman		2nd or 3rd falls	
						N	F.L.	Wt.	K	N	F.L.	Wt.	K	F.L.	Wt.	F.L.	Wt.
July 2, 1974	0+	10	29.3 (0.48)	0.2	Sept. 18	21	52.7 (1.20)	1.70 (0.13)	1.13 (0.02)	15	43.0 (1.12)	0.80 (0.05)	0.96 (0.05)	0.75 (0.03)	2.68 (0.09)	0.57 (0.03)	1.91 (0.08)
July 4, 1975	0+	25	30.7 (0.42)	0.3	Sept. 13	12	55.4 (2.32)	2.04 (0.24)	1.13 (0.02)	19	45.0 (0.50)	0.90 (0.03)	0.92 (0.03)	0.83 (0.06)	2.61 (0.19)	0.50 (0.01)	1.60 (0.07)
June 2, 1976	1+	9	72.8 (1.71)	3.9 (0.39)	Aug. 18	6	126.0 (5.15)	29.80 (3.68)	1.45 (0.02)	20	89.0 (0.9)	8.2 (0.53)	1.16 (0.02)	0.70 (0.05)	2.56 (0.15)	0.62 (0.03)	1.50 (0.09)

F.L. = fork length (mm); Wt = weight (g). (Standard errors of the mean are given in brackets) $K = \text{Condition factor } (\text{Wt (g)} \times \text{F.L. (mm)}^{-3} \times 10^5)$. Specific growth rate = Instantaneous rate of increase per day $\times 100$. Captures from the main river were from below the third falls in 1974, and from below the second falls in 1975 and 1976.

TABLE III

Sizes and specific growth rates of juvenile salmon released below the fifth falls compared with sizes and growth rates in their natural distribution (third falls)*

Age	N	Size at release below 5th falls		Recapture date	N	Size at capture										
		F.L. (mm)	Wt. (g)			5th Falls			3rd Falls			5th Falls		3rd Falls		
						F.L.	Wt.	K	N	F.L.	Wt.	K	F.L.	Wt.	F.L.	Wt.
0+	16	32.0 (0.96)	0.27 (0.34)	Sept. 6/78	21	55.8 (1.18)	1.94 (0.13)	1.09 (0.01)	25	42.9 (0.45)	0.93 (0.03)	1.17 (0.01)	0.72 (0.03)	2.31 (0.10)	0.70 (0.02)	2.64 (0.05)
1+				Sept. 2/79	5	126.8 (1.21)	23.8 (1.06)	1.17 (0.04)	40	87.0 (1.70)	8.3 (0.43)	1.21 (0.02)	0.73 (0.01)	2.23 (0.04)	0.54 (0.01)	1.65 (0.04)

* Standard errors of the mean are given in brackets. K = Condition factor (Wt (g) x F.L. (mm)⁻³ x 10⁵). Specific growth rate = instantaneous rate of increase per day x 100.

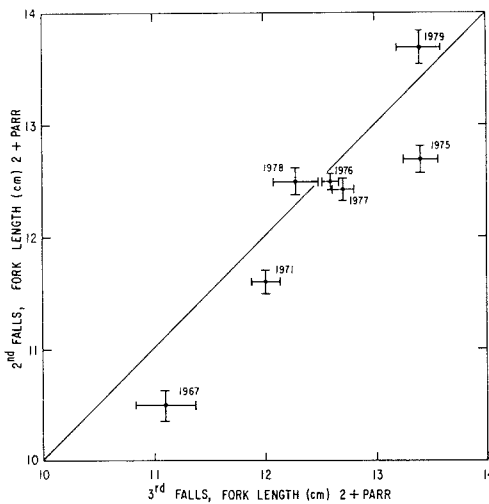


Figure 2. Comparisons of the fork lengths of 2+ parr at the second falls and third falls locations in different years. The straight line represents equal length at the two locations. Brook trout were removed below the second falls in 1978 and in 1979. The bars represent standard error of the mean. Data for 1967 are from Schiefer, (1969) and in 1979 for the second falls from Whoriskey *et al.*, (1980). Other data are from Gibson (1978a, b) and the present study.

ered to be significant. The 2+ parr showed a biomass equivalent with normal densities of trout to a parr density of $1220 \cdot \text{ha}^{-1}$ and an increase in growth equivalent to a density of $320 \cdot \text{ha}^{-1}$. It appears about 50% of the trout biomass lost was compensated for by increased growth rate of the parr.

In 1979 most of the brook trout, about $6.8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, were again removed from below the second falls (Whoriskey *et al.*, 1980), with similar results. In 1980 the brook trout population had recovered (Whoriskey *et al.*, 1981), and size and biomass of parr were close to predicted values (Fig. 3).

The growth of the 1+ parr does not appear to have been affected by removal of brook trout (Fig. 3). Apparently the size of the yearling parr was most affected by density of parr themselves. Yearling parr at the second falls were larger than those at the third falls in 1976 and in 1979 (Fig. 4). In 1976 yearlings were sparse at the second falls, but abundant at the third falls (Table IV and V). The 1+ parr were relatively smaller at the second falls in 1978, but larger in 1979. Brook trout were removed below the second falls in both years, so factors other than inter-specific competition were probably involved in causing the

relative growth differences with this age group at the two locations.

The 2+ parr from a deep slow section beginning 230 m downstream from the second falls did not show enhanced growth as a result of the removal of brook trout in 1978. The parr had a mean fork length of 118.2 mm (S_x 1.22) and weight of 18.30 g (S_x 0.58), with condition factor of 1.10 (S_x 0.01). Both juvenile salmon and brook trout are found in greater numbers close to the falls (Gibson, 1973a). Apparently inter-specific interactions are more severe close to the falls than downstream where numbers of both species are fewer. In previous years fish sampled in this downstream section were the same size as those close to the falls (Gibson, 1973a and unpub. data).

Discussion

The differences in growth shown by the salmon in this study were probably due to a number of factors. Climate and water chemistry were similar at all locations, but density, presence of brook trout, and relative amounts of available food differed between sites. In the Tchinicaman River invertebrates may have been more abundant in the fishless area above the escarpment than below it, where trout occurred, although the relative biomass of trout in this river was somewhat less than that in the main Matamec River downstream (O'Connor, 1974; Gibson & Galbraith, 1975). Also invertebrates decreased as distance downstream from Matamec Lake increased (Gibson & Galbraith, 1975). It is likely that abundant available food and an increase in food and space resources through reduction in intra-specific competition accounted for the exceptional growth (for this geographic location) observed in the Tchinicaman River and below the fifth falls. We do not know if there may have been inherent differences in growth rates between some of the hatchery and the Matamec fish, although Dickson & MacCrimmon (1982) found no difference in growth rate between the wild and the same progeny of hatchery salmon which we stocked at the fifth falls.

In the Tchinicaman study areas salmon were few in number, probably due partly to dispersion, but possibly also to predation of fry by invertebrates and salamanders. The absence of yearling parr from the previous years' stocking of fry in the fishless area indicates a movement downstream, despite abundant space and food. Older parr normally disperse downstream from spawning sites in small streams, so this behaviour may be unrelated to density.

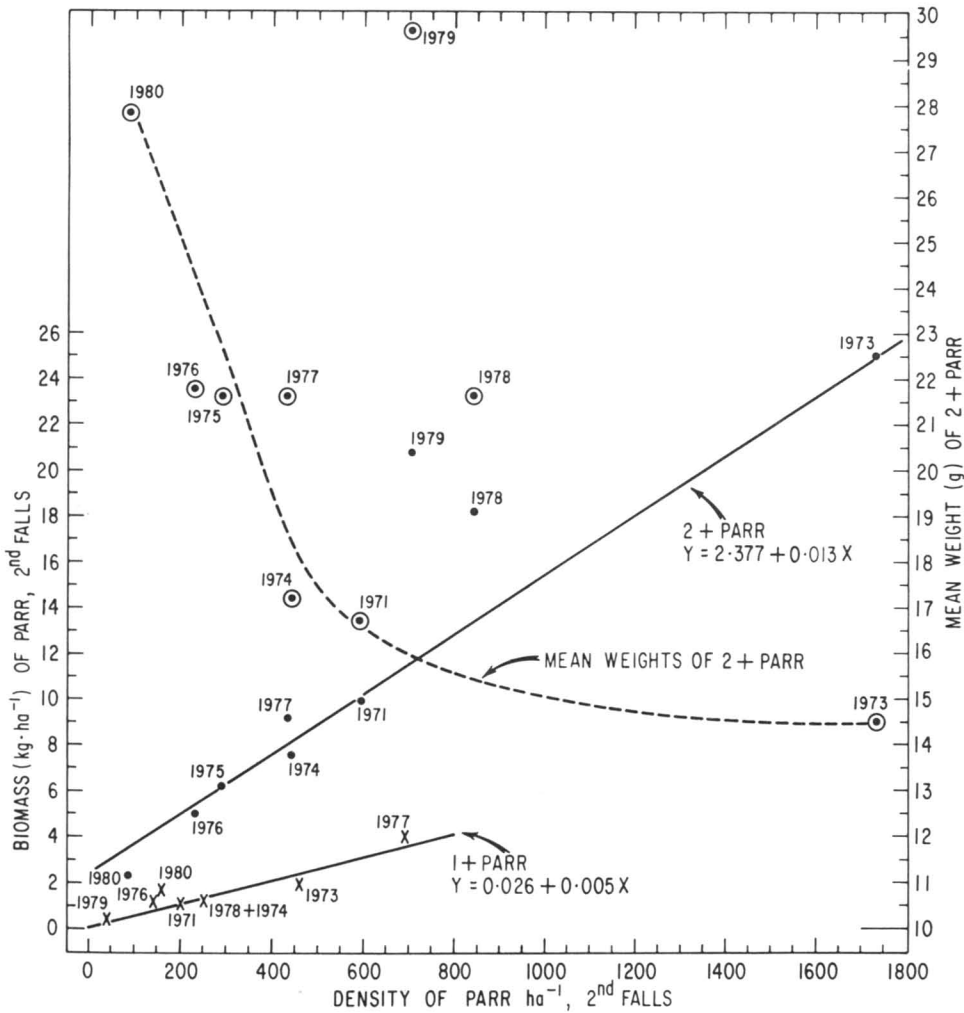


Figure 3. The solid lines represent the biomass of parr at the second falls plotted against their numbers between 1971 and 1977. There is a linear relationship for both 1+ parr ($r = 0.948$, $P < 0.05$), and 2+ parr ($r = 0.997$, $P < 0.01$). Brook trout were removed below the second falls in 1978 and 1979. The brook trout population had recovered in 1980. Enclosed data points and the dotted line represent mean weights of 2+ parr in different years plotted against their densities. Data from 1979 and 1980 are from Whoriskey *et al.* (1980, 1981).

Atlantic salmon fry in North America have not been observed before in nature without larger fish present. The mean depth of 34.3 cm of water in which they were observed in the Tchinicaman is deeper than their normal distribution in the presence of larger fish (Symons & Heland, 1978). In an experimental area in Northern Ireland where other fish had been removed, the mode of abundance of introduced salmon fry was between depths of 15-25 cm, with only 30.4% in depths less than 20 cm (Kennedy, 1982). In a control

area where salmon parr and all ages of brown trout (*Salmo trutta* L.) were present, 84.7% of the salmon fry were in sites of mean depth less than 20 cm. Similarly, Egglisshaw & Shackley (1982) found densities of 0+ salmon to be positively correlated with depths between 0 and 19 cm, and inversely correlated with deeper water. We found mean depths somewhat greater than those found by Kennedy, and believe it may be related to wider availability of habitat in our study streams. Our salmon fry were similar in size to those studied

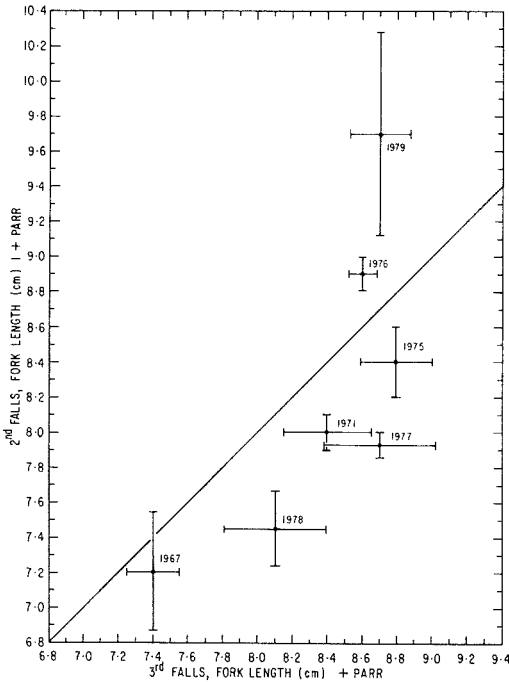


Figure 4. Comparisons of the fork lengths of yearling salmon at the second falls and third falls locations. Data in 1967 from Schiefer (1969) and in 1979 for the second falls from Whoriskey *et al.* (1980). Bars represent standard error about the mean. The straight line represents equal length at the two locations.

by Kennedy, which averaged 6.2 cm in fork length in the experimental area and 5.2 cm in the control area.

In the Tchinicaman both salmon fry and parr left the pool, a habitat usually considered to be suitable for brook trout. Evidently the pool type habitat is not used by small juvenile salmon if riffle areas are available. Differences in preference for depth and association with the substrate appear to be important factors in minimizing intra-specific competition between sizes of young salmon (Symons & Heland, 1978; Gibson, 1981) but water velocity also appears to be important in the segregation of year classes. The parr in the Tchinicaman were found in the main current, which the fry avoided. However, parr can be found in a relatively wide range of water velocities and will select slower water flows both under natural conditions and in experimental stream tanks (Gibson, 1973a, 1981; Kennedy & Strange, 1982).

At the fifth falls, where brook trout were numerous (Gibson, 1973a) but no naturally spawned salmon occurred, growth of yearling salmon ap-

peared to be as great as that found in the fishless area and considerably greater than growth of yearling salmon downstream (Table II and III, Figs. 5 and 6). It can be assumed that the density of salmon parr was low, both because of difficulty in taking samples (5 parr to 28 trout) and the relatively few fry stocked. There is an area of 39,020 m² between the fourth and fifth falls, which for 6,000 fry would provide 6.5 m² per fry, if they were evenly dispersed and all survived. However, the fry may not have dispersed after stocking. Kennedy (1982) found that dispersal of stocked salmon fry was very limited. The growth rate of the salmon fry at the fifth falls appeared greater, but was not significantly faster than downstream. In the following year the parr had significantly faster growth for both length and weight associated with their few numbers, which suggests that intra-specific competition was low the second year. This experiment was repeated with 5000 salmon fry of mean size 40.9 mm (S_x 0.46) stocked on July 7, 1979. A sample of 41 yearling parr was taken September 8 and 11, 1980 which had mean fork length of 121.0 mm (S_x 1.00) (Whoriskey & Naiman, 1981). These parr again were exceptionally large for this system.

Although salmon parr appear to have the competitive advantage over brook trout in the faster flowing stretches of a river, especially in warmer water (Gibson, 1966, 1973a), brook trout generally grow faster than young salmon. However, the yearling parr at the fifth falls were larger than the yearling brook trout sampled at this station over many years. The faster growth rate of the parr therefore indicates a reduction in intra-specific competition as the most likely cause. An earlier indication of increased growth of young salmon in the absence or reduction of intra-specific competition but with brook trout present was seen in a preliminary experiment in which 100,000 salmon fry were stocked in the upper Matamec River, above Matamec Lake, in June of 1969 (G. Power & R. J. Gibson, unpublished data). Survival of the fry was apparently low, but the few captured showed the enhanced growth seen in the present study. On July 14 one salmon fry was captured, 38.0 mm in fork length, compared to a mean fork length of 37.0 mm (S.D. 3.79) for brook trout fry captured at the same time. On September 13 two salmon fry were captured, 58.0 mm and 64.0 mm in fork length, compared to a mean of 53.3 mm (S.D. 5.63) for brook trout fry.

Sizes of naturally occurring salmon parr in the Matamec River have varied considerably in response to changes in density (Gibson, 1978a). Between 1971 and 1977 population estimates below the second falls showed that the biomass

TABLE IV

Population estimates of salmon parr below the second falls. They are presented as numbers per ha with 95% C.L. in brackets, and biomass as $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Brook trout biomass also is given where data are available¹

Year	Age	Numbers·ha ⁻¹		Biomass·ha ⁻¹		Brook trout Biomass·ha ⁻¹	
1980	1+	160 (150-170)	}	250	1.7	4.6	—
	2+	80 (70-100)			2.3		
	3+	>11			0.6		
1979	1+	40 (30-60)	}	770	0.4	22.4	*
	2+	700 (450-960)			20.8		
	3+	>26			1.1		
1978	1+	250 (170-390)	}	1110	1.2	20.2	**
	2+	840 (570-1290)			18.2		
	3+	20 (5-30)			0.8		
1977	1+	690 (510-920)	}	1120	4.0	13.2	7.3
	2+	430 (320-600)			9.2		
	3+	>9					
1976	1+	140 (110-200)	}	460	1.2	10.4	5.8
	2+	230 (220-260)			5.0		
	3+	90 (40-190)			4.2		
1975	2+	290 (120-720)			6.2		
1974	1+	250 (200-320)	}	840	1.2	12.9	7.9
	2+	440 (310-650)			7.6		
	3+	150 (60-380)			4.1		
1973	1+	460 (260-920)	}	2210	1.9	28.1	8.1
	2+	1730 (1390-2160)			25.1		
	3+	20 (10-50)			1.1		
1972	All year classes	(1700-2510)		2020			
1971	1+	200 (140-320)	}	810	1.1	12.3	7.5
	2+	590 (510-700)			9.9		
	3+	20 (10-80)			1.3		

* Approximately $6.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of brook trout removed in 1979.

** 55.1 kg , or $9.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of brook trout removed in 1978.

¹ Data in 1979 and 1980 are from Whoriskey *et al.* (1980, 1981).

of salmon varied between 10.4 to $28.1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, whereas the biomass of brook trout varied between 5.8 to $28.1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Table IV). Therefore, pressure of competition from brook trout was probably much the same until 1978, when brook trout were removed.

Removal of the brook trout below the second falls appeared to bring about conditions which enhanced the growth of 2+ parr, indicating that parr of this size can use part of the niche occupied by brook trout, and that brook trout impinge on the salmon's niche in these northern areas. Large parr use deeper water than small parr (Symons & Heland, 1978), so these large parr would be more likely than small parr to overlap the habitat of brook trout.

Previous studies (Gibson, 1973a, 1978b) have shown that yearling brook trout appear to be more

severely affected by the presence of salmon than the larger sized brook trout, possibly because they were slightly smaller than 2+ parr, and could be displaced by aggression as well as by exploitation in faster water. For example, below the fifth falls, without the presence of salmon, yearling brook trout made up about 70% of the population structure, whereas with salmon present, at the third falls the relative proportion was about 19%, and at the second falls about 29%. The older and larger brook trout, which are not so easily displaced from the pool habitat are therefore more likely to have negative effects on salmon parr in the deeper water.

Below the second falls in 1978 55.1 kg of brook trout were removed from 5.7 ha , or $9.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, which is $1.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ more than the highest biomass estimated in years between 1971 and 1977

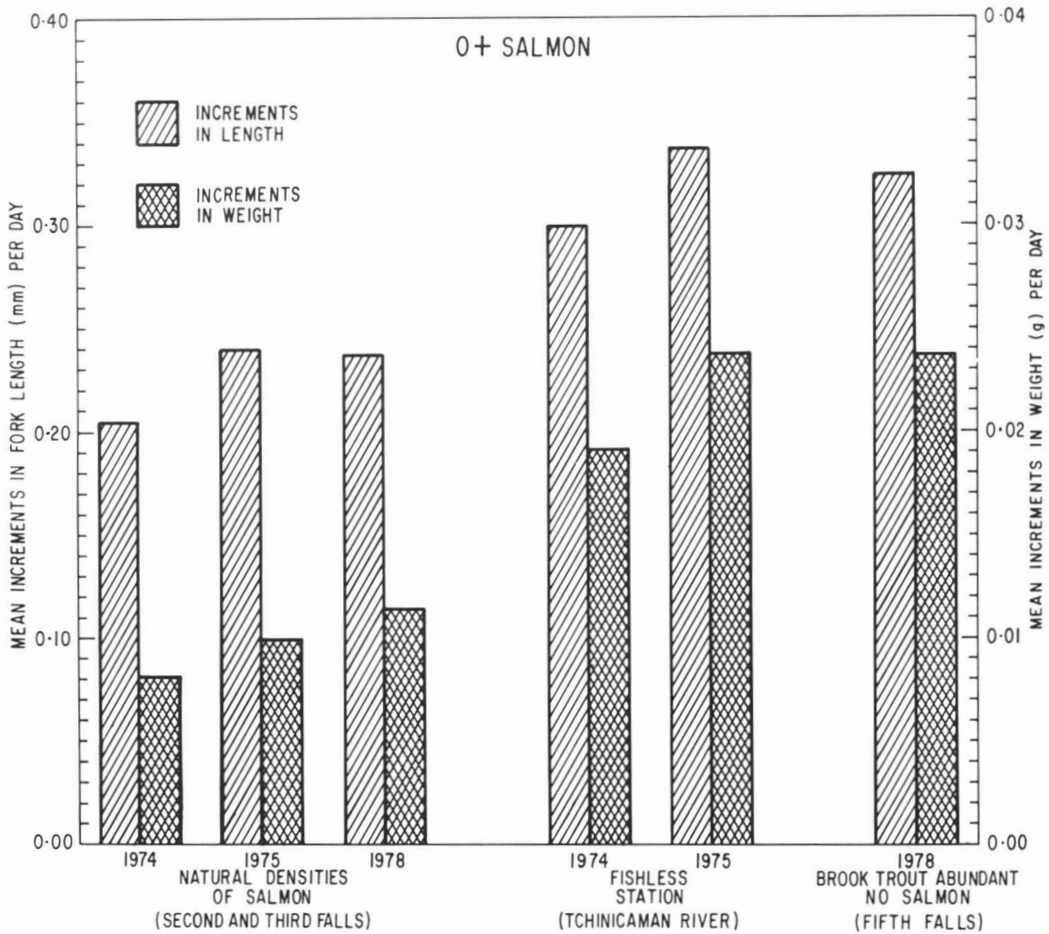


Figure 5. The mean increments in fork length (mm) and in weight (g) per day of salmon fry at the study sites.

(Table IV). Rather than an unusually high biomass being present in 1978, it is probable that there was immigration during the removal period. Indications are that a greater proportion of yearling trout moved into the area than any other age class. The yearlings comprised 22.9% of the total number removed from May to July, yet with the July captures (11.1 kg), yearling trout comprised 38.2% of the individuals (Gibson & Whoriskey, 1980). Presumably these immigrants would normally move through the area if close to carrying capacity and would populate lower areas or be lost to the system.

There is considerable overlap in habitat, especially when food is abundant, as in the spring at the second falls (Gibson, 1973b). Also the main growth period is in June (Schiefer, 1969). However, there is interactive segregation (Nilsson, 1967)

of the two species later in the season, when food is scarce (Gibson, 1973a). Reduction of biomass, as in removal of the brook trout, would have the greatest effect at this time in release of competitive pressure. Brook trout remain in association with rapids when salmon are not present, as at the fifth falls, or where salmon are relatively sparse and food remains abundant, as at the fourth falls (Gibson, 1973a, 1975). In the Matamec River, unlike areas where there is a more diverse fish fauna, salmon parr are also found in slow water, although in fewer numbers than in faster water. Presumably if the biomass of brook trout is reduced, salmon parr can make use of these slower areas to a greater extent, although it may not be their preferred habitat. Probably in rivers where a greater number of pool dwelling species occur, removal of brook trout would have little effect on the production of salmon.

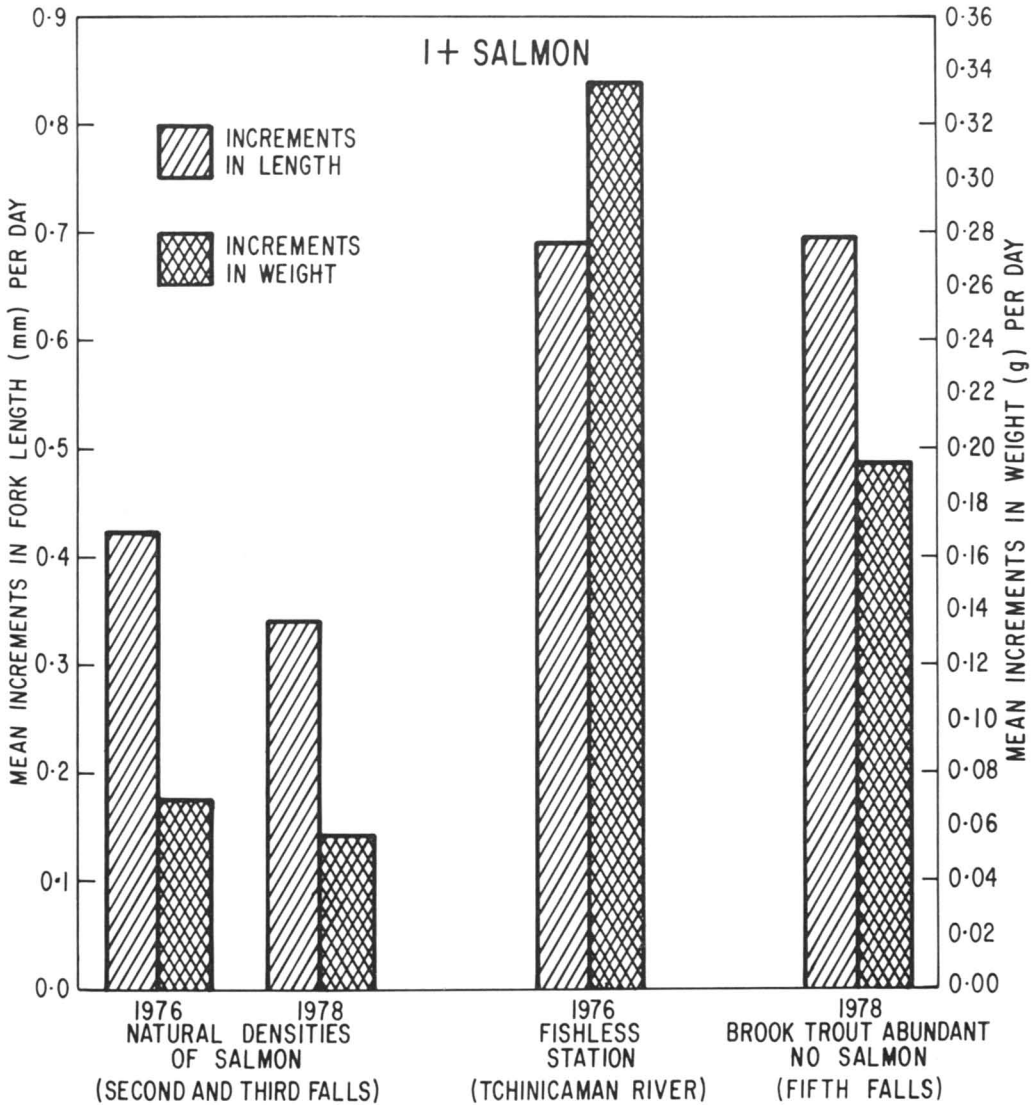


Figure 6. The mean increments in fork length (mm) and in weight (g) per day of yearling salmon at the study sites.

MacCrimmon *et al.* (1983) found in controlled experiments that in a cool second order tributary (8°C - 13°C over the period of the experiments in two years) at the fifth falls, salmon fry grew as well as brook trout fry when kept separately. However, when mixed at a similar density of total salmonids, the growth of the salmon was suppressed, but that of the brook trout increased. In stream tank experiments in the main river, where the fry were fed to satiation, salmon grew at the same rate as the brook trout, both as mixed and single species. In the stream experiments the larger size of the trout gave them a competitive

advantage over the salmon, although the cooler temperature of the stream may have also given the trout an advantage. In our fifth falls experiments, although brook trout fry were originally larger than the salmon (35.8 mm-0.53 g compared to 35.5 mm-0.47 g on July 8, 1978), salmon were presumably able to exploit parts of the habitat more efficiently than the brook trout. By September 6 mean brook trout fry size was 50.6 mm-1.45 g compared to mean salmon size of 55.8 mm-1.94 g.

Salmon fry generally hold station on or near the bottom, whilst brook trout fry are off the bottom

or in mid-water, frequently foraging from the surface (Gibson, 1965). This difference in behaviour may give salmon fry an advantage over trout fry in running water. This habitat segregation is reflected in their diet (Williams, 1981).

Salmon and brook trout in the Matamec River system appear to respond differently to changes in competition and the amounts of available food. In this study salmon responded to reduced competition by reductions in the generation cycle and therefore in freshwater mortality, with increases in size and therefore an earlier age at smolting. Brook trout appear to respond less by compensatory increases in growth but more by a higher survival rate as well as earlier maturation (Gibson, 1973b; Gibson *et al.*, 1976). Similarly, in four tributary streams of Matamec Lake, densities and production rates of brook trout differed but sizes and growth rates were the same (O'Connor & Power, 1967). This possibly is related to their relative life histories. The present study has shown that densities of young salmon vary considerably more than those of the brook trout, probably related to corresponding changes in escapement of the adult salmon (Gibson & Côté, 1982). Significant compensatory changes in growth therefore would have better adaptive value for salmon than for the brook trout, which are probably not limited by spawning stock.

Figure 3 demonstrates both intra-specific and inter-specific competition for 2+ parr. If size were not affected by density, the regression would have a higher gradient. Removal of brook trout gave higher biomass figures than expected, indicating less competition and faster growth. It appears that intra-specific competition here was within age groups as the two regressions are independent and biomass of yearlings was unaffected by density of two-year-olds. If the regression is valid for

small numbers we might predict that 1+ parr at the second falls could be the same size as those in the fishless area if the density at the second falls were $1 \cdot \text{ha}^{-1}$. Similarly over a period of several years the largest size for 2+ parr was found at the fourth falls in 1975 (Gibson, 1975, 1978a). These had a mean size of 15.0 cm-42.4 g. To reach a similar size below the second falls the estimated density would be about $80 \cdot \text{ha}^{-1}$. This is lower than the density estimated at that time below the fourth falls ($140 \cdot \text{ha}^{-1}$), which indicates that the fourth falls area is more productive than downstream sections, a situation confirmed by earlier studies (Gibson & Galbraith, 1975 and unpublished data). Similarly, the third falls area appears to be more productive than downstream below the second falls. The data available (Table V) indicate a steeper gradient at the third falls than at the second falls (0.021 compared with 0.013), although more data are needed to test this relationship at the third falls. If similar relationships are true for other areas the regression for a more productive area than the second falls therefore would have a steeper slope.

The upper limit of the regression at high densities would be related to territorial sizes or minimum size for fish to survive. At carrying capacity with this minimum size increases in density would be limited by natural mortality. For example, with young brown trout (*Salmo trutta*), LeCren (1965) found a linear relationship between specific growth rate and the logarithm of population density, but only up to a density of $50 \cdot \text{m}^{-2}$. Above this density there was no further decrease in growth. At very low densities fish would attain a maximum size for the area, due to maximum growth rate or to a maximally efficient foraging area. The linear nature of the regression may not hold at very high or very low densities. For example, with the

TABLE V

Population estimates of salmon parr below the third falls in year for which they were made. They are presented as numbers per ha for each year class, with 95% C.L. in brackets, and biomass as $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Year	Age	Numbers $\cdot \text{ha}^{-1}$		Biomass $\cdot \text{ha}^{-1}$	
1977	1+	650 (310-1500)	}	5.0	}
	2+	1240 (770-2100)		29.2	
	3+	>1			
1976	1+	1760 (1290-2460)	}	13.2	}
	2+	850 (510-1270)		21.1	
	3+	70 (20-140)		3.8	
			1890		34.2
			2680		38.1

smallest mean size of 2+ parr recorded at the second falls (12.9 g in 1967), the population size cannot be estimated from our equation, and in 1980 at 80·ha⁻¹ mean weight was 27.6 g, less than the predicted value (42.7 g) for this density.

Density dependent effects on growth of juvenile salmon have been measured by a number of workers. For example, Egglisshaw & Shackley (1980) observed in a Scottish stream that the weight of 0+ salmon at the end of the growing season was inversely related to both their population density and the biomass of 1+ salmon present. Prouzet (1978) found that in a stream with a steep gradient, growth of salmon fry was density dependent, but in another study stream with a lower gradient the biomass was controlled by emigration. In the Miramichi River, New Brunswick, growth of salmon fry was inversely correlated with population density but growth of parr was not (Randall, 1982; Randall & Paim, 1982). In this latter example, probably food was not limiting for parr, whereas in the present study growth for parr was apparently food limiting. It is interesting that in the Miramichi the fry and the parr had different responses, suggesting different niches. Egglisshaw & Shackley (1980) found that a double planting of fry resulted in a wide range of lengths and the highest biomass values of their experiments, indicating some degree of niche separation between size groups. There were indications from the present study that small and large parr have little interaction. The yearling parr at the second falls showed changes in growth related to density but appear to have been unaffected by changes in density of the older parr. However, the yearling parr were relatively few, so their habitat may not have overlapped with the habitat of large parr. Salmon spawning grounds are above the second falls, and probably downstream migration was less for 1+ parr than 2+ parr. Greatest movements in the Matamec River are from mid June to mid July, when fish start feeding (Gibson, 1973b), so migration to feeding areas for the season probably take place at this time, and not throughout the summer.

Further research on year-class interactions and habitat preferences would be useful for interpreting stock recruitment curves for Atlantic salmon, as such models at present have poorly supporting data, and the relative effects of year-class interactions (e.g. Elson & Tuomi, 1975) and hydrological and climatic effects (e.g. Chadwick, 1982; Frenette *et al.*, 1984) are little understood. Different sized juvenile salmon show differences in preferred habitat, with concomitant changes in morphological adaptation, so that the availability of suitable habitat for each year-class is also likely to affect the production of smolts.

The sizes and growth rates of salmon fry planted in the fishless areas were similar to salmon fry planted below the fifth falls (Tables II and III, Fig. 5, 6), and may be the maximum that fry in fluvial habitats would attain in this climate with unrestricted food and space. Also, as the yearling parr released in the fishless area of the Tchincaman in 1976 reached a similar size to the yearling parr below the fifth falls in 1979 (Tables II and IV), this may be the maximum size they would attain with abundant food in lotic habitats of the Matamec system. In fishless lakes of the system, however, salmon parr have faster growth (Rimmer & Power, 1978).

Symons (1979) points out that to reach 15 cm, smolts generally require approximately 500 days with water temperatures at or above 7°C. Mean size of the smolts in the Matamec River has varied between 14.2-15.3 cm in recent years (Gibson & Côté, 1982). Physical characteristics of the Matamec River have been measured since 1970, and since then the mean number of days per year when the river was at or above 7°C is 129 (S_x 2.96), with a range of 119 to 141. To be in accord with most other rivers, the mean smolt age should therefore be approximately 3.9 years.

In 1967, when density of parr apparently was high, the mean smolt age was 3.1 years (Schiefer, 1969). However, in 1976 when densities were low mean smolt age decreased to 2.8 years (Gibson, 1978a). This indicates that the Matamec River is relatively productive, but also that smolt age can vary according to competition, and smolts with as low an age as 2+ can be produced with a relatively low number of growing days. In fact water temperatures above 9°C would be more appropriate for estimating the growing season, as below this temperature in running water activity of parr is low and the majority are in hiding (Gibson, 1978c; Rimmer *et al.* 1983). The Matamec River has a mean number of days per year above 9°C of 119 (S_x 2.72), usually from towards mid June to the beginning of October.

This study has shown that in this relatively short growth period it is possible to grow parr which could become 2+ smolts in natural conditions where food and space is abundant, but as parr must reach a total length of 10 cm to become smolt the following spring (Elson, 1957), even under these conditions it is unlikely that 1+ smolt would develop.

Acknowledgments

The field work was funded by the Woods Hole Oceanographic Institution and by the Atlantic Foundation. Preparation of the paper was supported by the De-

partment of Fisheries and Oceans. We are grateful for field assistance from F. G. Whoriskey and P. Heiner-mann. The Ministry of Recreation, Fish and Game, Government of Québec, were exceedingly cooperative with transport and provision of salmon fry and parr, and generally gave every assistance in this study. We are grateful to D. E. Stansbury for assistance in statistical testing of the growth rates. K. Harding and J. Y. Lannon typed the MS and H. Mullett did the drafting. The Abstract was kindly translated by J.-P. Thonney and the editor.

References

- CHADWICK, E.M.P., 1982. Stock-recruitment relationship for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Newfoundland rivers. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 39: 1496-1501.
- DICKSON, T.A. & H.R. MacCRIMMON, 1982. Influence of hatchery experience on growth and behaviour of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) within allopatric and sympatric stream populations. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 39: 1453-1458.
- EGGLISHAW, H.J., 1967. The food, growth and population structure of salmon and trout in two streams in the Scottish Highlands. — *Freshwat. Sal. Fish. Res.*, no. 38, 32 p.
- EGGLISHAW, H.J. & P.E. SHACKLEY, 1980. Survival and growth of salmon, *Salmo salar* L., planted in a Scottish stream. — *J. Fish. Biol.*, 16: 565-584.
- EGGLISHAW, H.J. & P.E. SHACKLEY, 1982. Influence of water depth on dispersion of juvenile salmonids, *Salmo salar* L. and *S. trutta* L., in a Scottish stream. — *J. Fish. Biol.*, 21: 141-155.
- ELSON, P.F., 1957. The importance of size in the change from parr to smolt in Atlantic salmon. — *Can. Fish. Cult.*, 21: 1-6.
- ELSON, P.F. & A.L.W. TUOMI, 1975. The Foyle Fisheries: new bases for rational management — LM Press Ltd., Lurgan, Northern Ireland, 224 p.
- EVROPEYTSOVA, N.V., 1960. Correlation between the processes of early gonad ripening and transformation to the seaward migrating stage among male Baltic salmon (*Salmo salar* L.) held in ponds. — *Zool. Zh.*, 39: 777-779. (*Fish. Res. Bd Can. Transl. Ser.* no. 430).
- FRENETTE, M & P. JULIEN, 1981. Recueil de données sur les caractéristiques hydro-physiques de la rivière Matamec, Québec. — Rapport GCS-81-03 Université Laval, Département de génie civil, 286 p.
- FRENETTE, M., M. CARON, P. JULIEN & R.J. GIBSON, 1984. Interaction entre le débit et les populations de tacons (*Salmo salar* L.) de la rivière Matamec, Québec. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 41, 954-963.
- GIBSON, R.J., 1965. Some factors influencing the freshwater distribution of brook trout [*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)] and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). — M. Sc. thesis, Univ. of Western Ontario, 118 p.
- GIBSON, R.J., 1966. Some factors influencing the distribution of brook trout and young Atlantic salmon. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 23: 1977-1982.
- GIBSON, R.J., 1973a. Interactions of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brook trout [*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)]. — *Int. Atlantic Salmon Found. Spec. Publ.*, no. 4, p. 181-202.
- GIBSON, R.J., 1973b. The interrelationships of brook trout *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) and juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L. — Ph.D. thesis, Univ. of Waterloo, Ontario, 163 p.
- GIBSON, R.J., 1975. Matamec annual report. — Woods Hole Oceanogr. Inst., Tech. Rep., WHOI-75-62., 121 p.
- GIBSON, R.J., 1978a. Recent changes in the population of juvenile Atlantic salmon in the Matamec River, Québec, Canada. — *J. Cons. int. Explor. Mer*, 38: 201-207.
- GIBSON, R.J., 1978b. Matamec annual report for 1977. — Woods Hole Oceanogr. Inst. Tech. Rep. WHOI-78-92, 154 p.
- GIBSON, R.J., 1978c. The behaviour of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) with regard to temperature and to water velocity. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107: 703-712.
- GIBSON, R.J., 1981. Behavioural interactions between coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), Atlantic salmon (*Salmo salar*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and steelhead trout (*Salmo gairdneri*) at the juvenile fluvial stages. — *Can. Tech. Rep. Fish. aquat. Sci.*, no. 1029, 116 p.
- GIBSON, R.J. & Y. CÔTÉ, 1982. Production de saumoneaux et recaptures de saumons adultes étiquetés à la rivière Matamec, Côte-Nord, golfe du Saint-Laurent, Québec. — *Naturaliste can.*, 109: 13-25.
- GIBSON, R.J. & D. GALBRAITH, 1975. The invertebrate drift in the Matamec River, Québec, compared at two stations downstream from a lake. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 104: 529-535.
- GIBSON, R.J. & F.G. WHORISKEY, 1980. An experiment to induce anadromy in wild brook trout in a Québec river on the North Shore of the Gulf of St. Lawrence. — *Naturaliste can.*, 107: 101-110.
- GIBSON, R.J., P.C. KERKHOVEN & R.L. HAEDRICH, 1976. The fecundity of unexploited brook trout populations in the Matamec River, Québec. — *Naturaliste can.*, 103: 417-423.
- KENNEDY, G.J.A., 1982. Factors affecting the survival and distribution of salmon (*Salmo salar* L.) stocked in upland trout (*Salmo trutta* L.) streams in Northern Ireland. — Symposium on stock enhancement in the management of freshwater fisheries, Twelfth session, European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC), Budapest, 22 p.
- KENNEDY, G.J.A. & C.D. STRANGE, 1982. The distribution of salmonids in upland streams in relation to depth and gradient. — *J. Fish Biol.*, 20: 579-591.
- LECREN, E.D., 1965. Some factors regulating the size of populations of freshwater fish. — *Mitt. Verein. theor. angew. Limnol.*, 13: 88-105.
- MacCRIMMON, H.R., T.A. DICKSON & R.J. GIBSON, 1983. Implications of differences in emergent times on growth and behaviour of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brook charr (*Salvelinus fontinalis*)

- in sympatric stream populations. — *Naturaliste can.*, 110: 379-384.
- MANN, H.B. & D.R. WHITNEY, 1947. On a test of whether one or two random variables is stochastically larger than the other. — *Ann. Math. Statist.*, 18: 50-60.
- MATTHEWS, A., D.M. RIMMER & J.R. MATHEWS, 1974. Report on the biological studies carried out at Pisciculture Provinciale Tadoussac 1974. — Woods Hole Oceanogr. Inst. MS Rep., 24 p.
- MORIN, R., R.J. NAIMAN, W.L. MONTGOMERY, F. LAFONTAINE, J. PIRIE & M. LEGAULT, 1982. Fish monitoring of salmonids in the Matamec River 1981. Pages 133-135 in R.J. Naiman (ed.), Matamec annual report for 1981. Woods Hole Oceanogr. Inst., Tech. Rep. WHOI-82-29, 234 p.
- NILSSON, N.-A., 1967. Interactive segregation between fish species. — Pages 295-313 in S.D. Gerking (ed.), *The biological basis of freshwater fish production*, Blackwell, Oxford and Edinburgh, 495 p.
- O'CONNOR, J.F., 1974. On the brook trout (*Salvelinus fontinalis*) production and trophic dynamics of four streams in the Matamec River system, Québec. — Ph.D. thesis, Univ. of Waterloo, Ontario, 201 p.
- O'CONNOR, J.F. & G. POWER, 1976. Production by brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in four streams in the Matamec watershed, Québec. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 33: 6-18.
- PORTER, T.R. & D.J. MEERBURG, 1977. Upwelling incubation boxes for Atlantic salmon (*Salmo salar*). — *Int. Counc. Explor. Sea. C.M. 1977/M*: 22, 13 p.
- POWER, G., G.F. POPE & B.W. COAD, 1973. Post glacial colonization of the Matamec River, Québec by fishes. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 30: 1586-1589.
- PROUZET, P., 1978. Relationship between density and growth of Atlantic salmon reared in nursery streams in natural conditions. — *ICES, C.M. 1978/M*: 13, 14 p.
- RANDALL, R.G., 1982. Emergence, population densities, and growth of salmon and trout fry in two New Brunswick streams. — *Can. J. Zool.*, 60: 2239-2244.
- RANDALL, R.G. & U. PAIM, 1982. Growth, biomass and production of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in two Miramichi River, New Brunswick, tributary streams. — *Can. J. Zool.*, 60: 1647-1659.
- RICKER, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. — *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, no. 191, 382 p.
- RIMMER, D.M. & G. POWER, 1978. Rearing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in fishless lakes of the Matamec River system, Québec. — *Can. Fld-Nat.*, 92: 1-9.
- RIMMER, D.M., U. PAIM & R.L. SAUNDERS, 1983. Autumnal habitat shift of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a small river. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 40: 671-680.
- SCHIEFER, K., 1969. Ecology of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the Matamec River system. — M.Sc. thesis, Univ. of Waterloo, Ontario, 63 p.
- SYMONS, P.E.K., 1979. Estimated escapement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) for maximum smolt production in rivers of different productivity. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 36: 132-140.
- SYMONS, P.E.K. & M. HELAND, 1978. Stream habitats and behavioural interactions of underyearling and yearling Atlantic salmon (*Salmo salar*). — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 35: 175-183.
- TEMPLEMAN, W., 1967. Atlantic salmon from the Labrador Sea and off West Greenland. — *Int. Comm. N. Atl. Fish. Res. Bull.*, 4: 5-40.
- THORPE, J.E., 1977. Bimodal distribution of length of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under artificial rearing conditions. — *J. Fish Biol.*, 11: 175-184.
- WILLIAMS, D.D., 1981. The first diets of postemergent brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) alevins in a Québec river. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 38: 765-771.
- WHORISKEY, F.G. & R.J. NAIMAN, 1981. The impact of an introduction of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) on an indigenous population of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in the Matamec River, Québec. — Pages 106-111 in R.J. Naiman (ed.), Matamec annual report for 1980. Woods Hole Oceanogr. Inst. Tech. Rep., WHOI-81-49, 213 p.
- WHORISKEY, F.G., G. BLACK, W.L. MONTGOMERY, 1981. Salmon parr and brook trout population estimates. — Pages 101-105 in R.J. Naiman (ed.), Matamec annual report for 1980, Woods Hole Oceanogr. Inst. Tech. Rep. WHOI-81-49, 213 p.
- WHORISKEY, F.G., R.J. NAIMAN, P. HEINERMAN & L. PAQUIN, 1980. Second falls population estimates of Atlantic salmon and brook trout. — Pages 125-129 in R.J. Naiman (ed.), Matamec annual report for 1979. Woods Hole Oceanogr. Inst. Tech. Rep. WHOI-80-31, 270 p.

ANALYSES ET COMMENTAIRES

BIAS INHÉRENTS À L'ANALYSE DE L'ALIMENTATION DES POISSONS. CAS DE TROIS ESPÈCES D'ÉPINOCHES (GASTEROSTEIDAE)

G. WALSH¹ et G.J. FITZGERALD²

Département de biologie, Université Laval
Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

Résumé

Les méthodes numérique et gravimétrique, celles de l'occurrence et des pourcentages moyens ainsi que deux indices alimentaires ont été utilisées pour analyser les contenus stomacaux de l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), de l'épinoche tachetée (*G. wheatlandi*) et de l'épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*). Du point de vue des apports énergétiques, la méthode gravimétrique donne probablement une meilleure représentation de la diète des poissons dont les proies ont une grande étendue de tailles. Quand l'étendue de tailles des proies est plus faible, la méthode numérique, moins fastidieuse, est sans doute acceptable. Les indices alimentaires sont inappropriés; ils sont arbitraires, redondants et basés sur des postulats non vérifiables.

Abstract

The occurrence, numeric, gravimetric, mean percent methods and two food habits indices were used to analyse stomach contents of the three-spine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*), the black-spotted stickleback (*G. wheatlandi*) and the nine-spine stickleback (*Pungitius pungitius*). From the energetic supply point of view, the gravimetric method probably gives a more representative image of the diet of these fishes, which consume a large range of prey sizes. For fish species with a small range of prey sizes, a less tedious method such as the numeric method is probably adequate. The food habit indices are inadequate as they are arbitrary, redundant, and based on untestable suppositions.

Introduction

L'écologie trophique des poissons a fait l'objet de multiples études. Un poisson qui s'alimente avec plus de succès qu'un autre aura probablement une meilleure croissance et, par conséquent, un meilleur potentiel reproducteur (Lagler *et al.*, 1977). Ainsi, on suppose que la sélection naturelle favorisera les comportements alimentaires les plus avantageux pour les individus d'une population, dans des conditions environnementales données (Pyke *et al.*, 1977). De l'importance de l'alimentation des poissons a émergé la nécessité d'analyser quantitativement leur diète, ce qui a suscité le développement de plusieurs méthodes d'évaluation du régime alimentaire (voir les revues de

Hynes, 1950; Windell & Bowen, 1978; Berg, 1979; Hyslop, 1980). Bien que chacune des méthodes décrites présente des biais particuliers, il existe peu de critères pour déterminer quelle est la plus convenable.

Cet article compare les résultats obtenus, avec différentes méthodes d'analyse des contenus stomacaux, chez trois espèces de Gasterosteidae: l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), l'épinoche tachetée, (*G. wheatlandi*) et l'épinoche à neuf épines (*Pungitius pungitius*). Ces poissons ont été récoltés dans le cadre d'une étude sur le partage des ressources entre les trois espèces (Walsh & FitzGerald, sous presse). Les méthodes d'analyse utilisées sont la méthode d'occurrence, les méthodes numérique et gravimétrique (Hynes, 1950; Hyslop, 1980), la méthode des pourcentages moyens du poids des proies (Wallace, 1981) ainsi que deux indices alimentaires (George & Hadley, 1979; Pinkas *et al.*, 1971).

¹ Adresse actuelle: Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec G1K 7P4.

² Auteur à qui les demandes de tirés à part devront être adressées.

Matériel et méthodes

Les poissons ont été récoltés dans un marais salant, à l'Isle-Verte (Québec) sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent. Ce milieu a été décrit par Reed & Moisan (1971), tandis que la distribution spatiale et temporelle des épinoches dans le marais a été étudiée par Worgan & FitzGerald (1981a,b) et FitzGerald (1983).

PRÉLÈVEMENTS

Les poissons ont été capturés dans les marelles du marais à l'aide d'une seine, les 25 mai, 9 juin et 9 juillet 1981. Immédiatement après la capture, les spécimens étaient sacrifiés dans de l'alcool éthylique 99% et fixés dans du formol 10%. Aucune régurgitation n'a été observée. Au laboratoire, les spécimens ont été mesurés ($\pm 0,1$ cm) et pesés ($\pm 0,01$ g).

Les organismes contenus dans l'estomac ont été comptés et identifiés au niveau taxonomique le plus élevé possible. De plus, pour la majorité des types de proies, la longueur totale a été mesurée à la loupe binoculaire munie d'un micromètre oculaire. Les taxons non mesurés avaient une taille peu variable (v.g. les copépodes, ostracodes et gastéropodes). Par la suite, ces longueurs ont été converties en poids à l'aide de régressions longueur-poids établies pour chaque taxon. Les régressions furent déterminées en pesant ($\pm 0,1$ mg) pour chaque taxon des individus préalablement triés par classe de longueur.

Le préservatif infiltré dans les tissus des proies, de même que l'eau superficielle entourant ces proies, modifient considérablement leur poids, particulièrement lorsque les proies sont minuscules (Howmiller, 1972). Pour réduire ce biais, les proies ont été immergées dans l'eau pendant 0,5 h, afin d'éliminer le préservatif des tissus, et centrifugées à 650 rpm pendant 3 min pour éliminer l'eau superficielle (Howmiller, 1972), avant d'être pesées.

ERREURS D'ÉCHANTILLONNAGE

Plusieurs autres facteurs, le hasard de l'échantillonnage mis à part, peuvent entraîner des erreurs dans la détermination de la diète. Ainsi, les poissons doivent être prélevés et sacrifiés le plus rapidement possible de façon à ce que la digestion soit minimale entre le moment de la capture et celui de la fixation des contenus stomacaux. Lors de l'examen des estomacs, la grande majorité des proies étaient intactes, ce qui indique que la méthode a été efficace pour arrêter la digestion.

L'échantillonnage doit également tenir compte du rythme d'activité alimentaire des poissons. Il est donc préférable de capturer les poissons alors qu'ils s'alimentent activement. Worgan & FitzGerald (1981b) ont observé que les épinoches s'alimentaient surtout le matin. Par conséquent, dans cette étude, seuls les échantillons récoltés le matin ont été examinés.

Un autre facteur, difficilement quantifiable, est celui de la digestion différentielle des divers types de proies. Certaines proies sont digérées plus rapidement que d'autres, et séjournent donc moins longtemps dans les estomacs (v.g. Gannon, 1976). Il peut en résulter une sous-estimation de l'importance de ces proies dans le régime des poissons. Par ailleurs, le problème de la mastication des proies est une source d'erreur absente chez les Gasterosteidae. En effet, les proies retrouvées dans les estomacs des trois espèces n'étaient pas morcelées.

MÉTHODES D'ANALYSE

Méthode d'occurrence

Le nombre d'estomacs dans lesquels on retrouve une composante donnée est exprimé en pourcentage du nombre total de poissons examinés. Ainsi, une composante «x» se retrouvant dans la moitié des estomacs analysés aura un pourcentage d'occurrence de 50%, peu importe le nombre présent dans les estomacs.

Méthode numérique

Le nombre total des organismes d'une composante donnée est exprimé en pourcentage du nombre total d'organismes retrouvés dans les contenus stomacaux. Ainsi, si 1000 organismes d'une composante «x» ont été comptés sur un total de 2000 organismes dans un certain nombre d'estomacs, l'importance relative de cette composante dans la diète sera de 50%.

Méthode gravimétrique

Le poids total des proies d'un type donné est exprimé en pourcentage du poids de tous les organismes retrouvés dans tous les estomacs examinés. Ainsi, si les organismes d'une composante «x» pèsent 10 g par rapport à un total de 20 g pour l'ensemble des organismes, alors cette composante constitue 50% de la diète. Quoique le poids sec des proies puisse être utilisé, c'est le poids humide qui a servi dans cette étude. Cette méthode s'apparente à la méthode volumétrique où le volume des types de proies est mesuré plutôt que leur poids.

Méthode des pourcentages moyens du poids des proies

Le poids total de chaque type de proies dans chaque estomac est d'abord exprimé en pourcentage du poids total des proies dans l'estomac. La moyenne de ces pourcentages calculés pour tous les estomacs représente alors l'importance de chaque type de proies dans la diète. Ainsi, si la composante «x» constitue 90% du poids des proies du premier estomac examiné et 10% du deuxième, alors l'importance de cette composante dans le régime est de 50%.

Indices alimentaires

Plusieurs indices ont été mis au point dans le but d'éliminer les biais vers les petites ou les grosses proies que l'on rencontre avec les méthodes précédentes. La méthode des points de Hynes (1950) consiste à allouer aux différents types de proies une cote numérique variant selon la taille et le nombre relatif des proies dans l'estomac. Cependant, cette méthode est subjective et, pour cette raison, donne des résultats difficilement comparables d'une étude à l'autre. George & Hadley (1979) ont contourné ce problème en combinant la méthode d'occurrence et les méthodes numérique et volumétrique afin d'obtenir un indice d'importance relative (IRi). Ce dernier est calculé à partir d'un indice d'importance absolue (IAi):

$$IRi = 100 IAi / \sum IAi$$

où

$$IAi = (\% Ni + \% Oi) (\% Vi)$$

où % Ni = pourcentage des nombres de la composante i; % Oi = pourcentage d'occurrence de cette composante; et % Vi = pourcentage du volume de la composante i par rapport au volume total des proies. Ces auteurs ont suggéré qu'une telle intégration des trois méthodes compensait les biais inhérents à chacune d'elles. Pinkas *et al.* (1971) ont également utilisé un indice d'importance relative (IIRi):

$$IIRi = (\% Ni + \% Vi) (\% Oi)$$

Nous avons utilisé ces deux indices en substituant le poids au volume. D'autres indices ont été développés afin de quantifier la relation entre la disponibilité des proies dans le milieu et leur consommation (Ivlev, 1961; Strauss, 1979). Nous n'avons cependant pas utilisé de tels indices puisqu'il est maintenant admis qu'ils ne tiennent pas compte des mécanismes biologiques impliqués dans la sélection. En effet, la disponibilité des proies varie non seulement avec leur abondance, mais aussi avec l'interaction de plusieurs

facteurs, entre autres la taille des proies, leur microdistribution, le succès de capture et la vitesse de mouvement des proies (Griffiths, 1975).

Résultats et discussion

Les résultats obtenus par les méthodes d'occurrence et des pourcentages moyens ainsi que les méthodes numérique et gravimétrique sont présentés aux tableaux I, II et III pour *G. aculeatus*, *G. wheatlandi* et *P. pungitius*, respectivement. Les trois espèces consomment les mêmes types de proies mais en différentes proportions.

En nombre, les copépodes dominent en mai et en juin, particulièrement pour *G. wheatlandi*. Les autres types de proies semblent peu importants si l'on considère seulement la méthode d'occurrence et la méthode numérique. En juillet, *G. aculeatus* a consommé un grand nombre de gammares et de pupes de chironomides; *G. wheatlandi* et *P. pungitius*, des copépodes et des gammares, ces derniers étant plus importants chez *G. wheatlandi*.

Si l'on considère la méthode gravimétrique et des pourcentages moyens, les proies les plus importantes pour *G. aculeatus*, en mai et en juin, sont les œufs de Gasterosteidae, les gammares et les pupes de chironomides, tandis qu'en juillet les œufs sont beaucoup moins importants (tableau I).

Dans le cas de *G. wheatlandi*, les poids des copépodes et des œufs sont importants en mai, tandis qu'en juin les pupes de chironomides contribuent substantiellement au poids de nourriture ingérée. En juillet, les gammares et les pupes de chironomides dominent (tableau II).

La diète de *P. pungitius* est plus diversifiée (tableau III). En mai et en juin, cette espèce a consommé, en poids, surtout des Corixidae, des larves d'Ephydriidae, des larves et des pupes de Chironomidae et des œufs. En juillet, ce sont les pupes de chironomides et les gammares qui sont les plus importants.

Le tableau IV présente les résultats obtenus avec les deux indices alimentaires pour *G. aculeatus*. Quoique ces deux indices fassent ressortir les mêmes proies importantes que les deux méthodes précédentes, on peut constater que IR donne des valeurs plus élevées pour les grosses proies tandis que l'inverse se produit pour IIR.

Les différentes valeurs obtenues à l'aide des six méthodes utilisées semblent varier à cause de l'existence de petites (les copépodes) et de grosses proies (la majorité des autres proies). Si

TABLEAU I

Régime alimentaire des mâles et des femelles de *G. aculeatus* selon la méthode d'occurrence, les méthodes numérique et gravimétrique, et la méthode des pourcentages moyens du poids des proies

Composante	Occurrence		Numérique		Gravimétrique		% moyens du poids	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>25 mai</i>								
Copepoda	85,0	100,0	89,7	86,8	2,2	1,5	3,2	17,6
Ostracoda	5,0	4,2	T ¹	T	T	T	T	T
Oligochaeta					T			
Gastropoda		4,2		T		T		T
Corixidae	60,0	66,7	1,7	4,4	2,5	4,7	3,8	14,1
Ephyridae (larves)	15,0	16,7	T	T	T	1,8	1,3	8,5
Ceratopogonidae (pupes)		4,2		T		T		T
Chironomidae (larves)	5,0	16,7	T	1,0	T	10,2	T	4,9
Chironomidae (pupes)	45,0	33,3	T	T	13,1	4,9	20,1	11,5
Gammaridae	65,0	54,2	T	1,0	25,3	38,0	44,4	39,1
Gasterosteidae								
larves	5,0	4,2	T	T	3,8	T	2,4	T
œufs	55,0	4,2	6,0	6,1	52,0	38,5	24,2	3,2
Autres ²			T	T	T		T	
N ³	20	24	20	24	20	24	20	24
<i>9 juin</i>								
Copepoda	90,0	95,0	78,2	71,9	1,3	T	16,3	7,3
Ostracoda	25,0	35,0	1,2	1,5	T	T	T	5,9
Oligochaeta	5,0		T		T		T	
Gastropoda	15,0	5,0	T	T	1,5	T	2,1	3,4
Corixidae	65,0	65,0	6,7	4,1	6,5	1,9	6,1	12,3
Ephyridae (larves)	5,0		T		T		T	
Ceratopogonidae (pupes)	15,0	18,0	T	1,2	1,2	1,8	1,9	1,2
Chironomidae (larves)	15,0	45,0	T	8,5	5,2	49,1	7,4	26,9
Chironomidae (pupes)	35,0	40,0	2,5	2,1	22,5	9,3	16,3	12,2
Gammaridae	40,0	40,0	1,2	1,0	15,8	10,7	14,3	12,9
Gasterosteidae								
larves	15,0	20,0	T	T	5,3	1,0	10,9	T
œufs	35,0	45,0	6,4	8,7	40,0	24,4	18,6	17,2
Autres ²	20,0	20,0	T	T	2,7	T	4,7	T
N ³	20	20	20	20	20	20	20	20
<i>9 juillet</i>								
Copepoda	50,0	76,5	17,1	18,5	T	T	T	T
Ostracoda	14,0	11,8	1,2	T	T	T	T	T
Oligochaeta								
Gastropoda	7,0	5,9	T	T	T	T	T	T
Corixidae	50,0	41,2	10,9	7,3	4,1	2,7	4,2	10,3
Ephyridae (larves)	7,0	17,7	T	4,6	T	16,9	T	8,7
Ceratopogonidae (pupes)		11,8		T		T		T
Chironomidae (larves)		17,7		3,8		5,1		2,1
Chironomidae (pupes)	50,0	47,1	17,4	29,8	28,7	33,9	32,1	19,3
Gammaridae	78,6	88,2	50,4	31,4	64,3	38,6	60,3	56,1
Gasterosteidae								
larves	7,0	5,9	T		T		T	
œufs	14,0	11,8	1,2	2,4	1,2	1,7	2,1	2,0
Autres ²	7,0	17	T	T	T	T	T	T
N ³	14		14	17	14	17	14	17

¹ T représente des valeurs inférieures à 1%.

² Cette catégorie inclue les organismes très rares ou les organismes non identifiés.

³ N représente le nombre de poissons examinés.

TABLEAU II

Régime alimentaire des mâles et des femelles de *G. wheatlandi* selon la méthode d'occurrence, les méthodes numérique et gravimétrique, et la méthode des pourcentages moyens du poids des proies

Composante	Occurrence		Numérique		Gravimétrique		% moyens du poids	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>25 mai</i>								
Copepoda	100,0	100,0	99,3	99,9	37,2	80,9	45,2	84,1
Ostracoda	15,0		T ¹		T		T	
Oligochaeta								
Gastropoda	10,0		T		2,1		3,8	
Corixidae	40,0	5,3	T	T	6,5	T	15,6	T
Ephyridae (larves)	5,0	26,3	T	T	T	6,9	1,8	11,1
Ceratopogonidae (pupes)								
Chironomidae (larves)	5,0		T		4,7		2,5	
Chironomidae (pupes)	20,0		T		15,1		14,2	
Gammaridae	30,0		T		2,6		4,5	
Gasterosteidae								
larves								
œufs	20,0	10,5	T	T	28,7	12,4	9,5	4,7
Autres ²	5,0		T		2,4		2,7	
N ³	20	19	20	19	20	19	20	19
<i>9 juin</i>								
Copepoda	100,0	100,0	94,5	95,8	9,3	30,2	25,4	37,7
Ostracoda	35,0	55,0	2,6	1,6	4,4	8,7	10,0	9,3
Oligochaeta		75,0		1,9		10,3		12,3
Gastropoda	15,0	5,0	T	T	2,1	T	8,3	T
Corixidae	40,0	15,0	T	T	5,4	1,6	8,3	4,5
Ephyridae (larves)		10,0		T		1,6		1,4
Ceratopogonidae (pupes)		5,0		T		T		T
Chironomidae (larves)	5,0	35,0	T	T	2,4	11,2	1,5	7,2
Chironomidae (pupes)	45,0	40,0	T	T	50,2	13,8	32,4	12,0
Gammaridae	20,0	35,0	T	T	3,2	9,2	1,9	5,3
Gasterosteidae								
larves	10,0	20,0	T	T	3,6	3,7	6,0	3,4
œufs	15,0	10,0	T	T	19,4	3,9	6,1	2,8
Autres ²		10,0		T		4,9		3,1
N ³	20	20	20	20	20	20	20	20
<i>9 juillet</i>								
Copepoda	70,0	93,3	25,1	37,0	T	T	T	T
Ostracoda	15,0	20,0	2,6	3,0	T	T	T	T
Oligochaeta		33,3		16,0		1,9		7,9
Gastropoda								
Corixidae		6,7		T		T		T
Ephyridae (larves)								
Ceratopogonidae (pupes)	5,0	13,3	T	5,5	T	7,5	T	6,0
Chironomidae (larves)	5,0	20,0	T	1,5	1,4	1,5	T	1,9
Chironomidae (pupes)	40,0	60,0	13,2	13,5	39,1	53,4	24,7	50,4
Gammaridae	95,0	60,0	55,1	21,5	51,9	30,1	66,3	25,9
Gasterosteidae								
larves	5,0		T		T		T	
œufs	10,0	6,7	1,8	1,0	3,3	2,5	3,5	4,7
Autres ²	10,0	6,7	T	T	2,8	2,1	2,5	1,6
N ³	20	15	20	15	20	15	20	15

¹ T représente des valeurs inférieures à 1%. ² Cette catégorie inclue les organismes très rares ou les organismes non identifiés. ³ N représente le nombre de poissons examinés.

TABLEAU III

Régime alimentaire des mâles et des femelles de *P. pungitius*, selon la méthode d'occurrence, les méthodes numérique et gravimétrique, et la méthode des pourcentages moyens du poids des proies

Composante	Occurrence		Numérique		Gravimétrique		% moyens du poids	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>25 mai</i>								
Copepoda	100,0	100,0	73,5	91,4	1,3	8,5	7,8	22,7
Ostracoda	5,0	5,3	T ¹	T	T	T	T	T
Oligochaeta								
Gastropoda								
Corixidae	70,0	73,4	14,0	4,1	14,8	23,0	20,5	39,9
Ephyrididae (larves)	35,0	21,1	2,4	2,6	10,0	10,3	12,5	9,9
Ceratopogonidae (pupes)	15,0	10,5	2,1	T	7,0	1,5	4,7	T
Chironomidae (larves)	15,0	36,8	T	1,3	9,0	41,0	9,6	15,9
Chironomidae (pupes)	20,0	10,5	1,2	T	11,9	10,8	11,1	6,1
Gammaridae	20,0	10,5	T	T	4,5	1,1	4,9	1,1
Gasterosteidae								
larves	15,0	5,3	T	T	1,8	T	1,2	2,6
œufs	20,0	5,3	2,5	T	15,8	2,8	12,2	1,3
Autres ²	25,0	5,3	2,3	T	23,9	T	15,4	T
N ³	20	19	20	19	20	19	20	19
<i>9 juin</i>								
Copepoda	100,0	100,0	79,1	72,1	1,3	8,5	7,5	3,3
Ostracoda	10,5	42,1	T	1,8	T	T	T	1,0
Oligochaeta		63,2		9,4		4,3		8,8
Gastropoda	5,3	5,3	T	T	T	T	3,0	1,1
Corixidae	89,5	100,0	9,7	10,9	19,1	17,8	38,2	26,1
Ephyrididae (larves)	5,3	10,5	T	T	T	T	T	T
Ceratopogonidae (pupes)	21,1	5,3	1,0	T	6,2	3,2	3,2	1,7
Chironomidae (larves)	15,8	42,1	T	1,8	3,9	34,7	2,4	20,2
Chironomidae (pupes)	15,8	36,8	T	T	6,4	14,9	9,6	17,5
Gammaridae	63,2	36,8	6,0	T	24,6	2,2	21,9	2,9
Gasterosteidae								
larves	5,3	26,4	T	T	T	11,8	1,9	12,6
œufs	10,5	5,3	2,7	T	30,0	2,2	7,8	T
Autres ²	10,5	26,4	T	T	5,5	5,1	4,2	3,8
N ³	19	19	19	19	19	19	19	19
<i>9 juillet</i>								
Copepoda	68,4	73,7	41,6	47,9	T	T	T	T
Ostracoda	5,3	5,3	T	T	T	T	T	T
Oligochaeta	15,8	15,8	10,1	T	1,1	T	7,8	T
Gastropoda	5,3		T		T		T	
Corixidae	36,8	57,9	2,4	4,1	1,1	1,6	3,1	3,6
Ephyrididae (larves)		10,5		T		T		T
Ceratopogonidae (pupes)								
Chironomidae (larves)	5,3	10,5	T	T	T	2,4	T	3,5
Chironomidae (pupes)	15,8	31,6	5,7	15,0	20,3	49,0	13,3	25,0
Gammaridae	78,9	100,0	22,5	29,3	28,1	40,5	46,4	58,2
Gasterosteidae								
larves		5,3		T		T		T
œufs	21,1		9,7		21,9		12,5	
Autres ²	15,8	31,6	7,1	1,8	26,5	5,5	14,9	7,3
N ³	19	19	19	19	19	19	19	19

¹ T représente des valeurs inférieures à 1%.

² Cette catégorie inclut les organismes très rares ou les organismes non identifiés.

³ N représente le nombre de poissons examinés.

les épinoches ne consommaient pas de copépodes, il est probable que les différentes méthodes donneraient des résultats beaucoup plus similaires pour chaque groupe de poissons. En effet, le fait de consommer des proies qui ont relativement la même taille réduit de beaucoup les dissimilarités entre différentes méthodes d'analyse (Berg, 1979). Ainsi la validité de la méthode numérique est maximale dans le cas d'espèces planctivores. Dans le cas d'espèces omnivores comme les Gasterosteidae, la méthode d'occurrence et la méthode numérique donnent des résultats élevés pour les petites proies tandis que l'inverse se produit avec la méthode gravimétrique et celle des pourcentages moyens.

Quant aux indices alimentaires mis au point pour diminuer les biais à l'égard des grosses ou des petites proies, on constate leur insuccès: IR donne des valeurs élevées pour les grosses proies tandis que le contraire s'observe avec IIR. Le problème peut être posé ainsi: l'un de ces deux indices est-il biaisé alors que l'autre est représentatif ou les deux sont-ils biaisés? De plus, les biais varient vraisemblablement en fonction du type et de la taille des différentes composantes de la diète. Par exemple, les poissons avaient une diète moins diversifiée et consommaient moins de petites proies le 9 juillet; les deux indices ont alors donné des résultats très similaires (tableau IV). Par contre, le 25 mai, la diète était plus diversifiée et les copépodes plus importants. Les deux indices donnent alors des résultats passablement différents. Ces indices peuvent donc difficilement être utilisés lorsqu'il s'agit de comparer le régime alimentaire de plusieurs groupes de poissons. En outre, MacDonald & Green (1983) ont démontré qu'à cause de leur redondance, ces indices n'étaient pas vraiment utiles. D'autre part, il n'est pas certain que ces indices représentent vraiment l'importance relative des divers types de proies dans la diète, puisqu'ils sont basés sur des suppositions (Berg, 1979) et sont donc totalement arbitraires. Ainsi, la formule proposée par George & Hadley (1979) suppose que le biais à l'égard des grosses proies de la méthode volumétrique compense le biais à l'égard des petites proies de la méthode d'occurrence et de la méthode numérique. Les différences algébriques entre les formules de IR et IIR ainsi que les résultats obtenus montrent que la compensation recherchée peut difficilement provenir de telles suppositions.

Les résultats obtenus nous permettent donc de constater que non seulement les diverses méthodes donnent des résultats différents mais aussi que l'amplitude de ces différences varie avec la taille des organismes consommés. Le choix d'une

méthode d'analyse devrait donc se faire selon le but poursuivi (apport énergétique et croissance d'une population de prédateurs; impact de la prédation sur une population ou une communauté de proies; transfert d'énergie à travers une communauté; interaction de compétition) et selon les types de proies consommées. Une connaissance préalable des organismes consommés est donc nécessaire.

L'importance relative d'une composante de la diète peut être considérée sous deux critères, la quantité et la qualité des organismes consommés. Le premier se réfère au nombre d'organismes tandis que le deuxième a trait, entre autres, à «l'apport énergétique» des diverses composantes.

Nous utilisons ici l'expression «indice d'apport énergétique» puisque la quantité de calories par unité de poids varie selon les organismes et que la quantité d'énergie assimilée par un poisson varie également avec les types de proies puisque leur digestibilité est différente (v.g. présence de chitine ou d'une coquille calcaire).

Du point de vue du poisson consommateur, il est sans doute préférable de donner la priorité à l'apport énergétique des proies plutôt qu'à la quantité ingérée. La méthode gravimétrique, parce qu'elle mesure le poids des proies, donne sans doute une meilleure information sur l'apport énergétique. Quant à la méthode numérique, elle donne une fausse idée de l'importance des types de proies dans la diète des Gasterosteidae, si l'on s'en tient au critère de la qualité des proies. Par exemple, le 25 mai, les mâles *G. aculeatus* ont consommé 89,7% de copépodes par rapport au nombre total de proies mais seulement 6% d'œufs de Gasterosteidae (tableau I). Cette dernière composante représente probablement un apport d'énergie plus grand en dépit du faible nombre consommé, puisque sa contribution au poids total, qui est un indice de l'apport d'énergie, est de 52% par rapport à 2,2% pour les copépodes (tableau I).

La méthode des pourcentages moyens garde l'avantage de la méthode gravimétrique tout en tenant compte de la distribution contagieuse des proies d'un estomac à l'autre, puisqu'elle diminue l'importance des cas extrêmes. La différence entre ces deux méthodes réside donc dans le fait que la première réduit la variabilité des proies d'un estomac à l'autre. Il peut s'avérer que la méthode des pourcentages moyens soit préférable, par exemple, lorsque quelques individus ont des diètes qui divergent substantiellement de celles des autres du même échantillon, biaisant ainsi les résultats obtenus avec la méthode gravimétrique. Certains auteurs éliminent ces individus et se

TABLEAU IV

Régime alimentaire des mâles et des femelles de *G. aculeatus*. Les résultats des indices alimentaires IR (George & Hadley, 1979) et IIR (Pinkas *et al.*, 1971) sont présentés

Composante	IR		IIR		IR		IIR	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
	25 mai				9 juin			
Copepoda	6,4	8,0	57,3	92,7	5,3	1,9	62,1	56,1
Ostracoda	T ¹	T	T	T	T	T	T	T
Oligochaeta					T			
Gastropoda		T		T	T	T	T	T
Corixidae	2,6	9,6	1,8	5,0	11,4	2,6	7,4	3,1
Ephyridae (larves)	T	T	T	T	T		T	
Ceratopogonidae (pupes)		T		T	T	T	T	T
Chironomidae (larves)	T	5,2	T	1,5	2,0	51,9	T	20,5
Chironomidae (pupes)	10,0	4,8	4,6	1,5	20,5	7,7	7,6	3,6
Gammaridae	27,7	60,1	12,5	17,4	15,9	8,7	5,9	3,7
Gasterosteidae								
larves	T	T	T	T	2,0	T	T	T
œufs	52,7	11,4	23,4	1,5	40,3	25,9	14,1	11,8
Autres ²	T		T		T	T	T	T
N ³	20	19	20	19	20	19	20	19
	9 juillet							
Copepoda	T	T	6,5	12,3				
Ostracoda	T	T	1,3	T				
Oligochaeta								
Gastropoda	T	T	T	T				
Corixidae	2,4	1,7	5,7	3,6				
Ephyridae (larves)	T	4,8	T	3,3				
Ceratopogonidae (pupes)		T		T				
Chironomidae (larves)		1,4		1,4				
Chironomidae (pupes)	18,4	33,1	17,5	25,8				
Gammaridae	78,9	58,7	68,6	53,2				
Gasterosteidae								
larves	T		T					
œufs	T	T	T	T				
Autres ²	T	T	T	T				
N ³	19	19	19	19				

¹ T représente les valeurs inférieures à 1%.

² Cette catégorie inclue les organismes très rares ou les organismes non identifiés.

³ N représente le nombre de poissons examinés.

justifient par le fait que ces individus rendent les résultats non représentatifs. La méthode des pourcentages moyens permet d'éviter cette perte d'information. Par contre, lorsque le nombre d'échantillons est grand, ces cas extrêmes perdent de leur importance et, à ce moment, la méthode gravimétrique est sans doute plus convenable, puisque la variabilité des résultats n'est pas altérée comme c'est le cas avec la méthode des pourcentages moyens.

Des individus de truite mouchetée, *Salvelinus fontinalis*, et de truite fardée, *Salmo clarki*, auraient

tendance à se spécialiser dans différents types de proies (Bryan & Larkin, 1972). Que cette spécialisation individuelle soit répandue ou non, il n'en demeure pas moins que, si l'on désire étudier la diète d'une population et non des individus qui composent cette population, il vaut mieux tenir compte de la variabilité entre les individus. Cette dernière est non seulement fonction de la spécialisation possible des individus, mais aussi de la répartition des proies dans le milieu. La variabilité individuelle est donc un aspect intrinsèque de la diète de la population et la réduire résulterait sans doute en un biais dans sa quantification. La mé-

thode des pourcentages moyens, parce qu'elle élimine une partie de cette variabilité, ne devrait donc être utilisée que dans des cas particuliers.

Pour des raisons d'ordre pratique, la méthode gravimétrique est sans doute préférable à la méthode calorimétrique. Cette dernière consiste à déterminer la valeur énergétique des proies consommées ce qui, dans le contexte actuel, est le but recherché. Cette méthode est fastidieuse et de toute façon, on ignore quelle fraction de cette énergie est effectivement assimilée par les poissons. La faible quantité d'information additionnelle que procure cette méthode ne compense sans doute pas la quantité de temps supplémentaire qu'on doit y allouer, à moins que le but poursuivi par l'étude demande des mesures précises des apports d'énergie (v.g. dans des études sur le flux énergétique dans une communauté).

Du point de vue des apports énergétiques, la méthode idéale devrait tenir compte des coûts requis pour s'alimenter (ou d'un indice de ces coûts). Autrement dit, cette méthode ne quantifierait pas les apports d'énergie mais les apports nets d'énergie (ou un indice de ces apports). Par exemple, les copépodes doivent être consommés en grand nombre pour rapporter autant d'énergie qu'un gammare d'une taille donnée. Par contre, l'énergie dépensée pour capturer et digérer ces copépodes est sans doute plus faible que pour les gammares, plus rares et plus difficiles à capturer. Cette méthode constituerait une mesure absolue de l'importance des divers types de proies dans l'écologie trophique d'une population de prédateurs. Malheureusement, les connaissances actuelles ne permettent pas d'appliquer cette méthode, quoique des progrès évidents aient été réalisés dans le cadre de la théorie de l'alimentation optimale (v.g. Werner, 1979).

Remerciements

Nous tenons à remercier MM. Edwin Bourget, Julian Dodson, Pierre Magnan, Guy Moreau et Howard Powles pour les précieuses critiques qu'ils ont apportées à ce manuscrit. Cette étude a été soutenue financièrement par une subvention du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (C.R.S.N.G.) à G.J. Fitzgerald.

Références

- BERG, J., 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). — *Mar. Biol.*, 50: 263-273.
- BRYAN, J.E. & P.A. LARKIN, 1972. Food specialization by individual trout. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 29: 1615-1624.
- FITZGERALD, G.J., 1983. The reproductive ecology and behavior of three sympatric sticklebacks (Gasterosteidae) in a saltmarsh. — *Biol. Behav.*, 8: 67-79.
- GANNON, J.E., 1976. The effects of differential digestion rates of zooplankton by alewife, *Alosa pseudoharengus*, on determinations of selective feeding. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 105: 89-95.
- GEORGE, E.L. & W.F. HADLEY, 1979. Food and habitat partitioning between rock bass (*Ambloplites rupestris*) and smallmouth (*Micropterus dolomieu*) young of the year. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 108: 253-261.
- GRIFFITHS, D., 1975. Prey availability and the food of predators. — *Ecology*, 56: 1209-1214.
- HOWMILLER, R.P., 1972. Effects of preservatives on weights of some common macrobenthic invertebrates. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 101: 743-746.
- HYNES, H.B.N., 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. — *J. Anim. Ecol.*, 19: 36-58.
- HYSLOP, E.S., 1980. Stomach content analysis — a review of methods and their application. — *J. Fish. Biol.*, 17: 411-429.
- IVLEV, V.S., 1961. Experimental ecology of the feeding of fishes. [Translated from Russian by D. Scott]. — Yale Univ. Press, New Haven, Connecticut, 302 p.
- LAGLER, K.F., J.E. BARDACH, R.R. MILLER & D.R. MAY PASSINO, 1977. Ichthyology. — John Wiley & Sons, New York, 506 p.
- MacDONALD, J.S. & R.H. GREEN, 1983. Redundancy of variables used to describe importance of prey species in fish diets. — *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40: 635-637.
- PINKAS, S., M.S. OLIPHANT & I.L.K. IVERSON, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and binito in California water. — *Calif. Fish and Game, Fish. Bull.*, 152: 1-105.
- PYKE, G.H., H.R. PULLIAM & E.L. CHARNOV, 1977. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. — *Q. Rev. Biol.*, 52: 137-154.
- REED, A. & G. MOISAN, 1971. The *Spartina* tidal marshes of the St. Lawrence estuary and their importance to aquatic birds. — *Naturaliste can.*, 98: 905-922.
- STRAUSS, R.E., 1979. Reliability estimates for Ivlev's electivity index, the forage ratio and a proposed linear index of food selection. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 108: 344-352.
- WALLACE, R.K., 1981. An assessment of diet-overlap indexes. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 72-76.
- WALSH, G. & G.J. FITZGERALD (sous presse). Resource utilization and coexistence of three species of sticklebacks (Gasterosteidae) in tidal salt marsh pools. — *J. Fish. Biol.*
- WERNER, E.E., 1979. Niche partitioning by food sizes in fish communities. — Pages 311-322 in R.H. Stroud & H. Clepper (ed.). Predator-prey systems in fisheries management. Sport Fishing Institute, Washington, D.C., 564 p.

- WINDELL, J.T. & S.H. BOWEN, 1978. Methods for study of fish diets based on analysis of stomach contents. — Pages 219-226 in T. Bagenal (ed.). Methods for assessment of fish production in fresh waters. Blackwell Scientific Publ., Oxford, 356 p.
- WORGAN, J.P. & G.J. FITZGERALD, 1981a. Habitat segregation in a salt marsh among adult sticklebacks (Gasterosteidae). — Environ. Biol. Fishes, 6: 105-109.
- WORGAN, J.P. & G.J. FITZGERALD, 1981b. Diel activity and diet of three sympatric sticklebacks in tidal salt marsh pools. — Can. J. Zool., 59: 2375-2379.

COMMUNICATIONS BRÈVES

FRÉQUENCE ET DISTRIBUTION DU VER DES MÉNINGES (*PARELAPHOSTRONGYLUS TENUIS*) CHEZ LE CERF DE VIRGINIE DE L'EST DU QUÉBEC

R. CLAVEAU

Laboratoire de pathologie animale
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
337 rue Moreault
Rimouski, Québec
G5L 1P4

et

J.-P. FILLION

602, 2^e Rue
Rimouski, Québec
G5L 1K7

Résumé

À l'examen de 93 cerfs de Virginie échantillonnés dans l'est du Québec (Bas-Saint-Laurent et Gaspésie), nous avons trouvé de un à six vers des méninges adultes chez 36 spécimens, soit 38,7%. En ne tenant pas compte des veaux, le pourcentage d'infestation s'établit à 46,5%. Le taux est semblable chez les mâles et les femelles.

Abstract

Ninety-three white-tailed deers of eastern Québec (Bas-St-Laurent and Gaspésie) have been examined for the presence of meningeal worms. From 1 to 6 adult parasites were found in 36 animals (38.7%). The rating rises to 46.5% in adult deers only. The infestation in male and female is the same.

Introduction

Le ver des méninges (*Parelaphostrongylus tenuis*) a reçu assez récemment la considération nécessaire à la compréhension de son rôle dans l'écologie des cervidés de l'est de l'Amérique du Nord. En 1945, il fut décrit pour la première fois chez un cerf de Virginie de l'État de New-York (Dougherty, 1945). Puis, grâce à de nombreux travaux, on a fini par connaître son cycle vital et les conséquences de son parasitisme, non seulement chez le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) mais également chez le caribou (*Rangifer tarandus*) et l'orignal (*Alces alces americana*).

Le cycle vital de *P. tenuis* passe par un gastéropode terrestre; lors d'ingestions accidentelles

par un cervidé, les larves sont libérées et infestent ce dernier. Pour en savoir davantage sur le cycle vital de *P. tenuis*, le lecteur aurait avantage à consulter le travail d'Anderson & Lankester publié en 1974.

Le cerf de Virginie supporte bien la présence du ver des méninges (Anderson, 1972), et des signes neurologiques y sont rarement observés (Anderson & Strelive, 1967; Gilbert, 1973; Smith *et al.*, 1964; Smith & Archibald, 1967). Il n'en est pas de même chez l'orignal qui, lui, est très affecté par le ver. Ce dernier peut provoquer divers troubles chez l'animal (Smith *et al.*, 1964; Smith & Archibald, 1967), de la paralysie à la cécité, voire même la mort (Anderson & Lankester, 1974). Le ver des méninges est très pathogène pour le caribou (Anderson, 1971, 1972; Trainer, 1973).

Enfin en maintes occasions, on a constaté une nette régression des populations d'orignal et de caribou lorsqu'elles entraient en contact plus ou moins étroit avec celles de cerfs de Virginie (Anderson, 1971, 1972; Anderson & Lankester, 1974; Anderson & Strelive, 1967; Gilbert, 1974; Karns, 1967; Smith *et al.*, 1964; Smith & Archibald, 1967; Trainer, 1973). La diminution du caribou de la Gaspésie est probablement attribuable en partie au ver des méninges transmis par le chevreuil.

La distribution et l'incidence de *P. tenuis* ont été étudiées dans diverses régions de l'Amérique du Nord, notamment en Ontario (Anderson, 1963), dans les Maritimes (Trainer, 1973), au Maine (Behrend & Witter, 1968; Gilbert, 1973) et au Minnesota (Karns, 1967). Au Québec, une étude de la distribution des larves du ver des méninges a été réalisée en 1971 à partir d'analyses de crottins (Bindernagel & Anderson, 1972a). Le présent article analyse la fréquence et la distribution du stade adulte *P. tenuis* chez le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie.

Matériel et méthode

Quatre-vingt-treize crânes de cerfs de Virginie ont été examinés en rapport avec *P. tenuis* entre 1976 et 1982, mais principalement en 1977 (41), en 1978 (20) et en 1979 (23). Le crâne était ouvert en deux parties, longitudinalement sur la ligne médiane, à l'aide d'une scie à viande manuelle. L'examen macroscopique de la surface du cerveau et de l'intérieur de la boîte crânienne était fait minutieusement. Pour chaque animal, on notait l'âge (veau ou adulte), le sexe ainsi que la date, la cause probable et l'endroit de la mort.

Résultats et discussion

Le tableau I présente la fréquence de *P. tenuis* chez les cerfs examinés. La récolte est bien ré-

partie entre les deux sexes. La répartition de la récolte est également assez uniforme dans le territoire à l'étude, si l'on excepte les nombres un peu plus élevés du ravage de la rivière Sainte-Anne, non loin de Sainte-Anne-des-Monts (fig. 1).

Des taux presque identiques de parasitisme se retrouvent chez les mâles et femelles. On a trouvé de 1 à 6 vers des méninges (1,8 ver/cerf) chez 36 des 93 cerfs examinés, pour un taux d'infestation de 38,7%. Ce taux passe à 46,5% lorsqu'on ne tient compte que des adultes (tableau I). Les causes de mortalité qui nous ont été rapportées sont, par ordre d'importance pour les cerfs examinés, le braconnage (27%), la prédation (24%), les accidents routiers (16%), la chasse (10%) et d'autres causes diverses (23%).

Le taux de parasitisme dans une population de cerfs de Virginie peut varier selon plusieurs facteurs endogènes [l'âge (Anderson, 1963; Karns, 1967), le sexe (Behrend & Witter, 1968; Gilbert, 1973), la condition physique] et exogènes [la saison (Behrend & Witter, 1968), l'habitat (Kearney & Gilbert, 1978), la densité des hôtes intermédiaires (Gilbert, 1973)].

Les veaux non sevrés ne s'alimentent pas au sol et sont à l'abri des ingestions accidentelles de gastéropodes infestés. L'infestation est cependant possible dès le sevrage (Anderson, 1972). Nos résultats indiquent une fréquence moyenne de *P. tenuis* de 13,6% chez les veaux. C'est près de quatre fois moins que pour les adultes.

Certaines différences ont été observées entre mâles et femelles dans la fréquence du parasite (Behrend & Witter, 1968; Gilbert, 1973); les femelles, surtout suitées, se tiennent davantage dans les forêts humides où abondent les gastéropodes intermédiaires de *P. tenuis* (Kearney & Gilbert, 1978), d'où des risques plus élevés d'ingestion accidentelle du gastéropode porteur du parasite. Ce phénomène est absent de nos

TABLEAU I

Fréquence de *Parelaphostrongylus tenuis* chez le cerf de Virginie de l'est du Québec selon le sexe et l'âge

	Nombre examiné et (%)	Nombre parasité	% parasité
Mâles	52 (55,9)	20	38,4
Femelles	41 (44,1)	16	29,1
Veaux	22 (23,7)	3	13,6
Adultes	71 (76,3)	33	46,5
Total	93 (100)	36	38,7

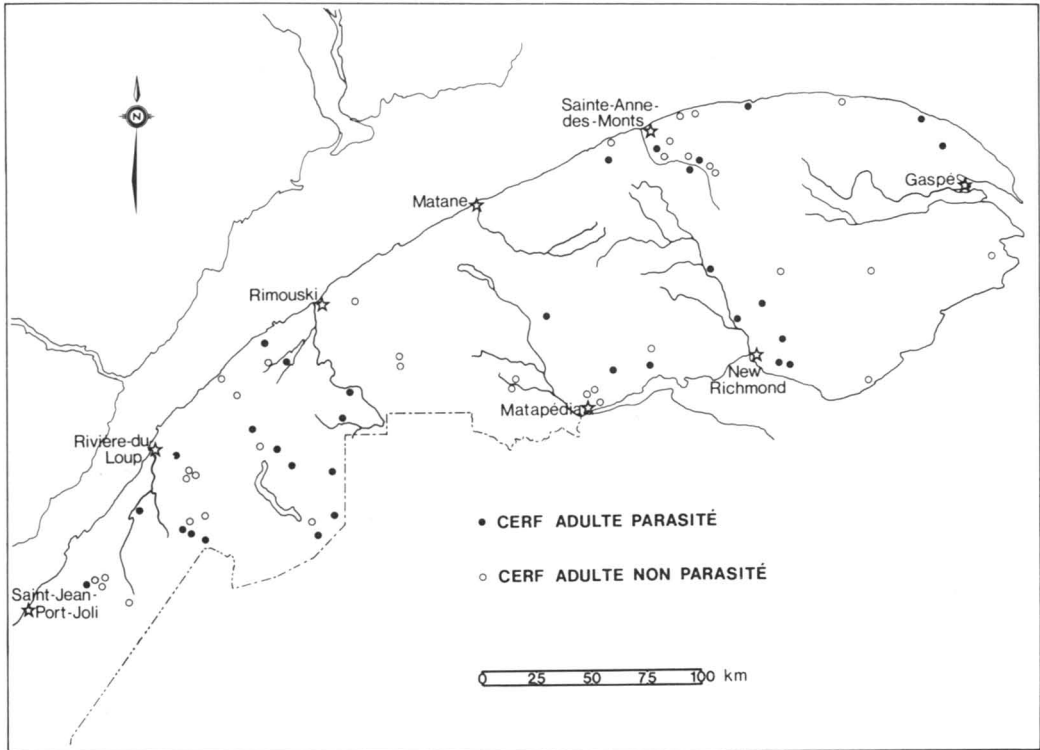


Figure 1. Échantillonnage et distribution du ver des méninges chez le cerf de Virginie adulte, dans l'est du Québec.

résultats, le taux de parasitisme étant semblable dans les deux sexes.

Nos résultats nous indiquent une incidence de 38,7% de *P. tenuis* chez le chevreuil de l'est du Québec. Considérant cependant que la présence de veaux dans l'échantillonnage cause une sous-estimation, nous préférons alors n'utiliser que les cerfs adultes dans l'estimation plus réelle du parasitisme qui passe ainsi à 46,5% (tableau I). Ce pourcentage est pourtant un minimum. Autant la découverte d'un ver des méninges chez un cerf en fait un cas positif assuré, autant le contraire n'en fait pas un cas négatif certain, car le ver peut se retrouver dans d'autres parties du corps que la tête (Anderson, 1963; Anderson & Lankester, 1974).

En 1971, des taux de parasitisme de 63% avaient été déterminés au Québec (Bindernagel & Anderson, 1972a, 1972b) et, plus particulièrement, de 58% dans l'est du Québec (Huot, 1972). Ces pourcentages ayant été établis par une étude des larves de *P. tenuis* contenues dans des échantillons de crottins, nous préférons donc leur attribuer une valeur indicatrice. Les larves de *P. tenuis* peuvent en effet être confondues avec celles

de deux autres vers du poumon du chevreuil. Il est néanmoins vraisemblable que la valeur obtenue dans nos résultats soit un minimum et que le taux réel d'incidence de *P. tenuis* chez le cerf de Virginie de l'est du Québec soit sûrement plus élevé.

Remerciements

Nous remercions les agents du Service de la conservation de la faune du Québec, région Bas-Saint-Laurent / Gaspésie, qui nous ont apporté les spécimens de cerfs de même que les coordonnées.

Références

- ANDERSON, R.C., 1963. The incidence, development, and experimental transmission of *Pneumostrongylus tenuis* (Dougherty) (Metastrongyloidea: Protostrongyloidea) of the meninges of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus borealis*) in Ontario. — *Can. J. Zool.*, 41: 775-792.
- ANDERSON, R.C., 1971. Neurologic disease in reindeer (*Rangifer tarandus tarandus*) introduced in Ontario. — *Can. J. Zool.*, 49: 159-166.

- ANDERSON, R.C., 1972. The ecological relationships of meningeal worm and native cervids in North America. — *J. Wildl. Dis.*, 8: 304-310.
- ANDERSON, R.C. & M.W. LANKESTER, 1974. Infectious and parasitic diseases and arthropods pests of moose in North America. — *Naturaliste can.*, 101: 23-50.
- ANDERSON, R.C. & V.R. STRELIVE, 1967. The experimental transmission of *Pneumostrongylus tenuis* to caribou (*Rangifer tarandus terraenovae*). — *Can. J. Zool.*, 46: 503-510.
- BEHREND, D.F. & J.F. WITTER, 1968. *Pneumostrongylus tenuis* in white-tailed deer in Maine. — *J. Wildl. Mgmt*, 32: 963-966.
- BINDERNAGEL, J.A. & R.C. ANDERSON, 1972a. Distribution of the meningeal worm in white-tailed deer in Canada. — *J. Wildl. Mgmt*, 36: 1349-1353.
- BINDERNAGEL, J.A. & R.C. ANDERSON, 1972b. Newer aspects of the problem of meningeal worm (*Pneumostrongylus tenuis*) in North America: distribution in white-tailed deer and moose. — 8th N. Am. Moose Conf. and Workshop., Thunder Bay, Ontario.
- DOUGHERTY, E.C., 1945. The nematode lungworms (suborder Strongylina) of North American deer of the genus *Odocoileus*. — *Parasitology*, 36: 199-208.
- GILBERT, F.F., 1973. *Parelaphostrongylus tenuis* (Dougherty) in Maine: I. The parasite in white-tailed deer (*Odocoileus virginianus* Zimmerman). — *J. Wildl., Mgmt*, 9: 136-143.
- GILBERT, F.F., 1974. *Parelaphostrongylus tenuis* in Maine: II. Prevalence in moose. — *J. Wildl. Mgmt*, 38: 42-46.
- HUOT, J., 1972. Présence de *Pneumostrongylus* chez le chevreuil du Québec. — *Mémoire Min. Tourisme, Chasse Pêche du Québec*, 7 p.
- KARNS, P.D., 1967. *Pneumostrongylus tenuis* in deer in Minnesota and implications for moose. — *J. Wildl. Mgmt*, 31: 299-303.
- KEARNEY, S.R. & F.F. GILBERT, 1978. Terrestrial gastropods from the Himsworth game preserve, Ontario, and their significance in *Parelaphostrongylus tenuis* transmission. — *Can. J. Zool.*, 56: 688-694.
- SMITH, H.J. & R.M. ARCHIBALD, 1967. Moose sickness, a neurological disease of moose infected with the common cervine parasite, *Elaphostrongylus tenuis*. — *Can. Vet. J.*, 8: 173-177.
- SMITH, H.J., R.M. ARCHIBALD & A.H. CORNER, 1964. *Elaphostrongylosis* in maritime moose and deer. — *Can. Vet. J.*, 5: 287-296.
- TRAINER, D.O., 1973. Caribou mortality due to meningeal worm (*Parelaphostrongylus tenuis*). — *J. Wildl. Dis.*, 9: 376-378.

NOUVELLES STATIONS DU *BARBAREA STRICTA* ANDRZ. AU QUÉBEC

J. CAYOUILLE

Département de phytologie et
Herbier Louis-Marie

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Quelques stations nouvelles du *Barbarea stricta* Andrz. sont signalées au Québec, où cette crucifère introduite rare semble maintenant naturalisée. Certains caractères morphologiques servant à distinguer le *B. stricta* du *B. orthoceras* Ledeb. et du *B. vulgaris* R.Br. sont également présentés.

Abstract

New stations of *Barbarea stricta* Andrz. are reported from Québec, where this rare alien now appears to be naturalized. Some morphological characters distinguishing *B. stricta* from *B. orthoceras* Ledeb. and *B. vulgaris* R.Br. are presented.

Mulligan (1978) a signalé le *Barbarea stricta* pour la première fois au Québec à partir de deux récoltes de Hanson effectuées à la Grosse Île, en 1944. Depuis ce temps, cette crucifère n'a pas été récoltée à la Grosse Île, ni signalée ailleurs au Québec.

Deux récoltes de *B. stricta* furent faites à l'île aux Grues, dont la dernière en 1979. Cette dernière colonie était composée de quatre ou cinq individus. Les spécimens récoltés portent les indications suivantes:

Comté de Montmagny: île aux Grues, près du chemin, 27 juin 1962, J. Cayouille 450 (QUE) [sub nom. *B. orthoceras*]. Eodem, entre la pointe à la Baratte et le cap à Lisette, 47°03'25"N.-70°33'30"O., au bord de la route, près du quai qui la borde, 6 juillet 1979, J. Cayouille J79-107 (QFA, DAO) [Stet! G.A. Mulligan 1983].

La redécouverte du *B. stricta* dans l'archipel de Montmagny plusieurs années après la récolte de Hanson montre que l'espèce s'y est quelque peu dispersée et qu'elle y est probablement naturalisée. Des herborisations minutieuses dans toutes les îles de l'archipel donneraient probablement une meilleure idée de son expansion.

Des recherches entreprises dans les principaux herbiers du Québec (MT, SFS, QUE) ont permis de localiser d'autres récoltes de *B. stricta* au Québec (fig. 1). Ces spécimens avaient été identifiés à l'espèce introduite commune *B. vulgaris* ou à l'espèce indigène *B. orthoceras*.

Comté d'Abitibi Est: Val d'Or, 2 miles north at L. Blouin, sandy lakeshore, July 8, 1952, W.K.W. Baldwin and A.J. Breitung 3043 (MT) [sub nom. *B. orthoceras*]. — Comté de Québec: Sainte-Foy, bord du chemin, sur gravier, 18 juillet 1956, J.-P. Laplante 10-568 (QUE) [sub nom. *B. vulgaris*]. — Comté de Chicoutimi: canton Harvey, Cap Jaseux, prairie en bordure du Saguenay, 2 juillet 1960, J. Boulva et S. Brisson 6060 (SFS) [sub nom. *B. orthoceras*]. Eodem, Cap Jaseux, baie des Pins, grève gravelleuse et sablonneuse entre la route et la pointe aux Roches, 14 juillet 1967, S. Brisson 67188b (SFS) [sub nom. *B. orthoceras*]. — Comté de Nicolet: Bécancour, lac Saint-Paul, circa 46°18'30"N.-72°28'30"O., champ humide, pâturage, 18 juin 1976, G. Houle 76-550 (MT) [sub nom. *B. vulgaris*]. Eodem, champ abandonné, humide, 15 juillet 1976, G. Houle 76-702 (MT) [sub nom. *B. vulgaris*].

Mulligan (1978) a donné les principales différences qui séparent le *B. stricta* des trois autres taxons affins du Québec: *B. orthoceras*, *B. vulgaris* var. *vulgaris* et *B. vulgaris* var. *arcuata* (Opiz ex J. & C. Presl) Reichenb. D'autres caractères tirés du «Flora of the British Isles» de Clapham et al. (1962) et portant sur les feuilles des rosettes, ont été mesurés sur des spécimens du Québec et ont permis de préciser les principales différences entre ces taxons (tableau I). Le *B. stricta* ressemble surtout au *B. orthoceras*, comme l'a déjà mentionné Hultén (1971), mais il s'en distingue par ses feuilles supérieures dentées et la pubescence du bourgeon floral (tableau I). Pour sa part, Scoggan (1978) ne le sépare pas du *B. orthoceras*.

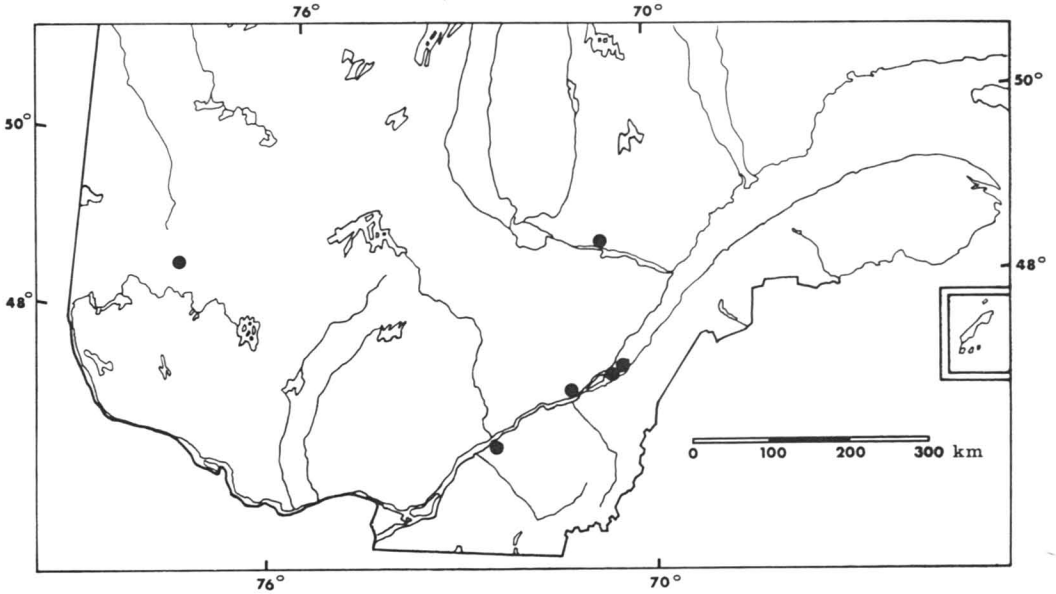


Figure 1. Répartition de *Barbarea stricta* Andr. au Québec.

La récolte de Sainte-Foy (*Laplante 10-568*) a des styles plus grands (de 1,4 à 1,8 mm) que ceux des autres récoltes de *B. stricta* du Québec (de 0,8 à 1,3 mm). Ces mesures, inférieures à 2 mm, ne correspondent généralement pas à celles du *B. vulgaris* var. *vulgaris* avec lequel on pourrait le confondre (tableau I).

Cette crucifère demeure encore rare ou méconnue en Amérique du Nord. Rollins (1981), par exemple, ne la mentionne pas dans son énumération des crucifères nuisibles d'Amérique du Nord.

TABLEAU I

Principales différences morphologiques entre *Barbarea stricta*, *B. orthoceras*, *B. vulgaris* var. *vulgaris* et *B. vulgaris* var. *arcuata*

	<i>B. stricta</i>	<i>B. orthoceras</i>	<i>B. vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i>	<i>B. vulgaris</i> var. <i>arcuata</i>
Siliques: Port	fortement apprimé	ascendant à apprimé	fortement ascendant à apprimé	étalé à ascendant
Longueur du style (mm)	0,8-1,3 (1,4-1,8)	0,7-1,5	1,8-3,0	1,5-2,5
Bourgeon floral: Pubescence	longs cils à l'apex dentées	glabre	glabre	glabre
Feuilles supérieures: Découpe		lobées ou pinnatifides	dentées	dentées ou lobées
Feuilles de la rosette:				
Forme de la base du lobe terminal	surtout arrondi	surtout arrondi	surtout cordée	surtout cordée
Rapport de la longueur du lobe terminal sur la longueur totale de la feuille	± 1/2	1/3-1/2	1/5-1/3	1/4-1/3
Nombre de lobes latéraux	2-4	0-4	3-5	3-8
Rapport de la largeur de la paire adjacente au lobe terminal sur la largeur du lobe terminal	beaucoup plus étroite	beaucoup plus étroite	égale ou plus étroite	égale ou plus large (parfois plus étroite)

Remerciements

Je remercie Gerald A. Mulligan de l'Institut de recherches biosystématiques, Ottawa, qui a vérifié l'identification d'une des récoltes de *B. stricta* de l'île aux Grues. Merci également à Stuart G. Hay de l'Herbier Marie-Victorin pour m'avoir signalé des récoltes de *B. stricta*, à Richard Cayouette pour avoir vérifié des identifications et aux conservateurs des herbiers précités pour le prêt des spécimens. Pierre Morisset et Robert Gauthier ont lu et commenté une première version du manuscrit.

Références

- CLAPHAM, A.R., T.G. TUTIN & E.F. WARBURG, 1962. Flora of the British Isles, 2nd ed. — Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1269 p.
- HULTÉN, E., 1971. The circumpolar plants. II. Dicotyledons. — Almqvist & Wiksell, Stockholm, 463 p.
- MULLIGAN, G.A., 1978. *Barbarea stricta* Andrz., a new introduction to Québec. — Naturaliste can., 105: 297-298.
- ROLLINS, R.C., 1981. Weeds of the Cruciferae (Brassicaceae) in North America. — J. Arnold Arbor., 62: 517-540.
- SCOGGAN, H.J., 1978. The flora of Canada. Part 3. Dicotyledoneae (Saururaceae to Violaceae). — Natn. Mus. nat. Sci. Publ. Bot., n° 7, p. 547-1115.

PREMIÈRE MENTION AU QUÉBEC DE L'ÉCREVISSE *ORCONECTES LIMOSUS* (RAFINESQUE)

R. COUTURE

Département de chimie-biologie
Université du Québec à Trois-Rivières
C.P. 500, Trois-Rivières (Québec) G9A 5H7

et

R. SAVIGNAC

GDG Environnement Mauricie Inc.
C.P. 184, Trois-Rivières (Québec) G9A 5G1

Résumé

L'écrevisse *Orconectes limosus* (Rafinesque) a été récoltée dans le lac Saint-Pierre et dans le fleuve Saint-Laurent, de Sorel à Québec. Il s'agit d'une première mention de cette espèce d'écrevisse pour le Québec.

Abstract

Orconectes limosus (Rafinesque) is now known to occur in Lake Saint-Pierre and in the St. Lawrence River, from Sorel to Québec city. It is the first mention of this species of crayfish for Québec.

La présence d'*Orconectes limosus* dans le lac Saint-Pierre (46°05'N. et 72°53'O.) et dans le fleuve Saint-Laurent en aval de Trois-Rivières, constitue à la fois une nouvelle mention pour le Québec et une extension d'aire importante pour cette espèce. Les individus observés au cours de l'été et de l'automne 1982 provenaient des verveux des pêcheurs commerciaux opérant dans la partie sud-ouest du lac, dans la baie de Mas-kinongé et à la Pointe-au-Foin. Les verveux étaient mouillés entre 0,6 et 2,0 m de profondeur. La flore de ce milieu est représentée par le groupement à *Vallisneria americana* Michx (Tessier et al., 1981).

L'identification a été confirmée par D.H. Stansbery de Ohio State University Museum of Zoology. Treize spécimens ont été déposés à ce musée (4 mâles forme I, 4 mâles forme II et 5 femelles). Les numéros de collection sont: OSUM-1982-168 et OSUM-1982-171.

L'aire de répartition d'*O. limosus* correspond à la plaine côtière atlantique, de la Virginie au Maine (Hobbs, 1959). Crocker (1957), dans son travail sur les écrevisses de l'État de New York, mentionne son absence dans la moitié nord du

bassin de la rivière Hudson. Par la suite, *O. limosus* aurait progressé vers le nord et Bell (*in* Crocker, 1979) souligne sa présence dans les baies peu profondes du lac Champlain. Crocker (1979) suppose sa présence dans le bassin du lac Champlain. L'invasion du bassin du fleuve Saint-Laurent, via le lac Champlain et la rivière Richelieu, par *O. limosus* est plausible.

En 1982, *O. limosus* représentait 84% des captures, soit 1149 individus de cette espèce pour 219 de l'espèce *Orconectes virilis* (Hagen). Selon Crocker & Barr (1968), cette espèce est absente dans le bassin du fleuve Saint-Laurent. L'échantillonnage réalisé par Lamy (1978) dans la région de Bécancour entre 1973 et 1976 n'a rapporté que deux espèces, *Cambarus bartoni* (Fab.) et *O. virilis*. Les pêcheurs commerciaux du lac Saint-Pierre interrogés nous ont fait part qu'ils capturaient de plus en plus d'écrevisses depuis quelques années.

Il semble qu'*O. limosus* et *O. virilis* ne puissent coexister (Aiken, 1965). Schwartz et al. (1963) mentionne qu'après son introduction au Maryland, l'expansion d'*O. virilis* s'est faite au détriment d'*O. limosus* et de *C. bartoni*. Par contre, le lac Saint-

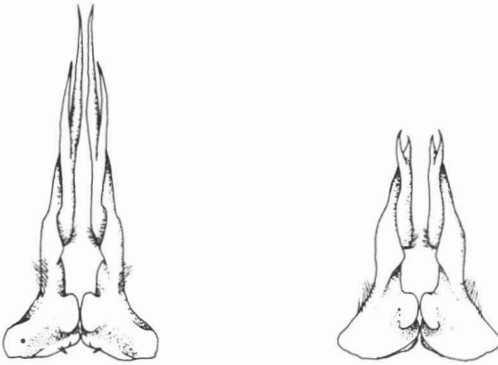


Figure 1. Stylets copulateurs des mâles de la forme I.—Droite: *O. limosus*. Gauche: *O. virilis*.

Pierre semble offrir un habitat plus propice à *O. limosus* (eaux calmes et fonds vaseux) qu'à *O. virilis* (eaux plus vives et fonds rocheux). Cependant, en raison de la courte période d'observation, il est difficile de prévoir si *O. limosus* délogera *O. virilis*. Pour l'instant, les deux semblent occuper le même habitat. Mentionnons qu'*O. limosus* a été introduite en Allemagne et en France au début du siècle (Nadaud, 1968) où elle est connue sous le nom d'écrevisse américaine.

La monographie de Crocker & Barr (1968) permet d'identifier trois des espèces connues au Québec, soit *O. propinquus* (Girard), *O. virilis* et *C. bartoni*. Hobbs (1972) donne une clef permettant d'identifier les espèces du genre *Orconectes* de l'Amérique du Nord. Cette clef, comme presque toutes les clefs d'identification des écrevisses, est basée sur la forme des stylets copulateurs des mâles de la forme I. L'identification des mâles de la forme II et des femelles se fait en comparant leur anatomie générale à celle des mâles adultes dûment identifiés.

La clef suivante est adaptée de Hobbs (1972) et peut servir à distinguer *O. limosus* et *O. virilis*.

La longueur de la projection centrale du premier pléopode (stylet copulateur) est moins de $\frac{1}{4}$ de la longueur totale de l'appendice (fig. 1, à droite) *O. limosus*

La longueur de la projection centrale du premier pléopode est plus de $\frac{1}{4}$ de la longueur totale de l'appendice (fig. 1, à gauche) *O. virilis*

L'addition d'*O. limosus* à la faune des Astacidae du Québec est un ajout important. Il est malheureux que la période exacte de son introduction dans les eaux du fleuve Saint-Laurent ne puisse être précisée. L'étendue de sa répartition permet de croire qu'elle est ici depuis plusieurs années. Qu'elle soit passée inaperçue jusqu'à présent indique la pauvreté de nos connaissances sur ce groupe d'invertébrés.

Remerciements

Nous désirons remercier M.D.H. Stansbery de Ohio State University Museum of Zoology pour l'aide apportée à l'identification des spécimens. Ce travail a été exécuté dans le cadre d'une étude plus élaborée sur les écrevisses du lac Saint-Pierre, financée par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.

Références

- AIKEN, D.E., 1965. Distribution and ecology of three species of crayfish from New Hampshire. — *Am. Midl. Nat.*, 73: 240-244.
- CROCKER, D.W., 1957. The crayfishes of New York State. — *Bull. N. Y. St. Mus. Sci. Serv.*, 355: 1-97.
- CROCKER, D.W., 1979. The crayfishes of New England. — *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 92: 225-252.
- CROCKER, D.W. & D.W. BARR, 1968. Handbook of the crayfishes of Ontario. — *Life Science Misc. Pub. Royal Ontario Museum, Univ. of Toronto Press*, 158 p.
- HOBBS, H.H., 1959. Malacostraca; Decapoda. — Pages 883-901 in W.T. Edmondson (ed.). *Freshwater biology*, 2nd ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 1248 p.
- HOBBS, H.H., 1972. Crayfishes (Astacidae) of north and middle America. — *Biota of Freshwater Ecosystems. Ident. Manual no. 9. U.S. Env. Prot. Agency, Washington, D.C.*, 173 p.
- LAMY, D., 1978. Effets du réchauffement de l'eau sur la survie et le comportement de l'écrevisse *Orconectes virilis* Hagen. — *Mémoire M. Sc. Env., Univ. du Québec à Trois-Rivières*, 108 p.
- NADAUD, J., 1968. La pêche. — *Librairie Larousse, Paris*, 576 p.
- SCHWARTZ, F.J., R. RUBELMAN & J. ALLISON, 1963. Ecological population extension of the introduced crayfish, *Orconectes virilis*. — *Ohio J. Sci.*, 63: 266-273.
- TESSIER, C., A. MAIRE & A. AUBIN, 1981. Étude de la végétation des zones riveraines de l'archipel des Cent-Îles du fleuve Saint-Laurent (Québec). — *J. can. Bot.*, 59: 1526-1536.

AN EASTERLY EXTENSION IN THE KNOWN RANGE FOR *FUNDULUS DIAPHANUS* IN NEWFOUNDLAND

R.J. GIBSON, J.-P. THONNEY and K. HILLIER

Fisheries Research Branch, Department of Fisheries and Oceans,
P.O. Box 5667 St. John's, Newfoundland A1C 5X1

Résumé

Quatre spécimens de petit barré (*Fundulus diaphanus*) ont été capturés à la seine dans Freshwater Pond, Burin Peninsula, à Terre-Neuve (47°06'N., 55°16'O.), en juillet 1983. Il s'agit d'une extension d'aire de l'espèce vers l'est. Auparavant, elle n'avait été consignée que pour une seule région de Terre-Neuve, St. George's Bay, près de Stephenville Crossing, dans le sud-ouest de la province. On mentionne aussi d'autres individus dans la rivière Highlands, à 50 km vers le sud (48°10'N., 58°53'O.).

Abstract

Four specimens of banded killifish (*Fundulus diaphanus*) were caught by beach seine in Freshwater Pond, the Burin Peninsula, Newfoundland (47°06'N and 55°16'W) in July 1983. This makes an easterly extension of the species known range. The species has been previously recorded in Newfoundland only from the head of St. George's Bay, near Stephenville Crossing, in the southwest corner of the province. We also report specimens from 50 km south of Stephenville Crossing, in the Highlands River (48°10'N, 58°53'W).

The banded killifish, *Fundulus diaphanus*, was reported by Scott & Crossman (1973) to occur from South Carolina north to the Maritime Provinces and Newfoundland; west through New York, Pennsylvania, and southern Canada in the Great Lakes basin, to the Yellowstone River in eastern Montana. In insular Newfoundland the species has so far been reported only from the southwest corner of the province at the head of St. George's Bay, near Stephenville Crossing (Scott & Crossman, 1964). We also have found 50 km south of Stephenville Crossing the species to be abundant in Loch Levin, a freshwater lake on the Highlands River (48°10'N, 58°53'W) (unpublished data).

On July 14, 1983, we collected four specimens of *F. diaphanus*, 8.5-10.5 mm TL, 6.3-11.3 g and 2-4 years of age, from Freshwater Pond on the Burin Peninsula (47°6'N, 55°16'W), in the southeast part of the province. Freshwater Pond is a circular freshwater lake, approximately 3.5 km in diameter, and is well known for its sandy beaches, which characterize most of the littoral areas. It drains to salt water, Southwest Arm, by Tides Brook, a river of low gradient 4.9 km long. The occurrence of *Fundulus* here is the most easterly recorded.

Seine hauls were made along the beach in the southwest corner of the lake, a short distance

south of a tributary, Shearstick Brook. The substrate was of sand and cobble. In eight sweeps the following fish were caught: 318 *Gasterosteus aculeatus*; 14 *Apeltes quadracus*; 1 *Pungitius pungitius*; 5 juvenile *Salmo salar*; and 4 *F. diaphanus*.

Sizes of the *Fundulus* were measured from the fresh fish. Other measurements were made from the specimens preserved in 10% formalin. Ages were read from the scales although the method has not been validated for this species. The scale row counts were somewhat higher than from fish at Stephenville Crossing, which had counts from 40 to 47 (Scott & Crossman, 1964) but other meristics were similar (Table I). The two largest fish were mature, in that gonads were fully developed and filling much of the body cavity. In the small female the eggs were not fully developed. The testes of the small male were not distended, but were opaque. A breeding population appears to exist and spawning probably takes place in mid or late summer in this location.

The most northerly distribution reported for *F. diaphanus* is 50°18'N and 65°57'W on the North Shore of the Gulf of St. Lawrence (Gibson & Sears, 1977). However, as at the latter location, much of the coast of Newfoundland is rocky. Suitable habitat along the coast is probably limited, and

TABLE I

The data collected on four specimens of *Fundulus diaphanus* from Freshwater Pond, Newfoundland

Total length (cm)	Weight (g)	Age	Sex	Scale rows	Dorsal fin rays	Gill rakers	Branchiostegal rays
8.5	6.3	2+	F (Maturing)	52	13	5	—
9.8	8.6	4+	M (Maturing)	52	12	4	6.6
10.0	11.2	4+	M (Mature)	53	13	4	6.6
10.5	11.3	4+	F (Mature)	54	13	5	—
\bar{X} 9.7	9.4	—	—	52.8	12.8	4.5	6.6

possibly rivers of steep gradient constitute barriers for immigration to many inland waters in which they could thrive. Suitable habitat is described by Scott & Crossman (1973) as quiet waters of lakes and ponds, and "small schools are usually found over sand, gravel, or detritus-covered bottom where there are patches of submerged aquatic plants".

References

- GIBSON, R.J. & R. SEARS, 1977. An occurrence of *Fundulus diaphanus* (LeSueur 1817) on the North Shore of the Gulf of St. Lawrence. — *Naturaliste can.*, 104: 273-274.
- SCOTT, W.B. & E.J. CROSSMAN, 1964. Fishes occurring in the fresh waters of insular Newfoundland. — Queen's Printer, Ottawa, 124 p.
- SCOTT, W.B. & E.J. CROSSMAN, 1973. Freshwater fishes of Canada. — *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, no. 184, 966 p.

REVUE DES LIVRES

JØRGENSEN, S. E. (édit.), 1983. **Application of ecological modelling in environmental management.**

Part A. Developments in environmental modelling. — Elsevier Scientific Publishers Co., Inc., P.O. Box 1663, Grand Central Station, New York, NY 10163, viii + 735 p., 17 × 24,5 cm. Relié, 125,50\$ US.

JØRGENSEN, S. E. & W. J. MITSCH (édit.), 1983. **Application of ecological modelling in environmental management. Part B. Developments in environmental modelling.** — Elsevier Scientific Publishers Co., Inc., viii + 438 p., 17 × 24,5 cm. Relié, 67,50\$ US.

Les deux ouvrages, qui constituent les volumes 4A et 4B de la collection *Developments in environmental modelling*, doivent être considérés comme un seul titre. Quoique rédigés par plusieurs auteurs, chacun étant responsable ou co-responsable d'un chapitre, ces deux ouvrages de taille imposante ont une unité de présentation et de contenu qu'il faut souligner, car c'est rarement le cas des publications de ce type.

Selon Jørgensen, le recours aux modèles écologiques pour résoudre des problèmes environnementaux est relativement récent, leur utilisation constituant toutefois la seule possibilité de solution écologiquement acceptable en dehors de l'arrêt total de toute pollution. Les modèles dont il s'agit dans les deux ouvrages sont des modèles mathématiques, les modèles physiques où n'étant que brièvement évoqués. De plus, ces modèles sont essentiellement déterministes, par suite du peu d'expérimentation sur des systèmes naturels avec des modèles stochastiques (probabilistes). Enfin, les modèles examinés sont réductionnistes, puisque les tentatives d'utilisation des modèles holistes en écologie sont encore très timides.

Le volume A comporte quatorze chapitres. Après une brève introduction, deux chapitres généraux traitent des principes de la modélisation et de l'utilisation de l'ordinateur. Puis, suivent deux chapitres fondamentaux où sont exposés les processus biologiques, physiques et chimiques qui assurent le fonctionnement des écosystèmes; ces deux chapitres constituent un excellent résumé de l'écologie systémique et l'on y trouve, rassemblées en tableaux, nombre de valeurs numériques et d'équations fondamentales qui sont le plus souvent éparées dans la littérature. Suivent neuf autres chapitres, qui présentent des modèles utiles pour résoudre des problèmes environnementaux particuliers: DBO des eaux courantes, eutrophisation des lacs, pollutions diffuses, échanges eau-sédiments, marées rouges, substances toxiques en milieu aquatique, stocks marins exploités, effets climatiques de l'augmentation du CO₂ atmosphérique et, enfin, effets des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau. Tous les problèmes traités dans le volume A, à l'exception d'un seul, concernent donc le milieu aquatique.

Le volume B, après deux brefs chapitres d'introduction et de rappels, poursuit l'examen d'applications de la modélisation écologique à la solution de problèmes concrets, cette fois surtout en milieu terrestre et dans l'atmosphère. Onze chapitres portent tour à tour sur les métaux lourds dans le milieu terrestre, les pesticides dans le système sol-plantes, la qualité de l'air urbain, l'altération de la visibilité atmosphérique, les rejets thermiques dans l'atmosphère, le bruit des avions, les modèles hydrophysiques, la capacité de support d'un bassin hydrologique, les marécages et leurs forêts et, pour finir, les rivages marins rocheux.

Dans leur ensemble, les deux ouvrages constituent une mine extraordinaire de renseignements sur de nombreux écosystèmes perturbés par l'activité humaine et sur l'utilisation des modèles écologiques pour y remédier. Le public visé est, par contre, plus difficile à cerner. Les deux ouvrages sont trop généraux et élémentaires en ce qui concerne les techniques de modélisation pour être utilisés par les spécialistes de cette discipline, quoique ceux-ci puissent y trouver de très bons exemples d'application des modèles écologiques à la solution de problèmes environnementaux. Bien que le contenu des ouvrages se prêterait à un cours/séminaire d'études avancées, leur coût outrancièrement élevé exclut les étudiants diplômés des acheteurs potentiels. Restent évidemment les bibliothèques universitaires et celles des services gouvernementaux, où il est certain que ces ouvrages seront fréquemment consultés. Les écologistes et ingénieurs qui voudraient recourir à la modélisation pour résoudre des problèmes environnementaux seront particulièrement intéressés par *Application of ecological modelling in environmental management*.

Sur le plan technique, les deux ouvrages sont bien présentés et ils comportent de très nombreuses illustrations. Toutefois, une maison d'édition qui demande aux auteurs de lui fournir des manuscrits «prêts à photographier», comme c'est ici le cas, devrait faire l'effort d'ajouter des titres courants lors de la pagination du manuscrit. L'absence de tels titres courants rend l'ouvrage presque impossible à consulter, à moins de recourir systématiquement à la table des matières, ce qui est singulièrement pénible et inefficace.

Louis LEGENDRE

Département de biologie
Université Laval

JONES, R. K., G. PIERPOINT, G. M. WICKWARE, J. K. JEGNUM, R. W. ARNUP & J. M. BOWLES, 1983. **Field guide to forest ecosystem classification for the clay belt, site region 3e.** — Agriculture Canada, Environnement Canada, and Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, 123 p., 13 ×

19,5 cm. Disponible en écrivant à Ontario Tree Improvement and Forest Biomass Institute, Ontario Ministry of Natural Resources, Maple, Ontario L0J 1E0.

Ce guide de terrain a été réalisé dans le cadre d'un programme de classification écologique de la région de la ceinture d'argile ontarienne. Mené conjointement par le ministère ontarien des Richesses naturelles, Agriculture Canada et la direction des Terres d'Environnement Canada, ce projet avait pour but de mettre au point une classification écologique pouvant servir d'outil à l'aménagement des forêts naturelles de cette région. Bien que le guide s'adresse avant tout aux utilisateurs de la classification, il constitue pour l'ensemble de la communauté scientifique, un remarquable exemple d'intégration entre la réalisation d'une classification écologique du territoire et son utilisation pratique.

Divisé en 9 sections, ce guide présente dans un premier temps l'objectif inhérent à la classification écologique envisagée pour ce territoire. Les auteurs visaient l'obtention d'une classification écologique reposant sur une approche écosystématique basée sur l'identification et l'étude des relations entre les caractéristiques du couvert forestier et des sols qui puisse facilement être accessible aux utilisateurs éventuels. La section suivante (2) comporte une clef dichotomique permettant à l'utilisateur de situer une nouvelle station à l'intérieur de la classification écologique établie par les chercheurs. Cette clef, basée sur un traitement statistique très élaboré des données de sols et de végétation dans plus de 1000 stations d'échantillonnage, permet d'identifier le type de végétation auquel la station appartient et cela uniquement à l'aide de la présence d'espèces caractéristiques. Par la suite, la connaissance du type de végétation superposée à celle de certaines caractéristiques édaphiques facilement identifiables sur le terrain permet de situer chaque station par rapport à l'un des 14 groupes opérationnels qui regroupent des sites ayant des réponses similaires à certains traitements sylvicoles. La section 3 illustre les relations entre ces groupes opérationnels et les caractéristiques de la végétation et des sols alors que la section 4 décrit précisément chacun d'eux. Les sections 5 et 6 illustrent respectivement les principales caractéristiques des types de sol et de végétation rencontrés. La section 7 fournit plusieurs clefs permettant d'identifier sur le terrain les principales caractéristiques des sols alors que la section suivante illustre, à l'aide de planches, les différentes espèces végétales utilisées dans la clef de la section 2. Enfin il est à noter qu'une dernière section concernant la photo-interprétation et la cartographie devrait paraître dans une édition subséquente du guide.

La présentation de ce guide dans un cahier à anneaux d'un format compact rend son utilisation aisée sur le terrain. Il est malheureux cependant de constater que la traduction française de la section 2 se solde par un essai infructueux des auteurs; sa mauvaise qualité n'est pas à la hauteur du reste de ce travail.

La publication de ce guide de terrain arrive à point. Depuis les premières années de la classification biophysique puis écologique du territoire au Canada, les efforts ont surtout porté sur la mise en place de systèmes de classification et la réflexion quant aux concepts sous-jacents à ces derniers. Le Québec n'a pas échappé

à cette démarche et plusieurs études pilotes ont été réalisées au cours des 10 dernières années. Ainsi, jusqu'à tout récemment peu de travaux ont traité de l'utilisation de la classification comme outil d'aménagement. Il est intéressant de constater, tout comme dans le cas du développement des concepts de la classification écologique, où Angus Hills joua un rôle de premier plan, que c'est à l'Ontario que revient la volonté de passer des concepts théoriques à l'application. Les auteurs du guide de terrain ont su démontrer qu'il était possible de créer, à partir d'une analyse rigoureuse et complexe des interrelations entre la végétation et les sols, une classification orientée qui puisse servir de base à un aménagement forestier. Ce travail doit certes passer le test de l'utilisation mais il semble bien que sa qualité soit garante de son succès. Il serait souhaitable dans le contexte actuel du secteur forestier que ce travail constitue un exemple à suivre dans l'amélioration des outils de gestion de la forêt au Québec.

Yves BERGERON

*Centre de recherches écologiques
Université de Montréal*

McVEY, J.P., 1983. **Handbook of mariculture. Volume 1. Crustacean aquaculture** — CRC Press, Inc., 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, Florida, 442 p., 18 × 26 cm. Relié, 140\$ US.

Cette œuvre collective s'inscrit dans la tradition maintenant bien établie des «Handbook» de CRC. Le lecteur peut s'attendre à trouver un travail soigné, à la présentation impeccable. De fait, la tradition est respectée sauf pour un certain nombre de photographies qui pourraient être de meilleure qualité. La lecture de cet ouvrage ne déçoit pas et l'on y trouve une foule d'informations utiles. En particulier, les différents auteurs, qui ont pour la plupart fait leurs preuves de façon reconnue, n'ont pas hésité à donner des «trucs de métier» qui, en aquaculture plus qu'ailleurs, font la différence entre le succès et l'échec.

Il faut dire ici que l'élevage contrôlé des crustacés pose encore des problèmes considérables. En effet, malgré l'expertise développée depuis près de quarante ans, par les Japonais tout spécialement, bien des difficultés subsistent et motivent des efforts de recherche considérables. La difficulté majeure vient de ce que l'application de grands principes se heurte encore à des contraintes locales qui exigent des adaptations. C'est ce qui explique le caractère souvent personnel des solutions proposées. On se convainc aussi, à la lecture de cet ouvrage, de l'importance des connaissances sur l'écologie des espèces. Il fait peu de doute qu'une des étapes préalables à tout effort d'élevage intensif est de comprendre la nature des adaptations développées par les organismes dans leur milieu naturel. L'élevage ne consiste pas à reproduire le biotope naturel, mais à faire des choix éclairés sur les conditions de vie des organismes. C'est probablement au chapitre de la reproduction que ces choix sont les plus déterminants.

Dans ce volume, l'aquaculteur intéressé aux crustacés trouvera le résultat de travaux portant sur les grandes questions à résoudre: alimentation larvaire; maturation des géniteurs, éclosion et techniques d'élevage larvaire; pathologie et traitement des maladies; nutrition et alimentation.

Le goulot d'étranglement réside encore dans l'alimentation larvaire et plusieurs contributions traitent des cultures d'algues, de rotifères, d'*Artemia* et autres sources de nourriture pour larves. Il se peut que la plupart des solutions proposées soient bientôt dépassées si l'on en croit les résultats obtenus dans certains laboratoires (comme celui de l'Université de Gand) et qui annoncent la possibilité de produire des biomasses importantes d'*Artemia* sur levures plus ou moins manipulées. Si un tel résultat est confirmé, on ne peut exclure que tous les efforts déployés pour mettre au point des cultures intensives de phytoplancton perdent de leur pertinence. Dans l'état actuel des connaissances, les articles sur la culture de micro-algues conservent leur intérêt.

Une bonne partie du volume est consacrée à des contributions du groupe français Aquacop (Tahiti) qui démontre sa maîtrise dans l'élevage des péneïdes. Que ce soit sur les questions d'alimentation ou de reproduction contrôlée, l'expertise développée par Aquacop et d'autres laboratoires se révèle déjà considérable. Le même optimisme vaut pour le homard pour lequel on peut même déjà songer à l'amélioration génétique.

La section consacrée aux pathologies et au traitement des maladies permet de démontrer, s'il en était besoin, l'importance de ces aspects dans les opérations d'élevage. Cette section est d'autant plus intéressante que des «recettes» précises sont proposées pour le traitement des diverses pathologies.

La dernière section n'est probablement pas à la hauteur des trois autres. En effet, même si les quelques contributions sur l'alimentation et la nutrition des péneïdes et du homard sont pertinentes et valables, elles n'épuisent pas le sujet. Ainsi, par exemple, les problèmes de méthodologie pour l'évaluation de l'utilisation digestive des nutriments ou encore la mise au point d'un régime de référence pour la nutrition du homard sont escamotés. Or, la solution à ces problèmes conditionne en grande partie les progrès possibles.

Tout compte fait, cet ouvrage répond à un besoin et témoigne de l'essor de la mariculture mondiale. Sa lecture peut se révéler fort utile pour ceux qui voudraient se lancer dans la mariculture des crustacés, que ce soit pour des fins de recherche, de développement ou d'entreprise commerciale.

Joël DE LA NOUË

*Groupe de recherches en recyclage
biologique et aquaculture
Centre de recherche en nutrition
Université Laval*

TANKSLEY, D. S. & T. J. ORTON (édit.), 1983. **Isozymes in plant genetics and breeding. Parts A and B.** — Elsevier Science Publishers Co, Inc., P.O. Box

1663, Grand Central Station, New York, NY 10163. Part A, 516 p.; Part B, 472 p., 285\$.

Cette monographie fait le point sur la signification des isozymes en génétique et amélioration des plantes. La partie A présente le rôle fondamental des isozymes en phylogénétique tandis que la partie B résume systématiquement le statut de la recherche sur des isozymes de 21 espèces de végétaux. Ces énormes volumes ont été préparés à l'aide de photographies de textes. La grande variété de caractères d'imprimerie utilisés nuit à la continuité des présentations aussi bien qu'à la clarté de certaines pages. Un ouvrage de luxe comme celui-ci aurait mérité une présentation plus digne des technologies de traitements de textes disponibles aux États-Unis. Trente et un auteurs ont contribué à la partie A et vingt-neuf à la partie B. Ils représentent un échantillon des autorités mondiales sur ce sujet dont quarante-trois Américains, un Russe et un Canadien. Le coût de ces volumes est nettement prohibitif pour le chercheur individuel.

La pédagogie de l'ouvrage a été laissée pour compte au profit d'une présentation rapide d'un recueil sur les isozymes. La définition même de isozymes y est exprimée de diverses façons à partir de la description faite par Maskert & Mollet en 1959. La terminologie technique utilisée par plusieurs auteurs demeure difficilement compréhensible pour le phylogénéticien classique. Un travail éducatif subséquent permettra aux spécialistes de la biochimie des enzymes de discuter avantageusement avec les spécialistes de la génétique tant qualitative que quantitative. Certains auteurs, dont Freeling (p. 61 à 83), n'ont fait qu'un modeste effort de pédagogie du contenu idéologique ou utilitaire de tous les aspects qui gravitent autour des isozymes. Le lecteur y retrouve de belles pages de phylogénétique classique telles celles du Canadien Ritland (p. 289 à 302), suivies de pages de biochimie pure comme celles de Vallejos (p. 419 à 516).

La partie A contient les cinq sections suivantes: 1. Revue historique de la génétique végétale et de la recherche sur les isozymes; 2. Concepts fondamentaux de recherche en phylogénétique; 3. Isozymes en sélection végétale; 4. Isozymes pour la protection des obtentions végétales et 5. Techniques et instruments d'histochimie et d'électrophorèse.

La partie B présente l'état des connaissances de la recherche sur les isozymes chez le maïs, les céréales et les oléoprotéiques; les tomates, le tabac et les pommes de terre; les fraises, concombres et le céleri et finalement sur les arbres fruitiers et les conifères.

Ce volume montre bien que la phylogénétique, sous sa dualité de science fondamentale et de science appliquée, deviendra le point de ralliement d'une multitude de recherches. Au début du siècle, Mendel a jeté la base utilitaire de cette science de synthèse, alors que selon Kleinhofs (p. 22), dès le début du siècle prochain, la biochimie permettra au génie génétique de passer d'un état de curiosité à une multitude de nouvelles applications toutes plus fonctionnelles les unes que les autres. Les sélectionneurs de végétaux deviendront progressivement ces ingénieurs de la phylogénétique appliqués à satisfaire les besoins alimentaires de l'homme.

Les enseignants devront travailler fort à partir de ces 2 volumes pour communiquer ces enseignements de phylogénétique à la prochaine génération.

Claude-André ST-PIERRE

*Département de phytologie
Université Laval*

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

Le Naturaliste canadien (*Revue d'écologie et de systématique*) publie des articles inédits, rédigés en français ou en anglais, *découlant de travaux de recherche* en écologie fondamentale et appliquée, en systématique et dans certains domaines apparentés. Tout manuscrit soumis est l'objet d'une évaluation externe par des pairs.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à *double interligne* sur le recto de feuilles de 21,5 × 28 cm, seront expédiés en *trois* exemplaires à l'adresse suivante: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

Les éléments du manuscrit sont les suivants: (1) le titre, le nom de l'auteur, le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur; (2) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces; (3) un résumé français et un résumé anglais; (4) le texte; (5) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains) et les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes).

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant: résumé, *abstract*, introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes: (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italique; (2) les notes inframarginales doivent être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement; (3) pour les unités de mesure, on doit utiliser le SI (système international d'unités).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles sont indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles sont citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant de la présentation suivante:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des don-

nées écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 in M. L. Cody & J. M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Les titres des périodiques doivent être abrégés selon «World List of Scientific Periodicals».

ILLUSTRATIONS

Les *photographies* doivent être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupe, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numérotéer proprement et lisiblement au coin droit. Trois séries sont requises.

Les *dessins* doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage doit être fait à l'aide d'un appareil à dessin ou l'équivalent (mais non à la machine à écrire ou par l'imprimante d'un ordinateur). Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 2 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir deux copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12,5 × 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

FRAIS

La revue n'impose aucune charge aux auteurs, mais elle invite ceux qui le peuvent à contribuer aux frais de publication.

Par ailleurs, la Direction de la revue limite ses frais de clichage à trois clichés par article. Les clichés additionnels, les hors-textes, les tableaux démesurés ou trop denses, de même que les corrections d'auteur, sont entièrement à la charge des auteurs.

TIRÉS À PART

La revue offre gracieusement vingt-cinq tirés à part de chaque article.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

EDITORIAL POLICY

Are considered for publication in "*Le Naturaliste canadien*" (Revue d'écologie et de systématique) manuscripts in French or in English, based on *original research* in basic and applied ecology, systematics, and related sciences. Every manuscript will be subjected to normal reviewing process by external referees.

GENERAL PRACTICES

Manuscripts should be typewritten in *double* spacing throughout, on one side of bond paper 21.5 × 28 cm, and submitted *in triplicate* to: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

The sequence of material should be: (1) title, author's name, author's affiliation and address; (2) a running head of no more than 60 letters and spaces; (3) a French and an English abstract; (4) the manuscript proper; (5) on separate pages, Tables (numbered consecutively in Roman numerals) and Figure captions (numbered consecutively in Arabic numerals).

MANUSCRIPT DETAILS

The arrangement of the contents should generally be as follows: *Résumé*, Abstract, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References.

In preparing copy please take the following remarks into account: (1) underscore only where italics are intended; (2) footnotes are to be avoided as far as possible, but if they must be used they should be numbered consecutively; (3) SI units should be used.

REFERENCES

Literature references in the text should be by author, followed by year of publication. All papers referred to in the manuscript should be listed alphabetically by first author, according to the following examples:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. *Écologie numérique*. 1. Le traitement multiple des données écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 in M. L. Cody & J.M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Abbreviations for titles of periodicals should follow the "World List of Scientific Periodicals".

ILLUSTRATIONS

Prints of *photographs* should be made on glossy paper with a wide range in tone. They should be cropped, mounted with rubber cement on white cardboard, and clearly numbered at the right corner of each photograph. Three complete sets of photographs must be submitted.

Drawings should be made with black india ink on white drawing paper. All lettering should be made with a lettering system (but no part of it type-written nor computer-printed). All lettering must be sufficiently large to be at least 2 mm on final reproduction. One original and two clean copies of each drawing should be submitted.

Drawings and photographs must be made to a scale allowing reduction to an area not exceeding 12.5 × 20 cm inclusive of captions.

Captions should be typed in paragraph form on a separate page. Each illustration should be clearly labelled on the back, giving the name of the author and the figure number.

CHARGES

There is no systematic page charges, but any contribution toward cost of publication is welcomed.

The first three figures of each paper are free of charge. However, additional Figures, Tables or Figures requiring a fold-out leaf, broad or unusually dense Tables, as well as alterations in proof are fully charged to the author.

REPRINTS

Twenty-five reprints are offered free of charge.

REVUE DES LIVRES

LEGENDRE, L.	Application of ecological modelling in environmental management. Part A. Developments in environmental modelling (S. E. Jørgensen, édit.)	
	Application of ecological modelling in environmental management. Part B. Developments in environmental modelling. (S. E. Jørgensen & W. J. Mitsch, édit.)	215
BERGERON, Y.	Field guide to forest ecosystem classification for the clay belt, site region 3e (R.K. Jones, G. Pierpoint, G.M. Wickware, J.K. Jeglum, R.W. Arnup & J.M. Bowles)	215-216
DE LA NOUË, J.	Handbook of mariculture. Volume 1. Crustacean aquaculture (J.P. McVey)	216-217
ST-PIERRE, C.-A.	Isozymes in plant genetics and breeding. Parts A and B (D.S. Tanksley & T.J. Orton, édit.)	217-218

Recherches sur la baie d'Hudson et la baie James. — *Naturaliste canadien* (*Revue d'écologie et de systématique*) vol. 109, nos 3-4, 1982. 725 pages, 28\$.

Soixante articles découlant de recherches récentes, dans différentes disciplines sur la baie d'Hudson et la baie James.

Expédier votre chèque ou mandat à :

Le Naturaliste canadien
Revue d'écologie et de systématique
Département de biologie, Pavillon Vachon
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

Scientific studies on Hudson and James Bays. — *Naturaliste canadien* (*Revue d'écologie et de systématique*), vol. 109, nos. 3-4, 1982. 725 pages, \$28.

Sixty papers from recent inter-disciplinary scientific studies on Hudson and James bays.

Send your cheque or money order to :

Le Naturaliste canadien
Revue d'écologie et de systématique
Département de biologie, Pavillon Vachon
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111

NUMÉRO 2

1984

GARBARY, D.J. & R.S. FITCH	Some brackish species of <i>Vaucheria</i> (Tribophyceae) from British Columbia and northern Washington	125-130
HOOPER, R.G. & A. WHITTICK	The benthic marine algae of the Kaipokok Bay, Makkovik Bay and Big River Bay region of the central Labrador coast	131-138
VINCENT, G.	Analyse de la flore vasculaire d'un secteur de la réserve amérindienne de Caughnawaga (Québec)	139-155
GIROUX, M.	Effets d'application d'urée au sol et au feuillage sur le rendement, le poids spécifique et la nutrition azotée de la pomme de terre	157-166
GIROUX, M. & L.M. BORDELEAU	Effet du potassium et du magnésium sur la croissance et la nodulation de plantules de luzerne (<i>Medicago sativa</i> L.)	167-173
GIBSON, R.J. & T.A. DICKSON	The effects of competition on the growth of juvenile Atlantic salmon	175-191

ANALYSES ET COMMENTAIRES

WALSH, G. & G.J. FITZGERALD	Biais inhérents à l'analyse de l'alimentation des poissons. Cas de trois espèces d'épinoches (Gasterosteidae)	193-202
-----------------------------	---	---------

COMMUNICATIONS BRÈVES

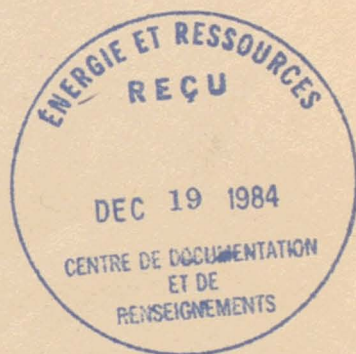
CLAVEAU, R. & J.-P. FILLION	Fréquence et distribution du ver des méninges (<i>Parelaphostrongylus tenuis</i>) chez le cerf de Virginie de l'est du Québec	203-206
CAYOUILLE, J.	Nouvelles stations du <i>Barbarea stricta</i> Andr. au Québec	207-209
COUTURE, R. & R. SAVIGNAC	Première mention au Québec de l'écrevisse <i>Orconectes limosus</i> (Rafinesque)	211-212
GIBSON, R.J., J.-P. THONNEY & K. HILLIER	An easterly extension in the known range for <i>Fundulus diaphanus</i> in Newfoundland	213-214

(Suite au verso)
(Continued on inside back cover)

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111
NUMÉRO 3
1984



UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

LE NATURALISTE CANADIEN

Revue d'écologie et de systématique

CN ISSN 0028-0798

RÉDACTEUR
GUY LACROIX

RÉDACTEUR-ADJOINT
PIERRE MORISSET

ADMINISTRATEUR
NORBERT LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

CYRILLE BARRETTE, *Département de biologie, Université Laval*
BERNARD BERNIER, *Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval*
ANDRÉ BOUCHARD, *Institut botanique, Université de Montréal*
CARL M. BOYD, *Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax*
EDWIN BOURGET, *Département de biologie, Université Laval*
PIERRE COUILLARD, *Département des sciences biologiques, Université de Montréal*
JEAN-MARC DESCHÈNES, *Station de recherches, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec*
FERNAND M. GAUTHIER, *Direction générale de la recherche et de l'enseignement, Ministère de l'Agriculture du Québec*
PIERRE LEGENDRE, *Département de sciences biologiques, Université de Montréal*
WILLIAM C. LEGGETT, *Département de biologie, Université McGill*
JEREMY MCNEIL, *Département de biologie, Université Laval*
BERNARD J. R. PHILOGÈNE, *Département de biologie, Université d'Ottawa*

Publication trimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) publie des articles *inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche en écologie, en systématique et dans certains domaines apparentés. La revue s'intéresse également aux aspects appliqués, notamment dans la perspective des ressources agricoles, forestières et halieutiques du Québec et du Canada oriental et nordique.

LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) est placé sous la responsabilité des doyens de trois facultés de l'Université Laval: Faculté des sciences et de génie, Faculté de foresterie et de géodésie et Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Il est publié grâce à des subventions du Fonds F.C.A.C. du Québec pour l'aide et le soutien à la recherche et du Conseil de la recherche en sciences naturelles et en génie du Canada.

Toute demande concernant les droits de reproduction doit être soumise à: L'Administrateur, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

Toute correspondance touchant les abonnements doit être adressée aux Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4. L'abonnement annuel est de \$17 (personnel), \$19 (personnel, étranger) et \$34 (collectif, multi-user). Le numéro régulier se vend \$5.

Répertorié dans Biological Abstracts, Asher's
Guide, Botanical Periodicals, RADAR et Périodex

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement n° 1768

Dépôt légal — Troisième trimestre 1984. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

THE ATLANTIC SALMON STOCK OF THE GRAND WATSHISHOU RIVER (QUÉBEC)

A HISTORICAL PERSPECTIVE

S.C. RILEY, A.T. BIELAK and G. POWER

*Department of Biology, University of Waterloo
Waterloo (Ontario) N2L 3G1*

Résumé

Des études effectuées pendant les étés 1981-1983 révèlent que la rivière Grand Watshishou (Québec) possède un stock abondant de saumon atlantique. La répartition connue de cette espèce dans la Watshishou s'étend jusqu'à au moins 93 km de son embouchure. Le taux de croissance et l'abondance des tacons semblent être élevés, ce qui dénote une forte productivité. La population reproductrice de la Watshishou est composée de grilse (saumons d'un an en mer) et de saumons de deux ans en mer, ainsi que d'une faible proportion de saumons de pontes antérieures. La proportion de grilse femelles semble plus élevée qu'on aurait pu le croire en se basant sur les données d'autres rivières de la Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent. L'âge moyen des saumoneaux est également un peu plus élevé. Il n'existe pas de tendance nette dans les captures sportives totales du club Great Watchichou. Les analyses de régression n'indiquent aucune tendance statistique significative dans la proportion de grilse ou saumons de deux ans en mer, pour la montée du printemps des derniers 25 ans (1959-1983). D'autre part, il n'existe aucune tendance significative dans les poids moyens totaux et par âge durant la même période. Cependant, dans leur représentation graphique, ces données suggèrent l'amorce de changements (v.g. proportion croissante de grilse, proportion décroissante de saumons de deux ans en mer et poids moyen décroissant).

Abstract

Investigations carried out during the summers of 1981-1983 reveal that the Grand Watshishou River (Québec) presently supports a plentiful Atlantic salmon stock. The historical range of this species in the Watshishou extended at least 93 km from the mouth of the river. Growth rates and abundance of salmon parr appear to be high, indicating that the Watshishou is relatively productive. The adult spawning population of the Watshishou is composed of grilse (one sea-winter salmon) and two sea-winter salmon, as well as a small proportion of previous spawners. No three sea-year virgin fish were found. The proportion of female grilse in the Watshishou appears to be higher than would be expected based on data from other rivers on the north shore of the Gulf of St. Lawrence. Mean smolt age (3.5-3.7 years) is also slightly high. There is no consistent trend in the total angling catch of the Great Watchichou Club. Regression analyses do not indicate any significant trends in the proportions of grilse or two sea-winter salmon in the run over the past 25 years (1959-1983). Neither do there appear to be any significant trends in the total and age-specific mean weights during the same period. Graphical representation of these data, however, suggests that changes similar to those that have occurred elsewhere in Canada (i.e. increasing proportions of grilse, decreasing proportions of two sea-winter salmon, and decreasing total mean weight) may be starting to occur.

Introduction

In recent years there has been considerable concern about the numbers of Atlantic salmon (*Salmo salar*) returning to their natal streams to

spawn (Paloheimo & Elson, 1974). It has been suggested that the number of spawning fish is insufficient to ensure adequate numbers of juveniles; this has resulted in changes in growth rates of parr and, in turn, affected both the pro-

to examine data from as many consecutive years as possible in order to get a clear picture of the stock. The method of analysis used in this study was chosen so as to best suit the nature of these data, and we feel that any attempt at a more sophisticated statistical analysis is precluded by the nature of the records.

Results

Atlantic salmon parr were found in the river sections leading into all of the lakes except Lac "Y" (Fig. 1), which contained only brook charr (*Salvelinus fontinalis*). The historical range of *Salmo salar*, therefore, extends at least to Lac "X" (Fig. 1), ca. 93 km from the mouth of the river. Brook charr were present in all of the lakes sampled. Populations of "landlocked" Atlantic salmon ("ouananiche") were present in Lac Watshishou, Lac Holt, and Lac Vetihueu. Populations of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) were found in Lac Holt and Lac Watshishou. Areas considered to have suitable spawning habitat for Atlantic salmon are indicated on Figure 1.

Growth data for Watshishou parr are presented in Table I. The sex ratios of the parr, along with the incidence of precocious male maturity, appear in Table II. Estimates of parr abundance were not attempted, but it is our opinion that the Watshishou does not suffer from a low parr density, this opinion being based strictly on angling success and observations of parr.

The Watshishou River presently supports a salmon stock composed of grilse, two sea-winter salmon, and a few previous spawners. As is the case with most North Shore rivers of its size, no virgin fish spend more than two years at sea. Age

and sex-specific mean lengths, weights, and condition factors for the Watshishou salmon stock appear in Table III. The total mean weight is somewhat variable owing to differences in the proportion of grilse and two sea-winter salmon among years. Age-specific sex ratios and smolt ages are presented in tables IV and V.

The timing of the salmon run was similar in each of the three seasons sampled, with the first two sea-winter salmon appearing about the middle of June and the grilse starting to run in the last week of June. Extremely low water conditions towards the end of the 1983 season resulted in a low catch of grilse.

There appears to have been no consistent change in the total salmon catch of the Great Watchichou Club during the period examined (Fig. 2). The five-year moving average of the catch, however, appears to be oscillating with a period of about ten years.

Figure 3 (a,b) shows the percentages of grilse and two sea-winter salmon, respectively, in the 1959-1983 runs, along with the same data for selected years in this period with similar dates of fishing (June 12-23 to July 6-12) (c,d). Weighted linear regression analysis (Table VI) indicates that there has been no significant change in the proportion of grilse during this period, both including ($P = 0.090$) and excluding ($P = 0.295$) the last week of fishing. Neither do the percentages of two sea-winter salmon, from the data excluding the last week of fishing, show any significant trend over time ($P = 0.244$). The regression line for the percentage of two sea-winter salmon in the run including the last week, however, does have a significant ($P = 0.041$) negative slope (-0.94), indicating a possible decrease in numbers of

TABLE I
Age-specific mean lengths, weights and condition factors
of Atlantic salmon parr, Grand Watshishou River
August 1981-1982

Year	Age	Sample size	Length (cm)	Weight (g)	Condition factor
1981	0+	10	4.21 (0.11)	0.90 (0.08)	1.18 (0.03)
	1+	15	8.95 (0.18)	8.55 (0.51)	1.17 (0.02)
	2+	35	12.02 (0.20)	21.22 (0.87)	1.19 (0.01)
	3+	46	13.28 (0.16)	28.19 (0.96)	1.18 (0.01)
	4+	2	15.55 (-)	47.85 (-)	1.24 (-)
1982	1+	64	8.93 (0.09)	8.65 (0.26)	1.20 (0.01)
	2+	33	12.80 (0.18)	24.55 (0.95)	1.16 (0.01)
	3+	10	15.11 (0.21)	39.19 (1.72)	1.13 (0.02)
	4+	5	16.98 (1.02)	57.52 (8.46)	1.16 (0.07)

Numbers in parentheses represent the standard error of the mean.

TABLE II

Age-specific sex ratios of Atlantic salmon parr including proportions of precocious males
Grand Watshishou River, 1981-1982

	1981				1982			
	1+	2+	3+	4+	1+	2+	3+	4+
Sample size	15	35	44	2	78	33	10	4
Number of males	10	19	23	2	49	19	7	4
Number of females	5	16	21	0	29	14	3	0
Percentage of males	66.7	54.3	52.3	100.0	62.8	57.6	70.0	100.0
Percentage of females	33.3	45.7	47.7	0.0	37.2	42.4	30.0	0.0
Number of precocious males	3	7	13	2	20	4	4	3
Percentage of precocious males	30.0	36.8	56.5	100.0	40.8	21.1	57.1	75.0

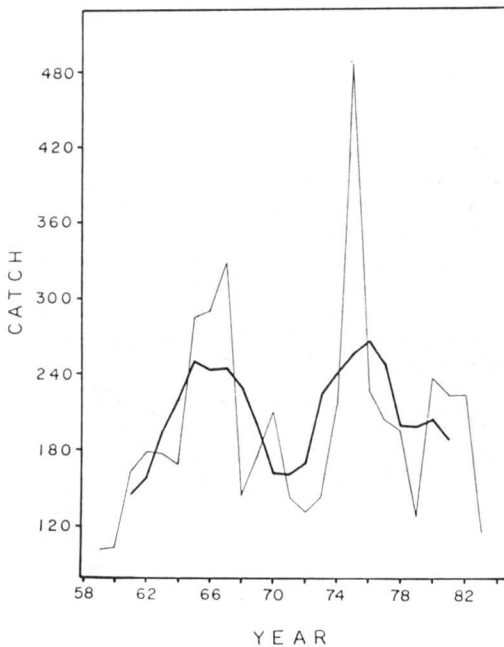


Figure 2. The total angling catch of the Great Watchichou Fishing Club, 1959-1983. Dark line: five-year moving average of catch.

salmon during this period. The G-tests (Table VII) indicated no consistent trend in the data, there being no significant differences in most instances ($\alpha = 0.05$) between the earliest and latest periods tested. In fact, the second six-year period tested had a significantly lower proportion of grilse in five out of six cases than either the period directly preceding or following.

Inspection of Figure 3 suggests that, since about 1970, the percentage of grilse in the run has increased, while the percentage of two sea-winter salmon has decreased. The five-year moving averages that appear on these graphs seem to indicate that, like the total catch, these characteristics may be undergoing cyclical changes.

Figure 4 illustrates the fluctuations in the age-specific as well as total mean weights of the Watshishou salmon from 1959-1983. Weighted linear regression analysis indicates that there has been no significant change in the mean weight of any of the age classes during this period (see Table VI). The same is true for the total mean weight. Visual inspection of these figures, however, suggests that a downward trend in the mean weight of salmon and in the total mean weight may have begun in the past few years.

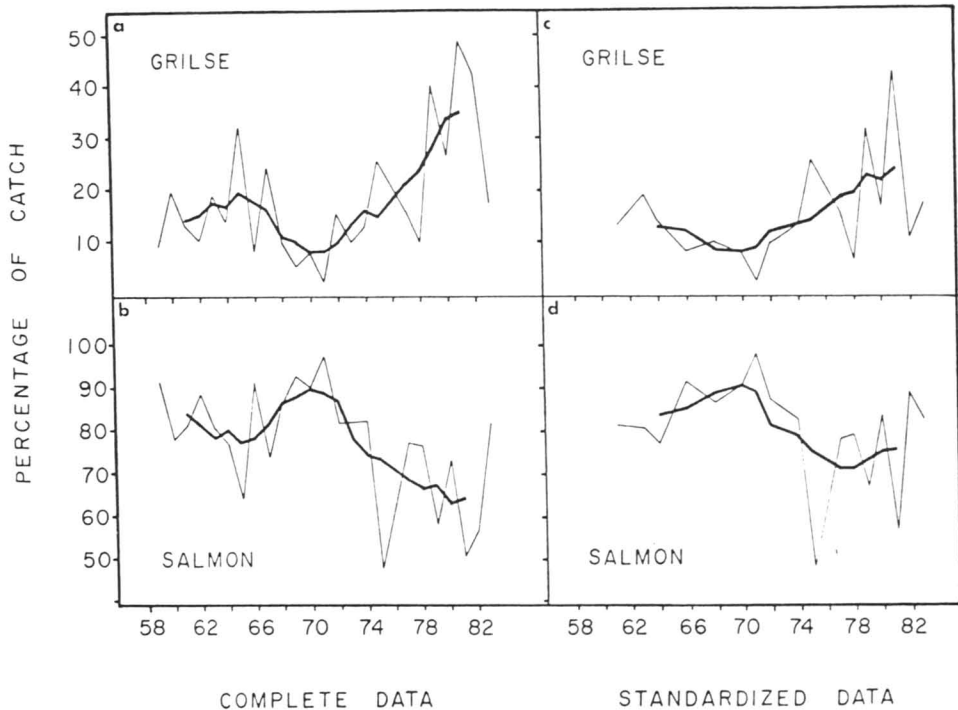


Figure 3. a) Percentage of grilse in the catch, Grand Watshishou River, 1959-1983. *Dark line*: five-year moving average. b) Percentage of two sea-winter salmon in the catch, Grand Watshishou River, 1959-1983. *Dark line*: five-year moving average. c) Percentage of grilse in the catch, Grand Watshishou River, 1959-1983 (standardized data). *Dark line*: five-year moving average. d) Percentage of two sea-winter salmon in the catch, Grand Watshishou River, 1959-1983 (standardized data). *Dark line*: five-year moving average.

Discussion

The Watshishou, one of the smaller salmon rivers on the North Shore, has supported an angling fishery since at least 1905. The Atlantic Salmon Association's (presently the Atlantic Salmon Federation) map of Atlantic salmon rivers of Canada estimates the limit to anadromous salmon migration to be the falls at the junction of the east and west branches (above Lac Vetiueu), with salmon penetrating the west branch as far as Lac de la Cabane Neuve. The presence of salmon parr in the Watshishou north of Lac "X" indicates that the historical range of salmon extends to at least this point. The fact that ouananiche were not captured in Lac "X" or Lac Apvril suggests that these may be anadromous parr. We feel that some anadromous salmon penetrate at least to Lac Holt, and possibly further. On the west branch, the presence of parr in the river near Lac de la Cabane Neuve and the possible lack of ouananiche in this lake indicates that salmon probably penetrate at least to this point. No sampling was done above the falls at the head of this lake, but it is unlikely that salmon could

ascend it at present. The most likely area for spawning is located just above Lac Watshishou.

Parr growth data for a number of North Shore rivers are available (Power & Shooner, 1966; Schiefer, 1971; Randall, 1975; Gibson, 1977; Bielak & Power, 1981). Compared with these data, the growth rate of parr in the Watshishou is relatively fast — among the fastest in the area. This, together with observations of parr abundance, indicates that the Watshishou is a relatively productive river for juvenile salmon.

Variation in the proportion of parr maturing at different ages is evident among salmon stocks (Schiefer, 1971; Leyzerovich, 1973; Saunders & Sreedharan, 1977). Male precocity levels in the Watshishou do not appear to differ markedly from those reported by Schiefer (1971) for several North Shore rivers, although levels in the older age classes (3+, 4+) are slightly lower than might be expected (Table II). The sex ratios of parr in the Watshishou tend to show a greater abundance of males, although this was not tested statistically. It is difficult to make any further statements regarding precocious maturity and parr sex ratios

TABLE III
Age-specific mean lengths, weights and condition factors
of adult Atlantic Salmon
Grand Watshishou River,
1981-1983

Year	Sea-age	Sex	Length (cm)	Weight (kg)	Condition factor	Sample size	
1981	Grilse	Pooled	52.76	1.659	1.13	103	
	Salmon	Pooled	73.29	4.041	1.03	37	
	Pooled	Pooled	58.15	2.314	1.10	141	
	Grilse	Male	52.76	1.649	1.10	39	
		Female	57.90	2.227	1.11	5	
		Pooled	53.78	1.731	1.10	70	
1982	Salmon	Male	69.83	3.473	1.02	43	
		Female	70.10	3.589	1.04	62	
		Pooled	70.01	3.544	1.03	115	
	Pooled	Pooled	63.87	2.857	1.05	185	
	Grilse	Male	53.23	1.591	1.06	8	
		Female	55.07	1.770	1.05	7	
		Pooled	53.93	1.655	1.05	16	
	1983	Salmon	Male	71.54	3.741	1.01	38
			Female	68.50	3.312	1.02	61
Pooled			69.75	3.480	1.02	102	
Pooled		Pooled	67.73	3.239	1.02	120	

Note. — No fish were sexed in 1981. These statistics were calculated from sampled fish, and differ from those calculated from the club records (e.g. Fig. 3).

in the Watshishou due to a lack of any previous data.

The lengths, weights and condition factors of adult salmon (Table III) from the Watshishou are similar to those reported by Schiefer (1971) for other North Shore rivers. The sex ratios (Table IV),

however, are somewhat different. In most of the rivers studied by Schiefer, the grilse were over 90% male. The greater proportion of female grilse in the Watshishou may be due to its location, since some other lower North Shore rivers also show higher proportions of female grilse (Bielak, unpublished data). This phenomenon may also

TABLE IV

Age-specific sex ratios of adult Atlantic Salmon
Grand Watshishou River, 1982-1983

	1982		1983	
	Grilse	Salmon	Grilse	Salmon
Number of males	52	44	8	39
Percentage of males	86.6	37.0	53.3	40.6
Number of females	8	75	7	57
Percentage of females	13.3	63.0	47.7	59.4

TABLE V

Age-specific smolt ages of adult Atlantic salmon
Grand Watshishou River, 1981-1983

Year	Sea age	Sample size	Smolt age (Years)
1981	Grilse	104	3.53
	Salmon	39	3.79
	Pooled	143	3.60
1982	Grilse	70	3.44
	Salmon	115	3.50
	Pooled	185	3.48
1983	Grilse	16	3.75
	Salmon	102	3.55
	Pooled	118	3.58

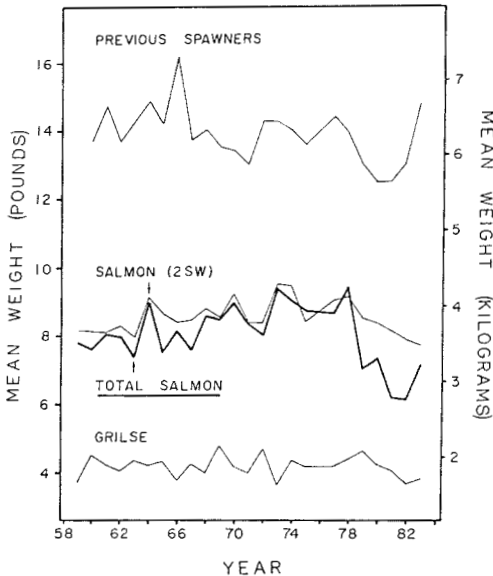


Figure 4. Age-specific and total mean weights of Atlantic salmon taken from the Grand Watshishou River, 1959-1983.

be due to changes that have occurred in recent years, a possibility supported by data presented by Montgomery & Naiman (1981), which suggests that numbers of female grilse have been increasing in the Matamec River in recent years. The sex ratios of two sea-winter salmon in the Watshishou do not deviate markedly from those observed by Schiefer for other small North Shore rivers.

The smolt age (Table V) of Watshishou salmon is greater than would be expected based on Schiefer's (1971) results. He reported a trend of increasing smolt age with greater river size, with only the larger rivers (e.g. Moisie, Saint-Jean) producing smolts aged 3.5 years or more. The possibility that this high smolt age may be a result of low productivity (see Randall, 1975) is contradicted by the parr growth data (Table I).

Montgomery & Naiman (1981) report a reduction in the number of returning salmon in the Matamec River in recent years; this trend is not evident in the Watshishou (Fig. 2). The phenomenon of oscillating abundance illustrated by the five-year moving average of the catch (Fig. 2) has been described by several authors on both sides of the Atlantic (reviewed by Mills, 1971), and may be due to stochastic fluctuations in marine and freshwater mortality (Gee & Radford, 1981).

Yearly fluctuations in the relative numbers of the different age classes returning to spawn have been described for a number of Atlantic salmon

stocks (Schiefer, 1971; Gee & Milner, 1980). These fluctuations make it difficult to detect trends in abundance of the different age classes unless a relatively long time period is examined. The importance of this type of fluctuation is reflected in the low R^2 values obtained in this analysis (Table VI), which indicate that only a small proportion of the variability among years is explained by the regression.

It is possible that significant long-term changes in the age structure of the Watshishou salmon stock may be masked by yearly fluctuations of the type mentioned above. Although the G-tests indicated no significant differences between time periods tested, and all of the regression lines tested (with the exception of the percentage of two sea-winter salmon from the non-standardized data) have slopes that are not significantly different from zero, trends (i.e. increasing proportions of grilse, decreasing proportions of salmon) do appear to be evident in Figure 3. Although these apparent trends may be cyclical phenomena, they are sufficient to cast some doubt on the hypothesis that there are no significant changes occurring in the proportions of grilse and two sea-winter salmon in the Watshishou. This hypothesis, although supported by recent data from some other lower North Shore rivers (Bielak, unpublished data), can only be validated by further monitoring of the Watshishou stock.

Several recent papers have drawn attention to changes in the population structure of some Atlantic salmon stocks. Gee & Milner (1980) provide evidence indicating that the relative proportions of grilse and two sea-winter salmon have increased in the River Wye (Wales), while the

TABLE VI
Results of regression analyses

	Original data		Standardized data	
	R^2	P	R^2	P
Percentage of grilse	0.125	0.0903	0.073	0.2953
Percentage of salmon	0.176	0.0413*	0.089	0.2439
Mean weight (Total)	0.045	0.3207	—	—
Mean weight (Grilse)	0.100	0.1327	—	—
Mean weight (Salmon)	0.008	0.6803	—	—

TABLE VII

Results of G-tests of independence of proportion of grilse and two sea-year salmon

Interval	Row	Number of grilse	Percentage of grilse	Number of salmon	Percentage of salmon	Results of G-test
		Column 1		Column 2		
1961-66	1	100	13.1	665	86.5	Gw for total set = 95.56
1967-72	2	41	6.7	565	93.3	Non-significant subsets:
1973-78	3	195	21.6	707	78.4	Rows 3 4
1979-83	4	144	23.6	465	76.4	Cols 1 2 G = 0.84
1962-67	1	79	12.9	533	87.1	Gw for total set = 82.82
1968-73	2	41	6.7	565	93.3	Non-significant subsets:
1974-79	3	226	22.6	772	77.4	Rows 1 4
1980-83	4	113	13.8	707	86.2	Cols 1 2 G = 0.23
1963-68	1	93	12.4	657	87.6	Gw for total set = 88.37
1969-74	2	55	8.7	579	91.3	Non-significant subsets:
1975-80	3	227	23.5	737	76.5	Rows 1 2 Rows 3 4
1981-83	4	84	24.7	256	75.3	Cols 1 2 Cols 1 2 G = 5.06 G = 0.18
1961-63	1	54	16.5	273	83.5	Gw for total set = 30.05
1965-70	2	60	10.4	516	89.6	Non-significant subsets:
1971-76	3	163	18.1	811	81.9	Rows 1 3 4 Rows 1 2
1977-82	4	167	21.4	574	78.6	Cols 1 2 Cols 1 2 G = 4.49 G = 6.83
1961-64	1	77	16.1	401	83.9	Gw for total set = 51.90
1965-70	2	53	8.4	577	91.6	Non-significant subsets:
1971-76	3	163	20.8	622	79.2	Rows 1 3 4
1977-82	4	167	20.0	666	80.0	Cols 1 2 G = 4.61
1961-65	1	77	16.1	401	93.9	Gw for total set = 88.36
1966-71	2	56	7.3	716	92.7	Non-significant subsets:
1972-77	3	192	23.0	691	77.0	Rows 1 4 Rows 3 4
1978-83	4	187	19.7	761	80.3	Cols 1 2 Cols 1 2 G = 2.81 G = 2.92

proportions of the older age classes have decreased. A similar trend has been observed in the Miramichi River (Ruggles & Turner, 1973). Data for the Matamec (Montgomery & Naiman, 1981) suggests that the proportion of grilse is increasing. Chadwick *et al.* (1978) found the spawning adult salmon population of Western Arm Brook to consist entirely of grilse, although large salmon were reported from this river previous to their study. These trends are thought to be related to the selection of larger fish by commercial fishing nets (Schaffer & Elson, 1975; Gardner, 1976; Gee & Milner, 1980).

The apparent lack of any significant trend in the Watshishou stock may be related to the presence now of only one commercial fishing net in the estuary or the relatively low angling pressure imposed by the Great Watchichou Club. These explanations seem doubtful, however, since the observed changes in the Matamec stock (Gibson,

1978; Montgomery & Naiman, 1981) have occurred without any local commercial or recreational fishing since the early 1970's. Indeed, Montgomery & Naiman (1981) suggest that these changes are entirely due to the high-seas commercial fishery.

Factors that might be acting on North Shore salmon stocks include poaching, habitat deterioration, and high seas exploitation. The first two factors might be expected to be more important on the Matamec, due to its proximity to a large population centre. The influence of high seas exploitation is presently poorly understood, but would not be expected to differ significantly between the two rivers. It is also quite possible that the occurrence of any trends/changes has been delayed in the Watshishou due to the larger salmon population, since any changes would show up sooner in a smaller population, like that of the Matamec. If this is the case, the trends that are apparent in Figure 3 might be expected to con-

tinue. Continued observation of this and other North Shore stocks over the next few years is advisable.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to Mr. W.F. Rockwell and Mr. and Mrs. D.T. Knutson for their support of this project. Assistance provided by David Breckenridge, Harry Connally, Wency Chambers and Don Bouchard is greatly appreciated.

The manager and staff of the Great Watchichou Club provided invaluable assistance during the course of this study. Field assistance by Jim Gustin, Pierre Lemieux, John Noble and Clement Tanguay is gratefully acknowledged, as is the help provided by Captain Ron Ray. Thanks are also due to the personnel of the Matamec Research Station.

This paper was improved by critical comments from Richard Cunjak, Dr. Wayne Hawthorn, and two anonymous reviewers. Comments made by other colleagues from Waterloo are appreciated. Thanks are also due to Rossana Sallenave.

This study would not have been possible without the many fishermen who faithfully recorded the salmon that they caught. To them we are grateful.

This project was financed by a direct grant from the Great Watchichou Company. Additional support was provided by the Woods Hole Oceanographic Institution and by N.S.E.R.C. grant A1728 to G. Power.

References

- BIELAK, A.T. & G. POWER, 1981. Preliminary indications of change in stock composition of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in some rivers of the Québec North Shore. — Matamec Research Program, Annual Report for 1980: 112-123.
- CHADWICK, E.M.P., T.R. PORTER & P. DOWNTON, 1978. Analysis of growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a small Newfoundland river. — J. Fish. Res. Bd Can., 35: 60-68.
- GARDNER, W.L., 1976. A review of factors which may influence the sea-age and maturation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). — J. Fish Biol., 9: 289-327.
- GEE, A.S. & N.J. MILNER, 1980. Analysis of 70-year catch statistics for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the river Wye and implications for management of stocks. — J. app. Ecol., 17: 41-57.
- GEE, A.S. & P.J. RADFORD, 1981. The regulation of stock characteristics in a simulated Atlantic salmon population. — Fish Res., 1: 105-116.
- GIBSON, R.J. 1977. Matamec annual report for 1976. — Woods Hole Ocean. Inst. Tech. Rep. WHOI-77-28, 116 p.
- GIBSON, R.J., 1978. Recent changes in the population of juvenile Atlantic salmon in the Matamec river, Québec, Canada. — J. Cons. int. Explor. Mer, 38: 201-207.
- LEYZEROVICH, K.A., 1973. Dwarf males in hatchery propagation of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). — J. Ichthyol., 13: 382-392.
- MILLS, D., 1971. Salmon and trout: a resource, its ecology, conservation and management. — Oliver and Boyd, Edinburgh, 351 p.
- MONTGOMERY, W.L. & R.J. NAIMAN, 1981. Implications of changes in Atlantic salmon populations from the Matamec river, Québec. — Int. Council. Explor. Sea, C.M. 1981.
- PALOHEIMO, J.E. & P.F. ELSON, 1974. Reduction of Atlantic salmon catches in Canada attributed to the Greenland fishery. — J. Fish. Res. Bd Can., 31: 1467-1480.
- POWER, G., 1964. A technique for preparing scale smears. — Trans. Am. Fish. Soc., 93: 201-202.
- POWER, G. & G. SHOONER, 1966. Juvenile salmon in the estuary and lower Nabisipi river and some results of tagging. — J. Fish. Res. Bd Can., 23: 947-961.
- RANDALL, R.G., 1975. Aspects of the ecology and management of Atlantic salmon (*Salmo salar* Linnaeus) in the Pigou and Bouleau rivers, Québec. — M. Sc. thesis, University of Waterloo, 115 p.
- RUGGLES, C.P. & G.E. TURNER, 1973. Recent changes in stock composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Miramichi river, New Brunswick. — J. Fish. Res. Bd Can., 30: 779-786.
- SAUNDERS, R.L. & A. SREEDHARAN, 1977. The incidence and genetic implications of sexual maturity in male Atlantic salmon parr. — Int. Council. Explor. Sea, C.M. 1977/M: 21, 8 p.
- SCHAFFER, W.M. & P.F. ELSON, 1975. The adaptive significance of variations in life history among local populations of Atlantic salmon in North America. — Ecology, 56: 577-590.
- SCHIEFER, K., 1971. Ecology of Atlantic salmon, with special reference to occurrence and abundance of grilse, in North Shore of the Gulf of St. Lawrence rivers. — Ph. D. Dissertation, Univ. of Waterloo, 129 p.

ABONDANCE RELATIVE ET ACTIVITÉ SAISONNIÈRE DE LEIODIDAE ET STAPHYLINIDAE (COLEOPTERA, STAPHYLINOIDEA) DE BIOTOPES FORESTIERS DÉCIDUS DES LAURENTIDES (QUÉBEC)

C. LEVESQUE

291 rue des Diamants, Fleurimont (Québec) J1G 4A1

et

G.-Y. LEVESQUE

Département de santé communautaire
Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
3001, 12^e Avenue nord, Sherbrooke (Québec) J1H 5N4

Résumé

Trente-six espèces de Staphylinoidea (26 de Staphylinidae, 10 de Leiodidae) ont été capturées à l'aide de pièges à fosse sans appât dans quatre peuplements forestiers décidus. Les trois espèces les plus abondantes sont *Leiodes* sp. 3, *Tachinus fumipennis* et *Anisotoma horni*. Dans trois des quatre biotopes, les Staphylinidae constituaient la majorité des espèces et des individus capturés. Les Leiodidae sont généralement actifs en été tandis que les Staphylinidae sont particulièrement actifs au printemps.

Abstract

Thirty-six species of Staphylinoidea (Staphylinidae (26) and Leiodidae (10)) were captured with unbaited pitfall traps in four deciduous forested habitats. The three most abundant species were *Leiodes* sp. 3, *Tachinus fumipennis* and *Anisotoma horni*. We have captured more species and specimens of Staphylinidae than Leiodidae in three of the four habitats. Generally, activity of Leiodidae is observed in summer, while the Staphylinidae are mainly active in spring.

Introduction

Les Staphylinoidea sont bien représentés au Canada; mais ils sont généralement méconnus, même du point de vue taxonomique (Campbell & Peck, 1979). En effet, 1062 espèces appartenant à cette superfamille ont été mentionnées au Canada, mais on estime qu'il y a encore 1286 espèces non décrites ou non signalées (Campbell, 1979). Plusieurs groupes de Leiodidae et de Staphylinidae requièrent d'importantes révisions (Campbell & Peck, 1979).

Nous avons étudié les Leiodidae et les Staphylinidae adultes actifs à la surface du sol de quatre peuplements forestiers décidus écologiquement différents de la région des Basses-Laurentides, au nord de Montréal (Québec), au cours des années 1969 et 1970. Nous traitons de l'importance relative des espèces dans les quatre biotopes, ainsi que de l'activité saisonnière des espèces les plus abondantes. Cet article constitue la dernière partie de notre étude sur l'activité des

coléoptères épigés des forêts laurentiennes (Levesque *et al.*, 1976, 1979; Levesque & Levesque, 1980).

Matériel et méthodes

Les sites d'échantillonnage sont situés sur le terrain de la Station de biologie de l'Université de Montréal, près de Saint-Hippolyte (46°N., 74°O.). Les biotopes échantillonnés sont un peuplement à dominance de bouleau à papier (B) (87% de *Betula papyrifera*), un peuplement décidu mélangé (E) (18% d'*Acer* spp. et 81% de *Betula* spp.) et deux érablières à sucre d'âge différent (C et D) (97% et 95% d'*Acer saccharum*). Une description de la région d'étude et de ces quatre biotopes, ainsi que les renseignements concernant la méthode et le plan d'échantillonnage (pièges à fosse sans appât) ont déjà été présentés par Levesque *et al.* (1976) dans le cadre d'une étude biocénotique des coléoptères Carabidae de neuf biotopes des Laurentides.

La méthode des pièges à fosse est fréquemment utilisée pour comparer l'abondance relative des arthropodes de divers milieux, ainsi que pour préciser la période et l'intensité de leur activité à la surface du sol (Adis, 1979). Cette méthode, avec ou sans appât, a souvent été employée pour collectionner les Staphylinidae (v.g. Gaspar, 1967; Luff, 1968; Newton & Peck, 1975; Shubeck *et al.*, 1981). D'après les travaux de Baert & Maelfait (1977), Gaspar (1967), Kleinert (1979) et Obtel (1971), la présence de l'appât n'est pas obligatoire pour recueillir un grand nombre de ces coléoptères, bien que son utilisation favorise la prise des Leiodidae Catopinae (Gaspar, 1967).

Résultats et discussion

IMPORTANCE RELATIVE DES ESPÈCES

Dans les quatre peuplements, nous avons capturé 285 adultes de Leiodidae (10 espèces) et 219 adultes de Staphylinidae (26 espèces) (tableaux I et II).

Les Staphylinidae constituaient la majorité des espèces et des individus capturés dans chacun des biotopes sauf dans la vieille érablière à sucre (tableaux I et II). C'est aussi généralement le cas dans les études faites dans des forêts décidues européennes (Baert & Maelfait, 1977; Drdul, 1972; Gaspar, 1967, 1968; Gaspar & Verstraeten, 1972; Kleinert, 1979; Löser, 1980; Obtel, 1971). Pirone & Sullivan (1980) ont eu des résultats similaires dans deux peuplements forestiers décidus de l'État de New York. Enfin, Shubeck *et al.* (1981) ont recueilli, avec des pièges appâtés, plus d'espèces

et d'individus de Staphylinidae que de Leiodidae dans une forêt décidue (chênes et hêtres) du New Jersey.

Leiodidae

La majorité des captures (75%) proviennent de la vieille érablière à sucre (D) où les dix espèces sont présentes; seulement deux à cinq espèces ont été recueillies dans les autres biotopes (B, E et C) (tableau I). Les deux principales espèces sont *Anisotoma horni* et *Leiodes* sp. 3. *Leiodes* sp. 3 constitue au moins 70% des captures dans les deux érablières à sucre (C et D) et environ 50% de celles dans le milieu B, tandis que la moitié des captures dans le peuplement décidu mélangé (E) sont des *A. horni*. Pour cette dernière espèce, la latitude de Saint-Hippolyte est plus septentrionale que celle des localités québécoises mentionnées par Wheeler (1979).

Staphylinidae

Il semble que la faune des Staphylinidae comprend moins d'espèces actives à la surface du sol dans les érablières à sucre (milieux C et D) que dans les biotopes pionnier ou transitoire (milieux B et E) de la succession écologique arborescente B → E → C → D telle que définie par Levesque *et al.* (1976) (tableau II). Les espèces les plus abondantes dans le milieu B sont *Acidota subcarinata*, Aleocharinae sp. 1 et *Lathrobium simile*. Près de 40% de la faune des milieux E et C est constituée par *Tachinus fumipennis*. Les trois principales espèces dans la

TABLEAU I

Répartition des captures de Leiodidae pour chacun des quatre peuplements décidus

Espèce	Peuplement à dominance de bouleau à papier (B)	Peuplement décidu mélangé (E)	Jeune érablière à sucre (C)	Vieille érablière à sucre (D)
<i>Anisotoma horni</i> Wheeler	4	15	0	27
<i>Catops</i> sp.	0	0	0	10
<i>Leiodes assimilis</i> LeC.	2	3	0	5
<i>Leiodes punctatostriata</i> Kirby	2	1	0	1
<i>Leiodes strigata</i> LeC.	1	0	0	2
<i>Leiodes valida</i> Horn	0	0	0	1
<i>Leiodes</i> sp. 1	0	0	2	10
<i>Leiodes</i> sp. 2	0	0	0	9
<i>Leiodes</i> sp. 3	10	11	19	149
Genre et sp. indéterminés	0	0	0	1
Nombre de spécimens	19	30	21	215
Nombre d'espèces	5	4	2	10

TABLEAU II

Répartition des captures de Staphylinidae pour chacun des quatre peuplements décidus

Espèce	Peuplement à dominance de bouleau à papier (B)	Peuplement décidéu mélangé (E)	Jeune érablière à sucre (C)	Vieille érablière à sucre (D)
<i>Acidota subcarinata</i> Er.	9	6	6	2
<i>Aleocharinae</i> sp. 1	18	0	0	0
<i>Aleocharinae</i> sp. 2	4	0	1	5
<i>Bryocharis cingulatus</i> Mann.	3	1	0	2
<i>Bryoporus</i> sp.	1	0	0	0
<i>Eusphalerum</i> sp.	0	1	1	0
<i>Habrocerus</i> sp.	0	1	0	0
<i>Lathrobium simile</i> LeC.	13	3	5	2
<i>Mycetoporus</i> sp.	4	7	0	0
<i>Neohypnus beckeri</i> Smetana	2	4	1	2
<i>Oxytelus nimius</i> Csy	0	7	0	9
<i>Philonthus cyanipennis</i> (Fab.)	3	3	1	0
<i>Philonthus laetulus</i> Say	0	0	0	1
<i>Philonthus</i> sp.	0	1	0	7
<i>Platydacus violaceus</i> Grav.	1	1	1	1
<i>Pseudopsis subulata</i> Herman	1	1	0	0
<i>Quedius erythrogaster</i> Mann.	1	0	0	0
<i>Quedius peregrinus</i> Grav.	1	1	0	1
<i>Sepedophilus littoreus</i> (L.)	1	0	0	0
<i>Staphylinus badipes</i> LeC.	1	0	0	0
<i>Tachinus addendus</i> Horn	5	2	7	2
<i>Tachinus elongatus</i> Gyll.	0	1	0	0
<i>Tachinus fumipennis</i> (Say)	1	26	16	7
<i>Tachinus picipes</i> Er.	1	1	0	0
<i>Tachinus quebecensis</i> Robert	1	0	0	0
<i>Tachinus tachyporoïdes</i> Horn	1	0	0	0
Nombre de spécimens	72	67	39	41
Nombre d'espèces	20	17	9	12

vieille érablière (D) sont *Oxytelus nimius*, *Philonthus* sp. et *T. fumipennis*.

ACTIVITÉ SAISONNIÈRE

Leiodidae

Anisotoma horni est active de juin à août (tableau III); en 1970, environ 75% des captures ont été effectuées au cours des deux premières semaines de juillet. Wheeler (1979) mentionne que les spécimens de cette espèce ont été recueillis d'avril à décembre, plus fréquemment de juin à août.

La majorité des *Catops* sp. ont été capturés en août, tandis que les individus de *Leiodes* sp. 1 étaient actifs en août et en septembre (tableau III).

Leiodes sp. 3 est une espèce active de juillet à octobre (tableau III); en 1970, la majorité des

captures ont été faites dans la première quinzaine d'août.

Staphylinidae

Selon Campbell (1982), *Acidota subcarinata* a été capturée d'avril à novembre, principalement en septembre et en octobre, et de préférence dans des milieux forestiers. Nous avons capturé cette espèce en octobre et en novembre (tableau III), ce qui suggère qu'une partie des adultes pourraient hiberner.

Lathrobium simile est une espèce active de mai à juillet et en novembre, plus fréquemment en mai et en juin (tableau III). *Oxytelus nimius* a été capturé en mai et en octobre, la majorité des captures étant printanières (tableau III). Cela suggère que ces espèces se reproduiraient au printemps et qu'une partie des adultes pourraient hiberner.

TABLEAU III

Répartition mensuelle du nombre d'individus de neuf espèces de Leiodidae et de Staphylinidae capturés en 1969 et en 1970

Famille et espèce	Année	Mois des captures						
		M	J	J	A	S	O	N
LEIODIDAE								
<i>Anisotoma horni</i>	1970	0	2	38	2	0	0	0
<i>Catops</i> sp.	1970	0	0	1	8	1	0	0
<i>Leiodes</i> sp. 1	1970	0	0	0	5	5	0	0
<i>Leiodes</i> sp. 3	1969	0	0	3	25	0	1	0
<i>Leiodes</i> sp. 3	1970	0	0	12	136	22	0	0
STAPHYLINIDAE								
<i>Acidota subcarinata</i>	1969	0	0	0	0	0	8	7
<i>Lathrobium simile</i>	1969	6	8	3	0	0	0	1
<i>Oxytelus nimius</i>	1970	15	0	0	0	0	1	0
<i>Tachinus addendus</i>	1969	2	7	3	0	0	0	0
<i>Tachinus fumipennis</i>	1969	2	14	1	0	0	0	0
<i>Tachinus fumipennis</i>	1970	24	9	0	0	0	0	0

Tachinus addendus a été capturé de mai à juillet, mais surtout en juin (tableau III). D'après Robert (1946), les adultes sont recueillis de juillet à octobre, principalement en août. Selon Campbell (1973), cette espèce est capturée de mai à septembre, particulièrement en juillet et en août. Les différences pourraient être dues à la méthode d'échantillonnage.

Tachinus fumipennis était actif surtout en mai et en juin (tableau III). Selon Campbell (1973), cette espèce, pouvant être capturée tout le long de l'année, est généralement recueillie d'avril à septembre.

De façon générale, l'activité des Leiodidae est plus intense au cours de l'été, alors que celle des Staphylinidae atteint son maximum au printemps.

Remerciements

Nous remercions vivement le Dr Jean-Guy Pilon (Université de Montréal) pour ses encouragements constants et pour avoir mis à notre disposition les ressources de son laboratoire. Nous exprimons aussi notre gratitude aux Drs J.M. Campbell et A. Smetana (Institut de recherches biosystématiques, Ottawa) pour l'aide apportée au cours de l'identification des Staphylinidae.

Références

- ADIS, J., 1979. Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. — *Zool. Anz.*, 202: 177-184.
- BAERT, L.L.A. & J.P. MAELFAIT, 1977. Contribution to the knowledge of the arachno- and entomofauna

of different wood habitats: II. Influence of the microrelief upon epedafic Coleoptera. — *Bull. Annis Soc. r. ent. Belg.*, 113: 101-110.

CAMPBELL, J.M., 1973. A revision of the genus *Tachinus* (Coleoptera: Staphylinidae) of North and Central America. — *Mem. ent. Soc. Canada* no. 90, 137 p.

CAMPBELL, J.M., 1979. Coleoptera. Introduction. — Pages 357-363 in H.V. Danks (ed.). *Canada and its insect fauna*. *Mem. ent. Soc. Canada*, no. 108, 573 p.

CAMPBELL, J.M., 1982. A revision of the North American Omaliinae (Coleoptera: Staphylinidae). 3. The genus *Acidota* Stephens. — *Can. Ent.*, 114: 1003-1029.

CAMPBELL, J.M. & S.B. PECK, 1979. Coleoptera. Staphylinidae. — Pages 369-371 in H.V. Danks (ed.). *Canada and its insect fauna*. *Mem. ent. Soc. Canada*, no. 108, 573 p.

DRDUL, J., 1972. Koleopteren in der Bodenstreu eines Eichen-Hainbuchenwalds. — *Biológia Bratisl.*, 27: 425-432.

GASPAR, C., 1967. Recherches sur l'écosystème forêt. Série C. La chênaie à *Galeobdolon* et à *Oxalis* de Mesnil-Église (Ferage); contribution n° 3. Coléoptères piégés en 1965 et 1966. — *Bull. Rech. agron. Gembloux*, 2: 657-666.

GASPAR, C., 1968. Recherches sur l'écosystème forêt. Série B. La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Contribution n° 18. Coléoptères piégés en 1965 et 1966. — *Bull. Rech. agron. Gembloux*, 3: 76-82.

GASPAR, C. & C. VERSTRAETEN, 1972. Recherches sur l'écosystème forêt. Série C. La chênaie à *Galeobdolon* et à *Oxalis* de Mesnil-Église (Ferage). Contribution n° 26. Biocénose des coléoptères. — *Bull. Soc. r. Sci. Liège*, nos 3-4, p. 227-249.

- KLEINERT, J., 1979. Soil surface macrofauna with regard to Coleoptera and Carabidae in a mountain valley. — *Biológia Bratisl.*, 34: 617-628
- LEVESQUE, C. & G.-Y. LEVESQUE, 1980. Activité des taupins (Coleoptera: Elateridae) de biotopes forestiers décadus des Laurentides (Québec). — *Naturaliste can.*, 107: 95-99.
- LEVESQUE, C., J. DUBÉ & J.-G. PILON, 1976. Inventaire et étude biocénétique des coléoptères Carabidae de biotopes forestiers des Laurentides (Québec). — *Naturaliste can.*, 103: 569-582.
- LEVESQUE, C., J.-G. PILON, J. DUBÉ & G.-Y. LEVESQUE, 1979. Phénologie et activité locomotrice de coléoptères Carabidae des Laurentides (Québec). — *Naturaliste can.*, 106: 355-368.
- LÖSER, S., 1980. Zur tageszeitlichen Aktivitätsverteilung von Arthropoda der Bodenstreu (Coleoptera, Diplopoda, Isopoda, Opiliones, Araneae) eines Buchen-Eichen-Waldes (Fago-Quercetum). — *Ent. Gen.*, 6: 169-180.
- LUFF, M.L., 1968. Soil effects of formalin on the numbers of Coleoptera caught in pitfall traps. — *Entomologist's mon. Mag.*, 104: 115-116.
- NEWTON, A. & S.B. PECK, 1975. Baited pitfall traps for beetles. — *Coleopta Bull.*, 29: 45-46.
- OBRTTEL, R., 1971. Soil surface Coleoptera in a lowland forest. — *Acta Sci. nat. Brno*, 5: 1-47.
- PIRONE, D.J. & D.J. SULLIVAN, 1980. Ecology of necrophilous and carophilous Coleoptera in a southern New York woodland. Part I. Overview. — *Jl N.Y. ent. Soc.*, 88: 186-196.
- ROBERT, A., 1946. Le genre *Tachinus* dans la province de Québec. — *Naturaliste can.*, 73: 57-88.
- SHUBECK, P.P., N.M. DOWNIE, R.L. WENZEL & S.B. PECK, 1981. Species composition and seasonal abundance of carrion beetles in an oak-beech forest in the Great Swamp National Wildlife Refuge (N.J.). — *Ent. News*, 92: 7-16.
- WHEELER, Q.D., 1979. Slime mold beetles of the genus *Anisotoma* (Leiodidae): classification and evolution. — *Syst. Ent.*, 4: 251-309.

THE FENITROTHION AND AMINOCARB CONTENT AND THE DISTRIBUTION OF THE AQUATIC PLANT *CERATOPHYLLUM DEMERSUM* RELATIVE TO FOREST SPRAYING IN NEW BRUNSWICK AND NOVA SCOTIA

D.C. EIDT and C.A.A. WEAVER

Maritimes Forest Research Centre
Canadian Forestry Service
P.O. Box 4000, Fredericton (New Brunswick) E3B 5P7

Résumé

Des onze échantillons de *Ceratophyllum demersum* prélevés au Nouveau-Brunswick, quatre contenaient de l'aminocarbe alors qu'aucun ne contenait du fénitrothion. La plante n'a été trouvée que dans les zones tampons contiguës aux régions d'arrosage du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse. Il est peu probable que l'arrosage des forêts ait influencé la répartition de *C. demersum*, puisqu'il y a peu d'habitats qui lui soient propices à l'extérieur des zones tampons.

Abstract

Four of eleven samples of *Ceratophyllum demersum* analysed contained aminocarb; all were from New Brunswick. None contained fenitrothion. The plant was found only in the spray buffer zones of New Brunswick and equivalent sites in Nova Scotia. It is unlikely that forest spraying influenced the distribution of *C. demersum* because little suitable habitat lies outside the buffer zones.

Introduction

The principal insecticides used in recent years against the spruce budworm in New Brunswick have been fenitrothion and aminocarb. There are questions about where these chemicals go once emitted (NRCC, 1982; Eidt *et al.*, 1984). It was suggested by P. Weinberger, University of Ottawa, (pers. comm.) that the common vascular water plant, *Ceratophyllum demersum* L., accumulates and stores fenitrothion and aminocarb until it becomes fatally toxic. Aside from any direct effect these insecticides may have on the plant, indirect effects could occur to animals dependent on the plant. Gajevskaja (1958) wrote that, among herbivorous invertebrates of divers groups in their experiments, none refused to feed on *Ceratophyllum*.

C. demersum (Ceratophyllaceae) is a dicotyledon remarkable for its underwater flowering and pollination. It is found across North America in sluggish streams, in ponds, and in shallow lakes where the bottom is muddy and there is shelter from turbulence and wave action. It grows submerged down to 8 m deep, depending on the water body, but was found most abundantly at 3 to 4 m in the Bay of Quinte, Lake Ontario (Bristow

et al., 1977), and in Lake Opinicon, Ontario (Crowder *et al.*, 1977), but at <1 m in a Japanese lake (Sastroutomo, 1982). The stem is imbedded in the muddy bottom, but there are no true roots. We found it in New Brunswick and Nova Scotia usually in association with the ubiquitous *Utricularia* spp. and with eelgrass, *Valisneria americana* Michx.

Our objectives were to determine the concentrations of fenitrothion and aminocarb in *Ceratophyllum* from various parts of New Brunswick and northern mainland Nova Scotia, and to determine the distribution in relation to suitable habitat and to forest spray history.

Methods

Samples were sought from late June to September in selected lakes, ponds, and sluggish streams in most counties of New Brunswick and in the northern mainland of Nova Scotia. Likely places down to 1.5 m deep were searched by dredging with a garden rake while wading or from a small boat. Limited use was made of skin-driving and a water telescope. Selection of sites was subjective; preferred were places with muddy

bottoms, little current or wave action, and other water plants. Such sites were common in settled river valleys, but not in the upland forested areas, therefore there was extra effort to find suitable sites in areas subject to forest spraying.

Samples were collected in 455-mL jars, the covers of which were lined with aluminum foil. All samples were placed immediately in an ice chest, then stored at 0 to 5° C until analysed chemically within 3 weeks.

Analyses of samples for fenitrothion and aminocarb were done according to the method of Haché *et al.* (1981). A 10-g sample of plant tissue was homogenized for 5 min with 150 mL of acetonitrile. This homogenate was filtered through a Whatman no. 202 filter paper and the residue was rinsed with three 10-mL measures of acetonitrile. The combined filtrate was diluted to 2 L with distilled water and passed through an Amberlite® XAD-7 resin column at 130 mL/min. The column was washed with 1 L of distilled water, then with four 25-mL measures of ethyl acetate at the same flow rate. The ethyl acetate eluate was dried with anhydrous sodium sulfate, filtered, and evaporated to 1.0 mL for analysis by gas chromatography.

The samples were analysed with a Tracor model 560 gas chromatograph (GC) equipped with a nitrogen-phosphorus selective detector. The GC glass column (1.8 m x 4 mm I.D.) contained OV-17 on CHROMOSORB W, A.W., DMCS, 60-80 mesh. Five microlitres of extract were injected. To quantify amounts detected, peak heights of samples were compared with those of known standards. Solvent blanks were injected often to check for possible contamination of the GC. After every fourth or fifth run, the apparatus and reagents were checked by following the procedure without a sample.

The presence or absence of fenitrothion or aminocarb in the sample extracts was established by comparing the retention times with those of standards under the same operating conditions. There were no interfering peaks in the regions where fenitrothion and aminocarb were expected. Whenever fenitrothion or aminocarb was detected, confirmation tests were done by spiking an aliquot of the extract with a known amount of the appropriate chemical which, if positive, resulted in amplification of a suspected peak by the known amount.

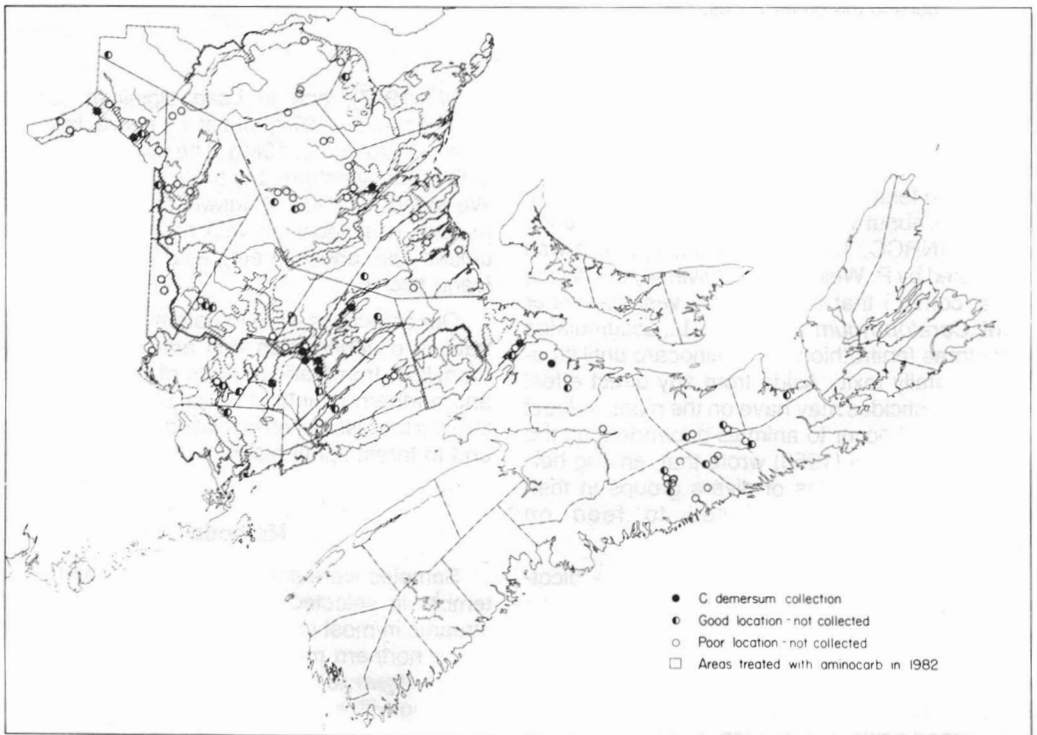


Figure 1. Location of collection points in New Brunswick and Nova Scotia. Hatched area represents buffer zone.

Results

Of 92 sites investigated for the presence of *C. demersum*, only 36 were regarded as suitable and only 12 of these yielded the plant: 11 of 68 in New Brunswick and 1 of 24 in Nova Scotia (Fig. 1). All sites in New Brunswick where *C. demersum* was found were in marshes in hardwood forest or near habitations. The buffer zone for forest spraying, shown in Figure 1, is defined as 1.6 km of known year-round habitation, and excludes TBMs and larger aircraft; spraying with small, slow aircraft is permitted within 300 m of cleared land.

Fenitrothion was not found in any of the samples analysed. Of 14 samples of *C. demersum* collected, 11 were analysed and 4 contained aminocarb. All were collected in the lower St. John River Valley near Jemseg, N.B. (Table I).

Discussion

All the *C. demersum* samples were collected between 6 and 18 km from blocks sprayed with fenitrothion in 1983. If fenitrothion is held cumulatively in *C. demersum*, then it would not be surprising if some were found because it can

TABLE I

Localities where *C. demersum* was collected in New Brunswick and Nova Scotia, 1983

Locality	Site	Date	Insecticide	
			Fenitrothion ($\mu\text{g/g}$ wet weight)	Aminocarb
Ash swamp near McGowans Corner, Queens Co., N.B.	Murky backwater covered with duckweed, depth 2 m pH 6.3	July 26	N.D.	0.81
Pond near Foshay Lake, Queens Co., N.B.	Murky backwater covered with duckweed, depth 2 m pH 6.3	August 08	N.D.	N.D.
		August 29	N.D.	0.10
Redbank Creek, near Chipman, Queens Co., N.B.	Clear water, muddy bottom, depth 2 m, pH 6.5	August 16	N.D.	N.D.
Swan Creek Lake Queens Co., N.B.	Clear water, muddy bottom, depth 1 m, pH 6.4	July 25	N.D.	N.D.
Jemseg River at Jemseg, Queens Co., N.B.	Murky backwater covered with duckweed, muddy bottom, depth 2 m, pH 6.4	August 08	N.D.	0.37
		August 29	N.D.	0.25
South Oromocto River near Central Blissville Sunbury Co., N.B.	Murky backwater, muddy bottom, depth 15-30 cm, pH 6.6	August 08	N.D.	N.D.
Keswick River, Mouth of Keswick, York Co., N.B.	Backwater pond, muddy bottom, depth 1 m, pH 6.0	July 28	N.D.	N.D.
Pond at Quisibis, Madawaska Co., N.B.	Murky pond covered with duckweed, muddy bottom, depth 1 m, pH 6.9	August 18	N.D.	N.D.
Madawaska River, St. Jacques, Madawaska Co., N.B.	Murky backwater, growing in mats, muddy bottom, depth 2 m, pH 6.6	August 18	N.D.	N.D.
McKay Brook, near Newcastle, Northumberland Co., N.B.	Clear water pond, growing in mats, muddy bottom, depth 60 cm, pH 6.9	August 09	not analysed	
Front Lake near Sackville, Westmorland Co., N.B.	Murky water, muddy bottom, depth 50 cm, pH 6.8	June 27	not analysed	
Lake Killarney, Cumberland Co., N.S.	Clear water, muddy bottom, depth 1.5 cm, pH 5.6	June 28	not analysed	

persist in balsam fir, *Abies balsamea* (L.) Mill., needles for more than a year (McNeil *et al.*, 1979).

On the other hand, it is surprising that aminocarb was found in *C. demersum* because none was used closer than 130 km to the west in Maine in 1983. Aminocarb was used in 1982 in New Brunswick. Block 82, 3200 ha, about 20 km north and block 86, 4300 ha about 45 km west of the Ash Swamp site had been sprayed with two applications of aminocarb at 70 g/ha in early June 1982 (Fig. 2). We have little doubt that there was aminocarb in the four samples. Two were from the same site, collected two weeks apart and the two collected on the later date were analysed with extra precautions to ensure that contamination did not occur. Concentrations in the samples diminished with distance from block 82; waters in the area flow southward, and wind was from the north at 0 to 6 km/h when the block was sprayed the second time. This further suggests that the residues originated there and persisted. How this

might have happened is uncertain unless the aminocarb translocated within the plant. Growing tips of *Ceratophyllum* break off late in the season and are, with seedlings, the source of the next year's plants (Muenscher, 1944). Thus, the tissue analysed for insecticide in 1983 was not the same tissue present in early June 1982 when aminocarb was used.

C. demersum was found only in unsprayed areas within the forest spray buffer zone, which is also where most suitable habitat was found. Few suitable sites were found in areas where forest spraying is permitted in New Brunswick, and in equivalent areas of Nova Scotia. Suitable sites were relatively easy to find in valley bottoms where settlement is more extensive. Eleven of 27 such sites in New Brunswick, and one of nine in Nova Scotia yielded samples. Within-pond distribution was patchy, and our failure to find the plant does not mean that it was not there. All waters where the plant was found had pHs be-

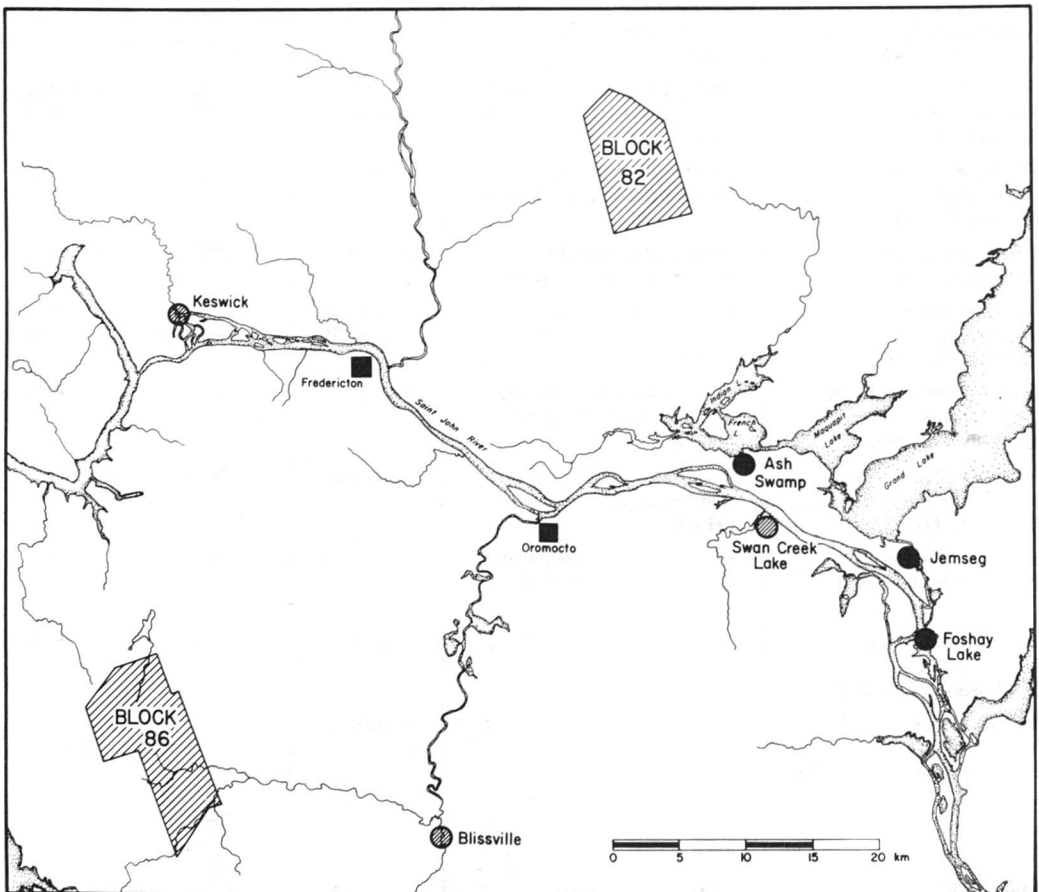


Figure 2. Location of collection points for aminocarb in relation to 1982 aminocarb spray blocks. Circles indicate *C. demersum* collections; (black circle) positive for aminocarb, (hatched circle) negative.

tween 5.3 and 6.9. Upland sites in coniferous forest tend to be more acid. It seems highly unlikely that *C. demersum* could have been eliminated from the upland areas by insecticide use.

C. demersum is probably not a fenitrothion sink under field conditions, because according to current knowledge about aerial and aqueous drift, fenitrothion is unlikely to be completely absent from the buffer zone. There is now field evidence that *C. demersum* is an aminocarb sink. Because suitable habitat tends to be outside areas subject to forest spraying and the distribution of *C. demersum* is so patchy among and within water bodies, the plant is not useful as a survey species. There is a need to find other aquatic plant sinks that are more widely distributed in upland forest.

Acknowledgments

We thank Forest Protection Ltd., Lincoln, N.B., for information on forest spray blocks. All chemical analyses were done by Dr V.N. Mallet, Université de Moncton, New Brunswick. Professors H. Harries, Mount Allison University, Sackville (New Brunswick) and H.R. Hinds, University of New Brunswick, helped us identify *C. demersum* and determine the known distribution.

References

- BRISTOW, J.M., A.A. CROWDER, M.R. KING & S. VANDERKLOET, 1977. The growth of aquatic macrophytes in the Bay of Quinte prior to phosphate removal by tertiary sewage treatment (1975-1976). — *Naturaliste can.*, 104: 465-473.
- CROWDER, A.A., J.M. BRISTOW, M.R. KING & S. VANDERKLOET, 1977. Distribution, seasonality, and biomass of aquatic macrophytes in Lake Opinicon (Eastern Ontario). — *Naturaliste can.*, 104: 441-456.
- EIDT, D.C., A.J. SOSIAK & V.N. MALLET, 1984. Partitioning and short-term persistence of fenitrothion in New Brunswick headwater streams. — *Archs Environ. Contam. Tox.*, 13: 43-52.
- GAJEVSKAJA, N.S., 1958. Le rôle des groupes principaux de la flore aquatique dans les cycles trophiques des différents bassins d'eau douce. — *Verh. int. Verein. theor angew. Limnol.*, 8: 350-362.
- HACHÉ, P., R. MARQUETTE, G. VOLPE & V.N. MALLET, 1981. Fast clean-up of difficult substrates for determination of fenitrothion and some derivatives. — *J. Ass. off. anal. Chem.*, 64: 1470-1473.
- MCNEIL, J.N., R. GREENHALGH & J.M. McLEOD, 1979. Persistence and accumulation of fenitrothion residues in jack pine foliage and their effect on the Swaine jack pine sawfly, *Neodiprion swainei* (Hymenoptera, Diprionidae). — *Envir. Ent.*, 8: 752-755.
- MUENSCHER, W.C. 1944. Aquatic plants of the United States. — Cornell Publ. Co., Ithaca, N.Y., 374 p.
- NRCC, 1975. Fenitrothion: the effects of its use on environmental quality and its chemistry. — National Research Council of Canada, Associate Committee on Scientific Criteria for Environmental Quality, NRCC no. 14104, 162 p.
- SASTROUTOMO, S.S., 1982. Summer biomass of aquatic macrophytes in relation to sediment characteristics in Lake Aino-numa, Miyagi. — *Jap. J. Ecol.*, 32: 45-55.

**CONTRIBUTION À LA CONNAISSANCE DES SPHAGNES
(SPHAGNUM) DU QUÉBEC-LABRADOR, 1. PREMIÈRE
MENTION DU SPHAGNUM AONGSTROEMII C. HARTM. AU QUÉBEC**

R. GAUTHIER

*Herbier Louis-Marie et Département de phytologie
Faculté des sciences de l'agriculture et de
l'alimentation, Université Laval, Québec G1K 7P4*

et

J.-P. DUCRUC

*Service des inventaires écologiques, ministère de
l'Environnement du Québec, 2360 Chemin Sainte-Foy
Québec G1V 4H2*

Résumé

La présence de *Sphagnum aongstroemii* dans l'est du Canada est confirmée par la première mention de ce taxon au Québec. Les deux stations du Nouveau-Québec où il a été découvert sont décrites et une carte de sa répartition en Amérique du Nord est présentée.

Abstract

The occurrence of *Sphagnum aongstroemii* in eastern Canada is confirmed by the first mention of its presence in Québec. The two stations in Nouveau-Québec where it was discovered are here described. A map of its North American distribution is presented.

Introduction

Le *Sphagnum aongstroemii* C. Hartm. est un taxon circumpolaire dont la distribution est surtout concentrée dans la région arctique inférieure. Sa distribution nord-américaine a été étudiée en détail par Vitt & Andrus (1975). Steere (1978) reprend les données de Vitt & Andrus et y ajoute 5 nouvelles localités. Aux localités déjà connues, nous avons pu en ajouter une douzaine d'autres (fig. 1) grâce aux informations que nous a aimablement fournies le Dr Dale Vitt de l'Université d'Alberta. De plus, nous ajoutons celle du lac Conwoyto dans le district du Mackenzie où l'un de nous (J.-P.D.) a récolté le *Sphagnum aongstroemii*.

La carte de distribution obtenue (fig. 1) montre que cette espèce est pratiquement confinée aux Territoires du Nord-Ouest et à l'Alaska, entre les 60° et 70° degrés de latitude nord. C'est surtout dans la partie ouest et au centre de ce vaste territoire que le *Sphagnum aongstroemii* a été observé. Un peu moins de la moitié des localités connues se situent en Alaska. Elles forment, avec les localités du Yukon et de la partie occidentale du Mackenzie, le groupe de la portion ouest de

l'aire de dispersion nord-américaine. Au centre de l'aire, presque toutes au sud du cercle polaire se trouvent une vingtaine de localités situées de part et d'autre de la limite entre les districts du Mackenzie et du Keewatin. Les nouvelles localités ajoutées étendent vers l'ouest l'aire connue du taxon dans cette portion des Territoires du Nord-Ouest. Enfin, à l'est, une localité isolée, la seule de l'archipel arctique canadien, se situe à Pangnirtung sur l'île de Baffin au niveau du cercle polaire.

Les deux seules localités connues jusqu'à maintenant au sud du 60° degré de latitude nord étaient celle de Wrangell à la pointe sud-est de l'Alaska rapportée par Holzinger & Frye (1921) et celle de Prince-Rupert en Colombie-Britannique rapportée par Schofield (1968). Cette dernière localité était la seule qui était connue d'une province canadienne. Nous lui ajoutons celle de l'île Pitt située à quelques dizaines de kilomètres plus au sud et qui constitue la limite méridionale du taxon en Amérique du Nord (53°46'N.). Quoique très au sud par rapport à l'ensemble des localités nord-américaines connues, elle est encore loin

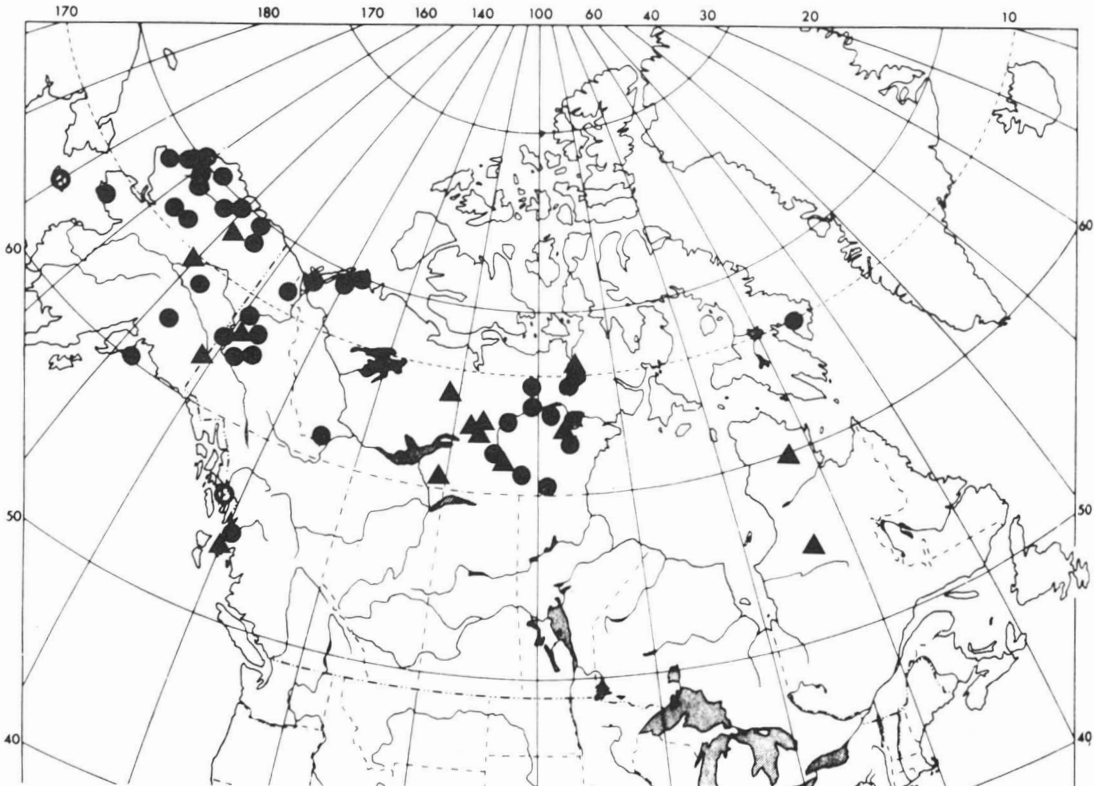
de la limite sud mondiale établie par Suzuki (1955) en Corée du Sud par 41°50' de latitude nord. À l'opposé, la station la plus nordique se situe au Spitzberg (Svalbard) par 78°12'N. (Kuc, 1973). Curieusement, l'espèce n'a jamais été observée au Groenland où, précise Lange (1952), il n'y a apparemment pas de raison pour qu'elle soit absente.

Nouvelles stations au Québec

Au Québec, le *Sphagnum aongstroemii* a été découvert dans le territoire du Nouveau-Québec. Une première station se situe par 54°42'N. et 71°03'O., soit seulement à une centaine de kilomètres au nord de sa limite sud sur notre continent (fig. 1). Elle se trouve à la tête des eaux de la Grande Rivière de la Baleine, à 470 mètres d'altitude et à une centaine de kilomètres à l'est-sud-est du lac Bienville. Cette station constitue une extension d'aire très considérable de l'aire de dispersion du *Sphagnum aongstroemii* vers

le sud-est. En effet, elle se situe à près de 1300 km au sud de celle de Pangnirtung sur l'île de Baffin et à environ 1700 km au sud-est de celle du lac Nueltin au Keewatin.

Loin au sud de la limite du 60°N., elle atteint la zone subarctique, sous-zone du haut-subarctique. Plus précisément, elle appartient au domaine des landes boisées (Gerardin, 1980). Le *Sphagnum aongstroemii* a été récolté dans une forêt ouverte (recouvrement arboré de 25 à 40 pour cent) de mélèzes (*Larix laricina*) accompagnés d'épinettes noires (*Picea mariana*). Ce sont des arbres âgés (âge moyen du peuplement: 114 ans) et de bonne taille (18 m de hauteur en moyenne). Le sol est entièrement recouvert de sphaignes, principalement de *Sphagnum girgensohnii* mais *Sphagnum fuscum* est aussi présent. *Equisetum sylvaticum* domine chez les plantes vasculaires et forme une strate importante avec *Rubus chamaemorus*. Le recouvrement des éricacées telles *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum groenlandicum* et *Vaccinium uliginosum*



▲ nouvelle localité

Figure 1. Répartition nord-américaine de *Sphagnum aongstroemii* C. Hartm. modifiée de Vitt & Andrus (1975) et Steere (1978) avec permission des auteurs.

reste très faible. Enfin, le sapin baumier (*Abies balsamea*) en régénération constitue l'essentiel de la strate arbustive supérieure.

La station est située dans un bas de pente avec une longue pente arrière concave; un humus de 30 cm d'épaisseur s'y est accumulé sur le till imparfaitement drainé avec seepage (drainage latéral). La nappe phréatique a été observée à 47 cm de la surface. Le sol est un brunisol dystrique éluvié gleyifié. Le pH de l'humus est respectivement 4,2 et 4,7 dans les horizons F et H.

Cet habitat forestier n'est pas exceptionnel. Holmen & Scotter (1971) rapportent qu'à la réserve Reindeer dans les Territoires du Nord-Ouest, le *Sphagnum aongstroemii* a été récolté entre autres dans des forêts humides d'épinettes noires. En Scandinavie, Nyholm (1969) indique qu'il croît dans les dépressions peu profondes des forêts. Cependant, cet habitat du *Sphagnum aongstroemii* à la limite de son aire de dispersion au Québec diffère de son habitat à la même limite en Colombie-Britannique. Là, dans les forêts de conifères, il forme des coussinets compacts sur les pentes des rochers suintants dans les deux stations où il a été observé (environ 20 km et 50 km à l'est de Prince-Rupert, Schofield & Andrus *in litt.*: Vitt & Andrus, 1975). Nyholm (1969) indique que l'espèce est aussi présente sur les rochers humides en Scandinavie sans toutefois préciser si ces localités sont en limite d'aire. Les rochers suintants permettent sans doute un approvisionnement en éléments nutritifs similaire à celui que la plante obtient dans les tourbières minérotrophes où elle est fréquemment rencontrée dans les régions plus nordiques. Par contre, à l'île Pitt, *Sphagnum aongstroemii* a été observé sous forêt coniférienne pluvieuse.

La seconde colonie de *Sphagnum aongstroemii* au Québec a été découverte sur la rive nord de la rivière Arnaud à l'est de la confluence des rivières Lepellé et Arnaud, dans la péninsule d'Ungava au Nouveau-Québec par 59°58'N. et 72°23'O. (fig. 1). La station ne se trouve qu'à une trentaine de mètres d'altitude; c'est une tourbière minérotrophe pauvre, en pente douce, installée sur des dépôts fluviaux sablonneux. Le pergélisol était présent à 45 cm de profondeur dans la tourbe. Une arbustaie basse dominée par *Salix arctophila* accompagné d'*Andromeda glaucophylla*, de *Betula glandulosa* et de *Ledum decumbens*, s'étale au-dessus d'un tapis discontinu de sphaignes dans lequel le *Sphagnum lenense*, une autre espèce arctique, domine avec quelques présences de *Sphagnum lindbergii*.

L'habitat de cette seconde station située dans la toundra, correspond à l'habitat général du *Sphagnum aongstroemii* dans l'Arctique canadien

(Vitt & Andrus, 1975; Schofield *in litt.*). De plus, cette station se situe à la limite sud de la région comprise entre les 60° et 70° degrés de latitude nord dans laquelle sont concentrées les localités connues de ce taxon en Amérique du Nord.

Conclusion

Ces deux nouvelles stations étendent considérablement l'aire de dispersion du *Sphagnum aongstroemii* vers le sud-est. Elles confirment sa présence dans l'est canadien mais rendent encore plus énigmatique son absence dans le sud du Groenland à une latitude correspondante. Des explorations plus approfondies permettront certainement de le découvrir à nouveau dans la toundra de la péninsule d'Ungava et dans les monts Torngat du Labrador.

Remerciements

Les auteurs remercient les personnes suivantes qui leur ont fourni diverses informations: R.A. Andrus, L.D. Brown, R.R. Ireland, G. Lavoie, J.-L. Lethiecq, W.B. Schofield. Des remerciements plus particuliers s'adressent à D.H. Vitt qui a généreusement mis à la disposition des auteurs tous les renseignements concernant les spécimens de *Sphagnum aongstroemii* de son herbier.

Références

- BOIVIN, B., 1980. Survey of Canadian herbaria. — *Provancheria*, n° 10, 187 p.
- GERARDIN, V., 1980. L'inventaire du capital-nature du territoire de la Baie-James. Les régions écologiques et la végétation des sols minéraux, Tome I: Méthodologie et description. — Environnement Canada et Société de développement de la Baie-James, 398 p.
- HOLMEN, K. & G.W. SCOTTER, 1971. Mosses of the Reindeer Preserve, Northwest Territories, Canada. — *Lindbergia*, 1: 34-56.
- HOLMGREN, P.K., W. KEUKEN & E.K. SCHOFIELD, 1981. Index Herbariorum, Part 1, The herbaria of the world. — Dr. W. Junk B.V. the Hague, Boston, 452 p.
- HOLZINGER, J.M. & T.C. FRYE, 1921. Mosses of the Bureau of Soils Kelp Expedition to Alaska. — *Publ. Puget Sound mar. biol. Stn.*, 3: 23-64.
- KUC, M., 1973. A review of the mosses of Svalbard. — *Rev. Bryol. Lichen*, 39: 401-472.
- LANGE, B., 1952. The genus *Sphagnum* in Greenland. — *Bryologist*, 55: 117-126.
- NYHOLM, E., 1969. Illustrated moss flora of Fennoscandia. II. Musci. — Swedish Natural Sciences Research Council, Stockholm, fasc. 6, pages 647-799.
- SCHOFIELD, W.B., 1968. A selectively annotated checklist of British Columbia mosses. — *Syesis*, 1: 163-175.

- STEERE, W.C., 1978. The mosses of arctic Alaska. — Bryophytorum Bibliotheca, no. 14, 508 p.
- SUZUKI, H., 1955. A list of *Sphagnum* species from Hokkaido with descriptions of the new additions to Japanese flora. — J. Sci., Hiroshima Univ., Ser. B. Div. 2, 7: 63-89.
- VITT, D.H. & R.E. ANDRUS, 1975. *Sphagnum aongstroemii* in North America. — Bryologist, 78: 463-467.
- 65°26'N.-110°34'O., 23 juillet 1971, J.-P. Ducruc 20516, 20517 (QFA, QME); West of Fork Lake, 60°53'N-111°05'W, July 19 1973, D.L. Johnson 792 (ALTA); Back Butte, Clinton-Colden Lake, 63°54'N-107°12'W, July 29 1977, D.L. Johnson 275 (ALTA); Ted Lake, 63°06'N-107°17'W, August 2 1977, D.L. Johnson 388 (ALTA); Lac de Charlot, 63°48'N-108°04'W, July 29 1977, D.L. Johnson 816 (ALTA); Sifton Lake (Muskox Hill), 63°46'N-106°30'W, June 29 1977, J.S. Rowe 198 (ALTA); Beaverhill Lake, 62°53'N-104°18'W, June 22 1977, D.L. Johnson 92,97 (ALTA). *District du Keewatin*: 8 miles NE of Forde Lake, 63°28'N-97°02'W, September 1 1975, D. Gubbe *et alii* M1093 (ALTA); 1 mile E of the Mistake River, 66°51'N-95°25'W, July 22 1975, D. Gubbe *et alii* M572 (ALTA).

Appendice

Liste des spécimens justificateurs des nouvelles localités

ALASKA. Bettles Quad., Yukon River-Prudhoe Bay haul road, «Finger Mountain», 66°24'N-150°25'W, 610 m.s.m., 16 July 1976, B.M. Murray 76-72 (ALTA); North slope, foothills of Brooks Range along Alaska Pipeline haul road, 68°41'N-149°11'W, August 1978, P.D. Spatt 359 (ALTA); Scottie Creek, Tetlin NWR, 62°37'N-141°02'W, 1800 ft., July 1982, S.S. Talbot C59-1 (ALTA).

TERRITOIRE DU YUKON. Tombstone Mt. Area: In cirque basin with two tarn lakes 6.5 mi NE of Tombstone Mt., 64°29'N-138°33'W, July 9 1973, D.H. Vitt 8111, 8134 (ALTA); *Oedem*, 64°28'N-138°32'W, July 9 1973, D.H. Vitt 8020 (ALTA).

TERRITOIRES DU NORD-OUEST. District du Mackenzie: Lac Conwoyto, station météorologique,

COLOMBIE-BRITANIQUE. Prince Rupert Area: Pitt Island, Along South shore of Holmes Lake, 53°46'N-130°12'W, June 21 1979, D.H. Vitt 24338, 24339, 24355 (ALTA).

QUÉBEC. Territoire du Nouveau-Québec, bassin de la Grande Rivière de la Baleine, lac Mondésert, 54°42'N.-71°03'O., 470 m d'altitude, 4 juillet 1974, J.-P. Ducruc 74-714-p-3 (ALTA, CANM, QFA, QFB-E); Péninsule d'Ungava, rive nord de la rivière Arnaud, à l'est du confluent des rivières Lepellé et Arnaud, 59°58'N.-72°23'O., environ 30 m d'altitude, 14 juillet 1981, L.D. Brown QFB-E 18312 (CANM, QFB-E). (Les acronymes utilisés pour les herbiers figurent dans Holmgren, Keuken & Schofield, 1981 et Boivin, 1980).

EXEMPLE D'UTILISATION DE L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES ET DE L'ANALYSE DISCRIMINANTE EN PHYTOÉCOLOGIE

M. CAUBOUÉ

*Technologies forestières, Collège Sainte-Foy
2410, chemin Sainte-Foy, Sainte-Foy (Québec) G1V 1T3*

Résumé

Des analyses multidimensionnelles furent appliquées à l'étude d'une sère physiographique de la forêt de Beauséjour (Québec). Les résultats sont comparés à ceux fournis par l'analyse phytosociologique classique. L'analyse en composantes principales fut utilisée pour identifier les groupements végétaux et classer les relevés de végétation. L'analyse discriminante a mis en évidence les variables du milieu qui diffèrent d'un groupement à l'autre. Ces analyses quantitatives paraissent être deux techniques objectives et rapides qui remplacent avantageusement certaines étapes préliminaires à la définition et à la description des associations végétales.

Abstract

The multivariate analysis was applied to a topographic transect of Beauséjour Forest (Québec). The results are compared with those obtained with the classical method of Braun-Blanquet. The principal component analysis was used to identify the vegetation associations and to classify the sample plots. Discriminant analysis points out the environmental factors which differ from an association of plants to the other. Both of these quantitative analysis are rapid and objective techniques to replace usefully some preliminary steps to the definition and description of vegetation associations.

Introduction

La méthode de Braun-Blanquet (1928, 1951, 1964) est fréquemment utilisée pour étudier la végétation forestière (v.g. Blanchet, 1982; Blouin & Grandtner, 1971; Carrier, 1978; Cauboué, 1972; Grandtner, 1966). Cette méthode de classification repose sur la comparaison de relevés de végétation, à l'aide de tableaux. Le milieu est décrit de façon plus ou moins détaillée et les caractéristiques végétales et environnementales sont mises en parallèle à partir d'un examen visuel des tableaux. Outre les critiques purement polémiques que suscite la méthode de Braun-Blanquet, le reproche principal que l'on peut faire à cette méthode c'est la trop grande place qu'elle laisse au «flair» du chercheur et par là même à sa subjectivité. Ceci se retrouve aussi bien au niveau de l'échantillonnage que de l'élaboration des tableaux ou de la description des relations qui lient la végétation et le milieu. Gounot (1969) après avoir démantelé certaines critiques faites à la méthode de Braun-Blanquet, reconnaît qu'en pratique la méthode des tableaux est trop souvent utilisée d'une façon subjective.

Dès 1960, Dagnélie voyait dans l'analyse factorielle une méthode objective d'analyse des re-

levés susceptible de remplacer celle de Braun-Blanquet ou du moins de lui être complémentaire. Dans les années 1970, les analyses multidimensionnelles sont devenues pratique courante (v.g. Allen & Koonce, 1973; Auclair *et al.*, 1973; Dirschl & Coupland, 1972; Grabherr, 1979; Pett & Loucks, 1977). Cependant, le potentiel qu'offre leur complémentarité présente des facettes si nombreuses qu'il n'est pas encore pleinement exploité. Nous proposons un schéma d'analyse qui explore les avantages d'une utilisation successive de l'analyse en composantes principales (ACP) et de l'analyse discriminante pour l'étude écologique de la végétation. La méthodologie proposée est appliquée à une sère physiographique de la forêt de Beauséjour (comté de Lévis). Les résultats sont comparés à ceux qu'avait obtenus Grandtner (1960) lors de l'étude de tout le territoire de cette forêt suivant la méthode de Braun-Blanquet (1928).

L'interprétation de l'ACP nous permettra d'identifier les groupements végétaux (groupes coenologiques) et de classer les relevés. Pour plus d'objectivité, nous éviterons les regroupements visuels à partir des diagrammes d'ordination tels qu'ils sont fréquemment réalisés (Guinochet,

1973). Cette pratique laisse autant de place à la subjectivité qu'une classification effectuée à partir des tableaux de végétation. Après avoir établi les groupes d'espèces associées, nous chercherons à mettre en évidence les éléments différents des milieux respectifs à l'aide de l'analyse discriminante. Cette analyse a précisément pour but de rechercher les combinaisons linéaires de facteurs qui séparent le mieux possible des groupes déjà connus (Legendre & Legendre, 1979). Il est clair que nous ne prétendons pas établir un lien causal. Les véritables variables causales sont le plus souvent d'ordre écophysologique, très difficiles à cerner et pratiquement impossible à mesurer en milieu naturel. Les variables échantillonnées vont plutôt résumer l'état général du sol (v.g. pH), l'important pour l'aménagiste étant que ces variables soient suffisamment sensibles pour traduire les variations naturelles du milieu et indiquer les changements de végétation.

Milieu d'étude

La forêt expérimentale de Beauséjour est située dans le comté de Lévis près de Saint-Jean-Christophe, à trente kilomètres au sud-est de Québec. Elle se trouve dans les basses terres du Saint-Laurent et elle est soumise à un climat très proche de celui qui règne à Québec. La température moyenne est d'environ 4,5°C et les précipitations atteignent un mètre de hauteur (Villeneuve, 1967). Le déficit en eau, bien qu'existant, demeure faible (Doyon, 1975). Ce territoire appartient au complexe appalachien. Il est composé de schistes rouges et verts que les glaciations et la mer Champlain ont recouverts de dépôts complexes. Ces dépôts jouent un rôle primordial dans toute la région. Des argiles calcaires se sont déposées dans les parties les plus basses, les sables ou graviers sur les rivages. En se retirant, la mer Champlain a laissé des lacs temporaires que la végétation a parfois envahis provoquant un entourage.

La forêt de Beauséjour est très représentative de toute la région. Elle est en partie occupée par une dépression tapissée d'argile marine, au-dessus de laquelle on trouve jusqu'à 3,20 m de tourbe. Dans les parties les plus élevées, les dépôts plus grossiers de haut de plage ou morainiques favorisent un drainage plus rapide. On trouve alors des peuplements provenant de la dégradation de l'érablière laurentienne.

Nous avons étudié de façon intensive un petit secteur de cette forêt qui présente une grande diversité de peuplements, allant des formations tourbeuses à la forêt feuillue. Cette série physiographique (ou toposéquence) a une dénivellation de 8,4 m, le point le plus élevé étant à 115,6 m.

Grandtner (1960) présente une cartographie de la végétation pour l'ensemble de la forêt de Beauséjour. Dans le secteur que nous étudions, il décrit une érablière à hêtre (*Aceretum sacchari* s.-ass. *fagetosum*), une tremblaie (*Populetum tremuloidis*), une érablière rouge à érable à sucre (*Aceretum rubri* s.-ass. *aceretosum sacchari*), deux cédrières à érable rouge, l'une à frêne (*Acereto-Thujetum* s.-ass. *fraxinetosum*), l'autre à sphaignes (*Acereto-Thujetum* s.-ass. *sphagnetosum*), une pessière à némopanthé (*Sphagno-Piceetum marianae* s.-ass. *nemopanthesum*), une pessière à ledon (*Sphagno-Piceetum marianae* s.-ass. *ledetosum*) et enfin une tourbière à ledon (*Sphagno-Chamaedaphnetum* s.-ass. *ledetosum*). Selon la Classification canadienne des sols (C.C.S., 1972), les sols minéraux se classent dans le grand groupe des brunisols dystriques dégradés et les sols organiques, dans celui des humisols typiques. Ces derniers présentent un régime nutritif relativement bon.

Matériel et méthodes

ÉCHANTILLONNAGE

Les échantillons furent disposés sur cinq transects parallèles. L'échantillonnage était systématique. Chaque unité d'échantillonnage était constituée d'un relevé de végétation et d'un relevé de sol. Étant donné le territoire restreint, le climat était considéré comme constant.

La description de la végétation était fournie par la fréquence linéaire, telle que déterminée par Godron (1966, 1971) et Zarnovican (1972). Une ligne était matérialisée par une corde tendue divisée en segments de longueur égale, appelés « mailles ». Pour chaque maille était notée la présence des espèces dont la projection sur le plan horizontal passant par la ligne coupe cette maille. Un ensemble de mailles consécutives forment un « relevé ». Pour chaque maille, nous avons noté la présence d'une espèce, indépendamment de la strate verticale à laquelle elle appartient. Pour chaque relevé, nous avons ainsi obtenu la fréquence absolue des espèces végétales. En divisant par le nombre de mailles du relevé, nous obtenions leur fréquence relative. Cette fréquence relative qui n'a pas pour base l'individu n'est pas une densité, mais une évaluation objective du recouvrement linéaire.

Nous avons ajusté la longueur de la maille selon la méthode préconisée par Godron (1971); la longueur est optimale lorsque les logarithmes binaires des fréquences absolues s'alignent en fonction de leur rang. Une maille trop petite ou trop grande donne une courbe concave ou convexe. Quant au nombre de mailles nécessaires

pour constituer un relevé phytosociologique, nous l'avons établi en transposant à la ligne la méthode proposée par Gounot & Calléja (1962) pour déterminer l'aire minimale. Selon Gounot & Calléja (1962), celle-ci est « l'aire à partir de laquelle le coefficient de communauté moyen entre quatre échantillons de même surface, est significativement supérieur à une valeur donnée ». Ces auteurs rencontrent un palier dans la courbe aire-espèces pour des coefficients moyens de 80%. Cette valeur s'accompagne d'une faible variance qui augmente lorsque l'aire diminue. L'unité de base qui était le mètre carré dans le cas de la surface, devient la maille pour un échantillon linéaire. Dans ce cas, la méthode donne des résultats semblables : avec l'allongement de la ligne, le degré de similitude croît, pour ensuite se stabiliser. La longueur minimale de ce palier, qui se situe effectivement aux environs de 80%, constitue la longueur de l'échantillon. Ainsi, nous avons obtenu pour chaque type de structure (classification selon Payette & Gauthier, 1972) les longueurs de mailles et les nombres de mailles suivants : 8 mailles de 0,4 m pour la basse arbustaie, 16 mailles de 0,5 m pour la haute arbustaie, 16 mailles de 0,5 m pour la basse arborale et 16 mailles de 1 m pour la moyenne arborale. Ces relevés sont disposés de façon consécutive sur cinq transects de 190 m de long et équidistants de 21 m. Nous disposons de 86 relevés de végétation.

Pour chaque relevé phytosociologique, nous avons effectué un relevé pédologique. Doyon (1975) met en évidence l'importance des caractéristiques édaphiques dans tout le comté de Lévis. Grandtner (1960) souligne le rôle que joue la nature du dépôt de surface et la topographie dans la répartition de la végétation de la forêt de Beau-séjour. Ces deux éléments sont la cause du drainage et du régime hydrique qui, à leur tour, règlent la décomposition de la matière organique et, par là même, l'entourbement. Toujours d'après Grandtner (1960), le pH et la quantité de calcium varient beaucoup sur le territoire étudié. Blanchet (1973, 1982) montre que le cèdre, qu'il soit en milieu humide ou sec, est généralement lié à des sols contenant une grande quantité de calcium. À la suite de ces travaux, nous n'avons retenu que six variables pour cette étude ; toutes caractérisent l'humus ou la couche organique de surface. Il s'agit de l'épaisseur de la couche organique, de la quantité de matière organique, de la quantité d'azote total, du rapport C/N, du pH et de la quantité de calcium échangeable. Ces variables furent mesurées sur l'horizon Ah ou H pour les sols minéraux et sur les premiers 25 cm de tourbe pour les sols organiques, c'est-à-dire la partie du sol où l'enracinement est le plus dense. Nous n'avons pas tenu compte des caractéris-

tiques physiographiques ni des caractéristiques granulométriques du dépôt minéral car ces données sont traduites par l'épaisseur de la matière organique et n'apportent pas d'informations supplémentaires (Cauboué, 1980). En effet, les sols organiques sont situés en bas de pente sur un dépôt minéral à texture très fine, tandis que les faibles épaisseurs de matière organique se trouvent dans les secteurs élevés sur un dépôt grossier.

Neuf relevés pédologiques étant incomplets furent éliminés. Conséquemment l'analyse des variables édaphiques ne porte que sur 77 relevés.

ANALYSES DE LABORATOIRE

Le jour de la récolte, tous les horizons étaient séchés à l'air et les horizons organiques broyés (Amiot & Bernier, 1962). Le pH était mesuré dans une solution de CaCl_2 (0,01M) avec un appareil Beckman à électrode de verre. Le dosage de l'azote total était fait par la méthode macro-Kjeldahl (Jackson, 1958) et l'évaluation de la quantité de matière organique par calcination sur sol séché à 105°C (Amiot & Bernier, 1962). Le pourcentage de carbone était obtenu en divisant le pourcentage de matière organique par 1,724. Pour l'extraction du calcium échangeable, nous avons suivi la méthode de Schollenberger & Simon (1945).

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Le problème principal que soulève l'utilisation de l'analyse en composantes principales pour l'étude de la végétation réside dans le caractère non linéaire de la distribution des espèces (Austin, 1976; Austin & Noy-Meir, 1971; Gauch *et al.*, 1977). Bien que cette difficulté doive être prise en considération et pose des limites à l'interprétation des résultats, on constate que cette technique fut utilisée avec succès dans des études récentes (Depierreux *et al.*, 1983; Hobbs & Grace, 1981; Pregitzer & Barnes, 1982; Swaine & Greig-Smith, 1980). Van der Maarel (1979) considère que l'ACP peut être recommandée comme une technique efficace en phytosociologie, tandis que Depierreux *et al.* (1983) la considère comme un bon outil de classement des stations écologiques.

L'ACP doit être réalisée sur des variables quantitatives et une matrice qui présente peu de zéros (Swan, 1970), ce qui demande que toutes les espèces soient présentes dans presque tous les relevés. Nous avons ramené la quantité de zéros à un nombre acceptable en éliminant les espèces rares, mais sans toutefois enlever les espèces reconnues comme différentielles (v.g. *Tilia americana*). Les espèces dont la fréquence dans l'ensemble des mailles est supérieure à 10% furent retenues. Il reste 38 espèces.

Le nombre de composantes à retenir pour une description adéquate des données reste un problème important (Dale, 1975). Nous l'avons fait en nous basant sur la décroissance de la variation absorbée et sur la valeur écologique des composantes (Cauboue, 1980).

Les groupements végétaux (ou groupes coenologiques) furent identifiés par interprétation des saturations. La matrice des données ayant subi une standardisation, les saturations deviennent les coefficients de corrélation entre les espèces et les nouvelles composantes. Un test de signification des coefficients de corrélation (Neter & Wasserman, 1974) appliqué aux saturations, nous indique le seuil à partir duquel la contribution d'une espèce à la formation d'une composante est significative. Pour chaque composante, deux groupes d'espèces furent mis en évidence, l'un contribuant positivement, l'autre négativement à sa formation. Tous les groupes ne furent pas retenus comme groupes coenologiques. Une première sélection était effectuée à partir de la moyenne des saturations des espèces de chacun d'eux. La reconnaissance définitive des groupes coenologiques n'était faite qu'après avoir classifié les relevés selon leur localisation dans le nouvel espace factoriel. La coordonnée d'un relevé est d'autant plus élevée sur un axe que ce relevé est typique du groupement végétal représenté par cet axe. Il devient alors possible de classifier les relevés à partir de l'ordination.

L'ACP a été réalisée à l'aide du programme PAI du logiciel SPSS (SPSS, 1975). Les données sont centrées réduites. L'analyse est de type R basée sur la matrice des corrélations non altérée. La rotation varimax est appliquée à l'ensemble des composantes retenues.

ANALYSE DISCRIMINANTE

L'analyse discriminante (Dagnélie, 1975; Legendre & Legendre, 1979) présuppose la connaissance des groupes qu'elle discrimine par rapport à un ensemble de variables métriques s'approchant de la multinormalité. Elle a donné de bons résultats pour l'étude des niches éco-

logiques (Hudson, 1976; Mann & Shugart, 1983), pour différencier des régions fauniques (Legendre *et al.*, 1978) ou pour mettre en évidence le rôle indicateur de certains groupes d'espèces (Pregitzer & Barnes, 1982). L'analyse discriminante nous permet de voir s'il y a des différences entre les milieux qui supportent les groupes coenologiques identifiés par l'ACP. Ces milieux sont caractérisés par les six variables décrivant la couche pédologique de surface.

Le programme de calcul utilisé est l'analyse discriminante directe du logiciel SPSS (SPSS, 1975). Les données sont centrées réduites au cours de l'analyse pour calculer les fonctions discriminantes. La normalité des données fut vérifiée (Cauboue, 1980). Nous avons jugé de l'importance des fonctions discriminantes en nous basant d'une part sur les valeurs propres qui leur sont associées, d'autre part sur les corrélations canoniques et le Λ de Wilks. Le Λ de Wilks traduit l'inverse du pouvoir discriminant des variables initiales. Il est testé comme un χ^2 , il permet d'estimer le pouvoir discriminant des fonctions restantes lorsqu'un certain nombre de fonctions sont retenues. Les fonctions discriminantes sur lesquelles les positions des centroïdes (points moyens) des groupes coenologiques sont significativement différentes, sont donc déduites de ce test. Après l'analyse discriminante proprement dite, ce programme propose une classification des objets (qui sont ici les relevés). Les équations de classification sont dérivées des covariances et des centroïdes pour les variables discriminantes. Cette classification des objets peut être convertie en probabilité d'appartenance d'un objet à un groupe. Williams (1983) souligne l'importance de l'homogénéité de la dispersion dans la classification des objets. L'égalité des matrices de covariance des groupes est testée à l'aide de la statistique M de Box (Cooley & Lohnes, 1971).

Résultats

ORDINATION DES ESPÈCES

Nous avons retenu les cinq premières composantes (CV1, CV2, CV3, CV4 et CV5). Le pour-

TABLEAU I

Valeurs propres et pourcentages de la variation absorbée par les composantes

Composantes	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5
Valeurs propres	10,49	6,39	3,98	2,25	1,75
Pourcentages de la variation totale absorbée	27,6	16,8	10,5	5,9	4,6
Pourcentages cumulatifs	27,6	44,4	54,9	60,8	65,4

centage cumulatif absorbé est de 65,4% (tableau I). Sachant que nous avons initialement 38 variables, on peut déjà envisager l'existence de véritables groupes coenologiques pluri-spécifiques.

Étude des communautés

Le tableau II présente les espèces dans l'ordre croissant des communautés ainsi que le nombre de présences de chaque espèce et son recouvrement moyen dans les relevés où elle est pré-

sente. L'examen des communautés (variances communes) montre de grandes différences dans la représentativité des espèces par les nouvelles composantes: 0,91 pour *Kalmia polifolia* et 0,05 pour le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*). Il n'y a pas de corrélation linéaire significative ($r = -0,17$) entre le nombre de présences de l'espèce et son recouvrement moyen. Il ne semble pas y avoir non plus de relation entre le nombre de présences et les communautés ($r = 0,15$), sauf peut-être, dans les cas extrêmes. Dans ce cas, seul le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*) a une

TABLEAU II
Communautés, présences et recouvrements moyens des espèces

Variables	Espèces	Communautés	Nombre de présences dans les 86 relevés	Recouvrements moyens*
16	<i>Kalmia polifolia</i>	0,91	18	0,59
37	<i>Vaccinium Oxycoccus</i>	0,90	19	0,39
29	<i>Sphagnum fuscum</i>	0,89	17	0,41
12	<i>Corylus cornuta</i>	0,88	23	0,37
17	<i>Ledum groenlandicum</i>	0,88	24	0,55
15	<i>Kalmia angustifolia</i>	0,84	36	0,55
3	<i>Acer saccharum</i>	0,81	28	0,58
8	<i>Chamaedaphne calyculata</i>	0,80	21	0,41
34	<i>Thuja occidentalis</i>	0,79	36	0,56
1	<i>Abies balsamea</i>	0,78	48	0,57
19	<i>Nemopanthus mucronatus</i>	0,78	29	0,42
21	<i>Ostrya virginiana</i>	0,78	18	0,46
22	<i>Picea mariana</i>	0,77	27	0,54
24	<i>Polytricum strictum</i>	0,74	15	0,43
10	<i>Coptis groenlandica</i>	0,73	28	0,27
25	<i>Populus grandidentata</i>	0,73	13	0,39
9	<i>Clintonia borealis</i>	0,72	42	0,32
13	<i>Fraxinus nigra</i>	0,70	24	0,46
18	<i>Maianthemum canadense</i>	0,70	36	0,39
32	<i>Sphagnum robustum</i>	0,70	16	0,40
27	<i>Rhizomnium appalachianum</i>	0,67	22	0,30
11	<i>Cornus canadensis</i>	0,66	29	0,25
31	<i>Sphagnum recurvum</i>	0,62	27	0,33
7	<i>Carex trisperma</i>	0,61	43	0,42
23	<i>Pleurozium schreberi</i>	0,61	23	0,26
28	<i>Rubus pubescens</i>	0,61	22	0,25
38	<i>Viburnum cassinoides</i>	0,61	41	0,22
30	<i>Sphagnum magellanicum</i>	0,60	24	0,40
14	<i>Fagus grandifolia</i>	0,57	20	0,47
2	<i>Acer rubrum</i>	0,55	60	0,39
36	<i>Vaccinium myrtilloides</i>	0,55	26	0,38
4	<i>Aralia nudicaulis</i>	0,53	44	0,20
35	<i>Trientalis borealis</i>	0,50	37	0,14
20	<i>Osmunda cinnamomea</i>	0,42	34	0,16
5	<i>Alnus rugosa</i>	0,36	17	0,35
26	<i>Populus tremuloides</i>	0,28	13	0,37
6	<i>Betula alleghaniensis</i>	0,26	20	0,22
33	<i>Tilia americana</i>	0,05	1	0,56

* Recouvrement moyen de l'espèce dans les relevés où l'espèce est présente.

faible présence; il se trouve en dernière position. Quant aux recouvrements moyens les plus faibles, ils ont tendance à se produire pour des espèces ayant une communauté inférieure à 0,70. Comme le faisait remarquer Dagnélie (1960), la distribution des espèces montre que la valeur de la communauté est très liée au caractère différentiel de l'espèce dans l'ensemble étudié. Les plus fortes communautés appartiennent aux plantes exclusives (dans l'ensemble étudié) à un groupement, par exemple *Kalmia polifolia*, *Vaccinium Oxycoccus* et *Sphagnum fuscum*. Celles-ci se trouvent ensemble dans l'arbustaie basse du centre de la tourbière, et uniquement dans cette station, d'ailleurs la plus sélective en raison des conditions extrêmes qui y règnent. *Carex trisperma* qui se trouve avec constance dans toute la zone tourbeuse profonde, chevauche plusieurs groupements et présente une communauté plus faible (0,61) que les espèces précédentes.

D'autre part, les communautés du cèdre (*Thuja occidentalis*), du frêne noir (*Fraxinus nigra*) et de l'aulne rugueux (*Alnus rugosa*) sont très révélatrices. Le cèdre n'est dominant que dans la cèdrière et est abondant dans tous ses relevés. Le frêne noir et l'aulne rugueux ne se trouvent que dans les relevés où le cèdre est abondant, donc respectivement dans 24 et 17 des 36 relevés où le cèdre apparaît. Les communautés sont 0,79 pour le cèdre, 0,70 pour le frêne noir et 0,36 pour l'aulne rugueux, les recouvrements moyens étant respectivement 0,56, 0,46 et 0,35. Dans le cas d'une espèce différentielle, la constance et l'abondance influencent donc la communauté. Par conséquent, ces analyses ne peuvent pas toujours mettre en évidence les espèces caractéristiques, puisque ces dernières (au sens phytosociologique de Braun-Blanquet, 1913) ne sont pas nécessairement abondantes, ni même présentes dans tous les relevés. Ainsi, bien que sa présence soit importante au plan phytosociologique, le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), considéré comme espèce différentielle de l'alliance de l'érable à sucre (Grandtner, 1966), occupe la dernière position.

Étude des saturations

Le tableau III ordonne les espèces selon leurs saturations pour chaque composante. Les liaisons entre les espèces et les composantes sont significatives si $|r| \geq 0,2195$. Dans la section centrale, comprise entre 0,2165 et $-0,2165$, se trouvent les espèces qui ne contribuent pas significativement à la formation des nouveaux axes. Pour chacun d'eux, un groupe d'espèces présente des saturations positives et un autre groupe, des saturations négatives. Provisoirement, à partir des

dix groupes d'espèces, six sont retenus comme coenologiques. Ce premier choix se fait à partir de la moyenne des saturations des espèces de chaque groupe et de notre connaissance du territoire. Seuls les groupes présentant les moyennes (en valeur absolue) les plus élevées (supérieures à 0,40) sont pris en considération. Effectivement, tous les groupes, du moins dans cette étude, ne peuvent pas être considérés comme des groupes coenologiques. Ainsi, les présences simultanées du hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) et du cèdre (*Thuja occidentalis*) peuvent provenir d'un artefact de l'échantillonnage ou d'une association négative avec les espèces ayant de fortes saturations positives sur la même composante.

L'interprétation des saturations demeure délicate et, contrairement aux communautés qui traduisent le comportement d'une espèce dans l'ensemble des relevés, elles fournissent de l'information quant à l'agencement des espèces. Comme le montre le tableau III, les espèces les plus différentielles auront toujours des saturations élevées (*Vaccinium Oxycoccus*, *Sphagnum fuscum*, *Kalmia polifolia*). Celles qui se trouvent dans plusieurs peuplements feront partie du groupe coenologique, mais avec des saturations plus faibles; tel est le cas de *Carex trisperma* que l'on retrouve dans les groupes A, D et E. Le groupe le mieux individualisé est celui de la tourbière avec les sphaignes et les éricacées (A). Les arborales et arbustives hautes sont représentées par les groupes suivants: 1) le groupe B, avec l'érable à sucre (*Acer saccharum*), l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*) et le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*). 2) le groupe C, avec le frêne noir (*Fraxinus nigra*), le cèdre (*Thuja occidentalis*) et le sapin baumier (*Abies balsamea*). 3) le groupe D, avec l'épinette noire (*Picea mariana*) et le némopanthé mucroné (*Nemopanthus mucronatus*). 4) le groupe E, avec la viorne cassinoïde (*Viburnum cassinoïdes*) et le sapin baumier (*Abies balsamea*). 5) le groupe F, avec le noisetier à long bec (*Corylus cornuta*) et le peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata*). C'est une première approximation de la reconnaissance des groupes coenologiques; elle sera complétée lors de l'étude de la position des relevés dans le nouvel espace factoriel, un autre groupe coenologique (G) sera alors reconnu.

ORDINATION DES RELEVÉS

La position des relevés dans le nouvel espace factoriel est connue (tableau IV). Les coordonnées d'un relevé sur les facteurs indiquent le degré de rattachement de ce relevé aux différents groupes coenologiques tels que définis par les saturations

TABLEAU III
 Ordination des espèces en fonction de leurs saturations (SAT.)
 dans les différentes composantes (CV)*

SAT.	CV1	CV2	CV3	SAT.
1,00	<i>Vaccinium Oxycoccus</i> <i>Sphagnum fuscum</i> <i>Kalmia polifolia</i>			1,00
0,90	<i>Ledum groenlandicum</i> <i>Chameadaphne calyculata</i> <i>Polytricum strictum</i> <i>Kalmia angustifolia</i>		<i>Picea mariana</i>	0,90
0,80		A	<i>Nemopanthus mucronatus</i>	0,80
0,70	<i>Sphagnum magellanicum</i> <i>Sphagnum recurvum</i>	<i>Ostrya virginiana</i> <i>Maianthemum canadense</i>	<i>Pleurozium schreberi</i>	0,70
0,60				0,60
	<i>Vaccinium myrtilloides</i>	<i>Acer saccharum</i> <i>Fagus grandifolia</i>		D
0,50	<i>Carex trisperma</i>		B <i>Viburnum cassinoides</i> <i>Vaccinium myrtilloides</i>	0,50
0,40			<i>Carex trisperma</i> <i>Sphagnum recurvum</i> <i>Kalmia angustifolia</i> <i>Sphagnum magellanicum</i> <i>Sphagnum robustum</i>	0,40
		<i>Trientalis borealis</i>		
0,30				0,30
0,20		19,25** 12,30,31,36,38 32	<i>Ledum groenlandicum</i>	0,20
22**		22	11	
0,10		17	10**	0,10
	19	8,16,23,24,29,37		
0		2,7,26	20 8,26	0
	33	33	16,37	
	38	6	24	
		11,15	5,29	
-0,10	25	20	33	-0,10
	6,32		27	
	23		28	
	11		12,13	
-0,20	20,5,10,1,28,13,27 <i>Populus tremuloides</i> <i>Clintonia borealis</i> <i>Thuja occidentalis</i> <i>Fagus grandifolia</i>	4	2 25 <i>Abies balsamea</i> <i>Thuja occidentalis</i>	-0,20
-0,30	<i>Ostrya virginiana</i> <i>Trientalis borealis</i> <i>Aralia nudicaulis</i> <i>Abies balsamea</i>	<i>Coptis groenlandica</i>	<i>Ostrya virginiana</i> <i>Clintonia borealis</i> <i>Fagus grandifolia</i>	-0,30
-0,40	<i>Maianthemum canadense</i>		<i>Betula alleghaniensis</i> <i>Trientalis borealis</i> <i>Maianthemum canadense</i>	-0,40
			C <i>Acer saccharum</i>	
-0,50	<i>Acer rubrum</i>	<i>Alnus rugosa</i>	<i>Acer rubrum</i> <i>Aralia nudicaulis</i>	-0,50
-0,60		<i>Abies balsamea</i>		-0,60
-0,70		<i>Thuja occidentalis</i> <i>Rubus pubescens</i> <i>Fraxinus nigra</i>		-0,70
-0,80		<i>Rhyzomnium appalachianum</i>		-0,80
-0,90				-0,90
-1,00				-1,00

des espèces. Nous aboutissons à une ordination des relevés selon chaque axe. Les espèces s'agencent suivant des modèles identifiés par l'analyse et les relevés seront ordonnés selon leur conformité à ces modèles.

La plupart des relevés présentent une coordonnée à forte valeur absolue sur un axe et faible sur les autres. Le plus souvent (dans 77 relevés), ces fortes coordonnées correspondent à une partie d'axe liée à un groupe coenologique identifié au paragraphe précédent. La classification est alors facile. Par exemple, le numéro 7 présente une valeur positive, élevée sur la composante CV3. Le groupe coenologique associé à la partie positive est le groupe D auquel nous pouvons rattacher ce relevé. Dans quelques cas, cependant, la classification est moins aisée (9 cas). Certains présentent des valeurs élevées correspondant à des groupes d'espèces que nous n'avons pas retenus comme groupes coenologiques. Trois de ces relevés (29, 51, 83) présentent une valeur absolue très forte sur la section négative de la composante CV3. Cette dernière est associée négativement à des espèces qui appartiennent déjà à des groupes bien différents (v.g. *Acer saccharum* et *Thuja occidentalis*). L'échantillonnage est systématique et continu; nous n'avons pas trié les relevés, ni supprimé ceux qui se trouvent à la limite de deux peuplements. Ces relevés très hétérogènes qui chevauchent deux peuplements ont engendré lors de l'ACP un groupe artificiel d'espèces (section négative de CV3) pour lequel ils ont une coordonnée élevée en valeur absolue. Pour classer ces relevés, nous avons utilisé la coordonnée qui présente la valeur absolue immédiatement inférieure. Les relevés 38 et 86 ont des valeurs absolues fortes sur la partie négative de la composante CV5 associée à une seule espèce, l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*). Ils sont rattachés respectivement aux groupes B et G où l'ostryer est présent, et pour lequel la position de ces relevés est élevée.

Enfin, les relevés 13, 18, 19 et 20 s'associent à la section négative de la composante CV4 sans pour cela présenter des coordonnées qui justifieraient (du moins pour 18, 19, 20) leur rattachement à un groupe déjà établi. Un examen attentif des listes d'espèces de chacun d'eux laisse croire qu'ils se distinguent effectivement des autres: le tremble (*Populus tremuloides*) prend une importance que l'on ne retrouve pas ailleurs. Nous reconnaissons donc l'existence du groupe G (tableau III) bien que la moyenne des saturations des espèces qui le composent soit faible (0,31). Un échantillonnage plus intensif confirmerait ou infirmerait définitivement l'existence de ce groupe. Sept groupements sont donc identifiés: l'érablière à sucre à ostryer de Virginie (B), la peupleraie à

peuplier à grandes dents (F), la tremblaie à érable à sucre (G), la cèdrière à frêne noir (C), le groupement de la viorne cassinoïde à sapin baumier (E), la pessière noire à némopanthé mucroné (D) et la tourbière à éricacées (A).

FONCTIONS DISCRIMINANTES

Deux fonctions discriminantes sont retenues; elles se distinguent nettement des quatre fonctions suivantes par le pourcentage de la variation qu'elles absorbent et un Λ de Wilks nettement plus faible (tableau V). Le test de χ^2 confirme que seules les deux premières composantes contribuent significativement à la discrimination. Ces deux fonctions ont une grande importance discriminante; les corrélations canoniques sont respectivement: 0,99 et 0,91. La valeur discriminante de la première fonction est attribuable à l'épaisseur de la matière organique, celle de la deuxième, aux pourcentages d'azote, de matière organique et à la quantité de calcium (tableau VI). Le pH et le rapport C/N semblent avoir un rôle plus secondaire. La position des centroïdes est donnée à la figure 1.

La première fonction sépare sans équivoque les groupements de milieux tourbeux des groupements poussant sur des sols minéraux. Les centroïdes des groupements végétaux de la section tourbeuse apparaissent tels qu'on les rencontre le long de la sère physiographique, mais sans présenter de grandes discontinuités entre eux. Ceci traduit la diminution progressive de l'épaisseur de matière organique du centre de la tourbière vers la périphérie. La deuxième fonction

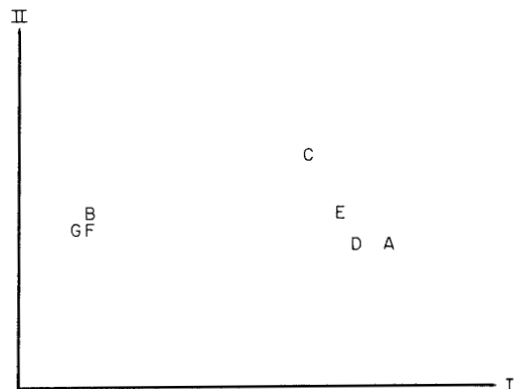


Figure 1. Position des centroïdes sur les deux premiers axes discriminants (A: tourbière à éricacées, B: érablière à érable à sucre et ostryer de Virginie, C: cèdrière à frêne noir, D: pessière noire à némopanthé mucroné, E: groupement de la viorne cassinoïde à sapin baumier, F.: peupleraie à peuplier à grandes dents et G: tremblaie à érable à sucre).

TABLEAU IV

Coordonnées des relevés de végétation sur les composantes principales et classification de ces relevés

Numéros des relevés	Composantes					Classification des relevés
	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	
	Groupes d'espèces*					
A	B & C	D	E & G	F		
1	0,62	0,80	1,32	-0,95	-0,31	D
2	1,95	0,07	-0,13	-0,25	-0,26	A
3	2,24	0,22	0,06	0,18	-0,10	A
4	3,33	0,07	-1,05	-0,08	-0,22	A
5	3,05	0,15	-0,34	-0,34	-0,11	A
6	0,31	0,26	1,59	-0,48	-0,17	D
7	0,06	0,54	2,14	0,37	-0,14	D
8	-0,13	0,10	-0,10	1,65	-0,14	E
9	-0,20	0,18	-1,20	2,45	0,12	E
10	-0,38	-1,72	-0,39	0,18	-0,12	C
11	-0,44	-2,02	-0,49	-0,23	-0,27	C
12	-0,52	-1,42	-0,30	-0,33	-0,38	C
13	-0,58	-1,28	0,13	-1,31	1,15	G
14	-0,74	0,71	0,03	-1,38	1,77	F
15	-0,45	0,78	-0,48	-0,49	2,25	F
16	-0,52	0,96	-0,60	-0,62	0,56	B
17	-0,56	0,94	-0,73	-0,46	0,75	B
18	-0,70	0,04	0,20	-1,09	-0,56	G
19	-0,65	0,13	-0,47	-1,36	0,33	G
20	-0,79	-0,07	0,78	-1,72	0,63	G
21	1,95	0,15	0,23	-0,29	-0,16	A
22	2,74	0,08	-0,56	-0,18	-0,24	A
23	1,38	0,35	1,36	-0,18	-0,07	A
24	-0,51	0,59	2,41	0,30	-0,01	D
25	-0,54	0,54	2,44	0,67	-0,01	D
26	0,13	0,70	1,11	2,48	0,79	E
27	-0,28	-0,21	0,81	2,50	0,00	E
28	-0,22	-0,16	-0,20	1,64	0,26	E
29	-0,16	-1,02	-1,31	0,79	-0,15	C
30	-0,34	-1,66	-0,36	0,41	-0,30	C
31	-0,39	-1,18	-0,55	0,16	-0,58	C
32	-0,32	-2,13	-0,73	-0,08	-0,49	C
33	-0,42	-1,96	-0,42	-0,35	-0,42	C
34	-0,49	-1,15	0,16	-0,74	-0,39	C
35	-0,23	0,61	-1,49	0,59	1,94	F
36	-0,60	1,67	-1,54	-0,04	0,31	B
37	-0,71	1,75	-1,22	-0,26	-1,50	B
38	-0,80	1,84	-1,01	-0,48	-1,90	B
39	-0,82	2,00	-1,15	-0,47	-1,76	B
40	-0,65	1,44	-0,89	-0,31	-0,61	B
41	3,25	0,09	-0,89	-0,07	-0,20	A
42	1,18	0,15	0,53	-0,38	-0,32	A
43	1,37	0,15	0,52	-0,39	-0,17	A
44	-0,15	0,16	2,14	-0,95	-0,31	D
45	0,26	0,45	2,48	-0,11	-0,04	D
46	-0,67	0,60	2,52	0,82	-0,03	D
47	-0,59	0,50	0,56	3,63	0,09	E
48	-0,54	-0,26	-0,09	0,54	-0,54	E
49	-0,53	-0,87	-0,07	0,01	-0,61	C
50	-0,44	-0,69	-0,30	0,61	-0,53	C
51	-0,17	-0,20	-1,18	1,09	-0,80	E
52	-0,24	-0,34	-0,50	0,73	-0,32	E

TABLEAU IV (suite)

Coordonnées des relevés de végétation sur les composantes principales et classification de ces relevés

Numéros des relevés	Composantes					Classification des relevés
	CV1	CV2	CV3	CV4	CV5	
	Groupes d'espèces*					
A	B & C	D	E & G	F		
53	-0,28	-0,69	-0,64	0,58	-0,52	C
54	-0,34	-0,51	0,19	-0,49	-0,34	C
55	-0,02	0,23	-1,07	0,03	3,95	F
56	-0,27	0,59	-0,44	-0,48	2,36	F
57	-0,60	1,58	-1,07	-0,30	-0,13	B
58	-0,64	1,59	-1,11	-0,30	-1,17	B
59	-0,69	1,28	-0,54	-0,77	-0,59	B
60	-0,59	1,50	-1,03	-0,33	-1,04	B
61	1,12	0,11	0,59	-0,56	-0,20	A
62	2,77	0,19	-0,38	0,11	-0,10	A
63	-0,51	0,57	2,55	0,08	-0,12	D
64	0,08	0,28	-0,12	2,35	0,36	E
65	-0,36	-0,81	-0,55	0,79	-0,12	C
66	-0,39	-1,27	-0,29	0,20	-0,55	C
67	-0,38	-2,10	-0,39	0,11	-0,24	C
68	-0,37	-1,46	-0,46	-0,42	-0,03	C
69	-0,54	-1,25	0,43	-0,14	0,31	C
70	-0,12	0,01	-0,29	-0,45	3,76	F
71	-0,34	0,26	0,18	-0,91	2,87	F
72	-0,60	0,98	-0,49	-0,71	-0,54	B
73	-0,73	1,27	-0,45	-0,74	-1,20	B
74	1,37	0,24	0,85	-0,24	-0,11	A
75	0,98	0,06	0,09	-0,46	-0,26	A
76	-0,73	0,48	2,57	-0,15	-0,15	D
77	-0,39	0,21	-0,24	3,64	0,15	E
78	-0,49	-1,83	0,27	-1,00	-0,41	C
79	-0,31	-1,15	-0,37	-0,09	-0,46	C
80	-0,35	-0,62	-0,10	-0,06	-0,35	C
81	-0,43	-1,43	0,04	-0,61	-0,75	C
82	-0,38	-1,11	0,06	-0,14	-0,49	C
83	-0,24	0,18	-0,79	0,06	0,70	F
84	-0,34	0,45	-0,39	-0,63	1,56	F
85	-0,67	1,32	-0,35	-0,75	-1,25	B
86	0,63	-0,75	-0,16	-0,84	-1,21	G

* Le lecteur trouvera la composition des groupes d'espèces A, B, C, D, E, F, G au tableau III.

sépare davantage entre eux les groupements de milieux tourbeux. D'une part, nous trouvons la pessière noire à némopathe mucroné avec la tourbière à éricacées et, d'autre part, la cédrière à frêne noir tandis que le groupement de la viorne cassinoïde à sapin baumier se trouve dans une position intermédiaire.

Sur la base des six variables considérées, on retrouve pour 70,1% des relevés la classification d'origine (tableau VII). La cédrière à frêne noir est le groupe coenologique qui présente le pourcentage le plus élevé (93,8%) et l'érablière à

érable à sucre à ostryer de Virginie, le plus faible (53,3%).

Il est à noter que l'analyse discriminante appliquée d'une part aux groupements de milieux tourbeux, et d'autre part, aux groupements poussant sur sols minéraux, fournit les mêmes résultats que lorsqu'ils sont traités globalement. L'analyse effectuée sur le premier groupe donne une fonction discriminante significative qui discrimine les groupements comme la deuxième composante de l'analyse globale. Le deuxième groupe ne présente pas de fonction discriminante significative.

TABLEAU V
Caractéristiques des fonctions discriminantes

Fonctions	Valeurs propres	Variances absorbées %	Corrélations canoniques	Nombre de fonctions retenues	Λ de Wilks	χ^2	Degrés de liberté
1	47,47	89,61	0,99	0	0,002	421,92	36
2	5,07	9,57	0,91	1	0,111	152,20	25
3	0,32	0,60	0,49	2	0,679	26,861	16
4	0,08	0,15	0,27	3	0,895	7,6832	9
5	0,03	0,06	0,17	4	0,967	2,2898	4
6	0,00	0,00	0,03	5	0,999	0,0500	1

Discussion

La figure 2 montre la position des groupes d'espèces le long de la pente. L'ordre qui apparaît dans la répartition des groupes coenologiques est très proche de celui de Grandtner (1960) dans l'étude phytosociologique de la forêt de Beau-séjour. Cette étude réalisée par la méthode de Braun-Blanquet (1928) s'accompagne d'une cartographie de la végétation. Elle montre du haut de la pente au centre de la tourbière, la succession suivante: l'érablière à hêtre (*Aceretum sacchari* s.-ass. *fagetosum*), l'érablière rouge à érable à sucre (*Aceretum rubri* s.-ass. *aceretosum sacchari*), les cèdrières à érable rouge (*Acereto-Thujetum* s.-ass. *fraxinetosum* et *Acereto-Thujetum* s.-ass. *sphagnetosum*), la pessière à némopanthe (*Sphagno-Piceetum marianae* s.-ass. *nemopanthesum*), la pessière à ledon (*Sphagno-Piceetum marianae* s.-ass. *ledetosum*) et enfin une tourbière à ledon (*Sphagno-Chamaedaphnetum* s.-ass. *ledetosum*). Ces groupes prennent, selon Grandtner (1960), la forme de bandes qui occupent toute la largeur de notre territoire. Une inclusion de tremblaie (*Populetum tremuloidis*) rompt cette régularité sur le côté ouest du territoire où elle remplace l'érablière à hêtre.

La composition floristique de la tourbière à ledon est pratiquement la même que celle du groupe coenologique A. Bien des espèces mises en évidence par Grandtner (1960) au niveau de l'association et de la sous-association présentent dans les résultats de l'ordination des saturations élevées: il s'agit des sphaignes et, parmi les éricacées, de *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium Oxycoccus*, *Ledum groenlandicum*, *Kalmia angustifolia*. Le *Vaccinium myrtilloides* placé dans le groupe des compagnes présente une saturation plus faible que celle des éricacées précitées. *Carex trisperma* n'apparaît pas dans le tableau de végétation de Grandtner (1960). Cet auteur signale que *Kalmia polifolia* est rare dans cette sous-association alors qu'il prend une place de premier plan dans notre étude. Bien que moins abondant

que *Kalmia angustifolia*, on le retrouve dans la plupart de nos relevés faits dans ce groupement.

Le groupe D correspond à la pessière tourbeuse à némopanthe de l'étude phytosociologique classique, mais nous ne retrouvons pas la pessière tourbeuse à ledon. L'épinette noire (*Picea mariana*) et le némopanthe mucroné (*Nemopanthus mucronatus*) se distinguent ici encore par des saturations très élevées (0,85 et 0,81). Vient ensuite, parmi les ligneux, *Viburnum cassinoides* (0,49) à qui Grandtner (1960) attribuait aussi une place importante dans toute cette association. Cet auteur soulignait la présence dans cette association d'une strate éricoïde irrégulière composée encore de *Ledum groenlandicum*, *Kalmia angustifolia* qu'accompagne régulièrement le *Vaccinium myrtilloides*. En effet, les éricacées, qui présentaient des saturations très fortes dans le groupe A où elles constituaient une strate pratiquement continue, deviennent très faibles dans le groupe D où *Vaccinium myrtilloides* est en tête avec 0,43, *Kalmia angustifolia* suit avec 0,34 et *Ledum groenlandicum* est à la limite du significatif avec 0,22. Quant à la strate muscinale, *Pleurozium schreberi* qui n'intervient de façon importante que dans ce groupe prend une grande importance avec 0,74, tandis que les sphaignes ont des saturations inférieures à 0,36.

TABLEAU VI

Coefficients discriminants des deux premières fonctions

Variables	Coefficients discriminants	
	I	II
pH	-0,294	-0,313
% d'azote	-0,200	1,213
C/N	-0,060	0,458
% de matière organique	0,341	-1,153
Épaisseur de la matière organique	0,904	0,207
Quantité de calcium	0,355	1,078

TABLEAU VII

Classification des relevés basée sur les variables discriminantes

Groupements	Prédiction d'appartenance à un groupement (pourcentages de relevés)							Nombre de relevés
	1	2	3	4	5	6	7	
1. Tourbière à éricacées	71,4	28,6	0	0	0	0	0	14
2. Pessière noire à némopanthe mucroné	20,0	80,0	0	0	0	0	0	10
3. Groupement de la viorne cassinoïde à sapin baumier	0	33,3	55,6	11,3	0	0	0	9
4. Cèdrière à frêne noir	0	0	6,3	93,8	0	0	0	16
5. Érablière à érable à sucre à ostryer de Virginie	0	0	0	0	53,3	33,3	13,3	15
6. Peupleraie à peuplier à grandes dents	0	0	0	0	11,1	55,6	33,3	9
7. Tremblaie à érable à sucre	0	0	0	0	25,0	0	75,0	4

Au total, 70,1% des relevés sont bien classés.

Les autres groupes sont plus complexes que ces deux premiers en raison du grand nombre d'espèces rencontrées et d'une hétérogénéité plus grande due en partie à des perturbations.

Grandtner (1960) identifie dans l'association de la cèdrière à érable rouge deux sous-associations juxtaposées dans la sère, l'une à sphaignes se trouvant près de la pessière à némopanthe et l'autre à frêne noir. Un élément qui montre une certaine divergence vient du fait que l'érable rouge (*Acer rubrum*) n'intervient dans la composition d'aucun groupe coenologique que nous avons retenu et ceci malgré une communauté de 0,55. Si l'on réexamine sa distribution le long de la sère, on le voit apparaître dans presque tous les relevés (60 sur 86) sauf dans ceux du groupe A, c'est-à-dire l'arbustaie basse de la tourbière. D'autre part, son abondance est sensiblement la même dans tous les groupements. Sa valeur différentielle est donc faible. Le sapin baumier (*Abies balsamea*) a un comportement qui se rapproche par certains aspects de l'érable rouge. Effectivement, on retrouve ces deux espèces ensemble, mais le sapin baumier devient moins fréquent dans la zone feuillue et, surtout, présente une abondance plus marquée dans la

cèdrière (groupe C). Il apparaît alors dans ce groupe avec une saturation largement significative de 0,63. Le signe ne présentant aucun sens quant à la signification des groupes, les saturations sont examinées en valeur absolue. Doyon (1975) évalue avec justesse le sens écologique de ces deux espèces, quand il considère l'érable rouge comme une caractéristique régionale et quand il relie l'abondance du sapin baumier dans les cèdrières au potentiel dynamique de l'association.

Le groupe coenologique C serait assimilable plus spécifiquement à la sous-association à frêne noir, le frêne noir (*Fraxinus nigra*) n'apparaissant que dans ce groupe avec la saturation la plus élevée (0,76) des espèces arborées, le cèdre (*Thuja occidentalis*) étant très proche avec 0,70. *Rubus pubescens* présenté aussi bien par Grandtner (1960) que par Doyon (1975) comme une espèce importante de cette sous-association a une saturation de 0,73.

La cèdrière à érable rouge sous-association à sphaignes constituerait une composante partielle du groupe E. Dans ce groupe, on remarque la présence de *Sphagnum robustum* parmi les fortes saturations avec *Cornus canadensis* et *Coptis*

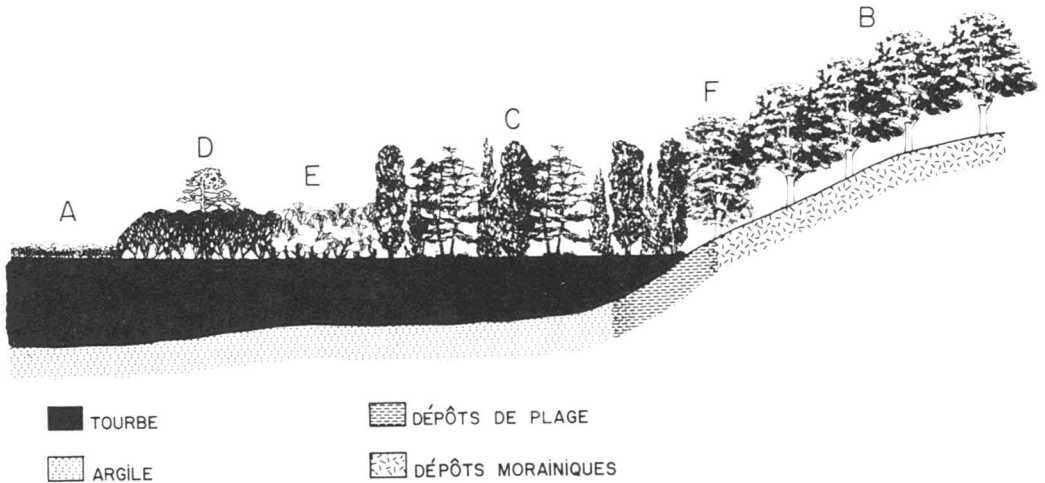


Figure 2. Schéma de la sère physiographique (A: tourbière à éricacées, B: érablière à érable à sucre et ostryer de Virginie, C: cèdrière à frêne noir, D: pessière noire à némopante mucroné, E: groupement de la viorne cassinoïde à sapin baumier et F: peupleraie à peuplier à grandes dents).

groenlandica, ensuite vient l'osmonde cannelle (*Osmunda cinnamomea*) et la viorne cassinoïde (*Viburnum cassinoides*) qui occupe la première place parmi les ligneux. Avec des saturations inférieures à 0,42, nous avons le sapin baumier (*Abies balsamea*), le cèdre (*Thuja occidentalis*) et le némopante mucroné (*Nemopanthus mucronatus*); ces deux dernières espèces ne sont toutefois pas présentes dans tous les relevés. Ce groupe complexe se rencontre toujours entre la pessière tourbeuse à némopante mucroné et la cèdrière à frêne noir, où il occupe une bande tout aussi large que la pessière tourbeuse à némopante. On retrouve deux relevés dominés par ce groupe d'espèces au milieu de la cèdrière, sur le troisième transect. La composition floristique des différents relevés montre que la caractéristique commune de ces relevés est l'abondance d'herbacées. Nous l'attribuons à une ouverture du couvert provoquée par des perturbations probablement très anciennes (passage d'un chemin en bordure de la cèdrière et coupe pour ceux situés au centre de cette dernière).

Dans les groupes que nous avons identifiés, l'érablière rouge à érable à sucre que Grandtner situe en bordure de la zone tourbeuse n'apparaît pas. D'ailleurs, dans la version finale de cette étude, Grandtner (1960) ne présente pas de relevé réalisé dans ce groupement. Cependant, si l'on revient au travail initial (Grandtner, 1958), deux relevés semblent avoir été à l'origine de cette sous-association. On y retrouve bien sûr, l'érable rouge (*Acer rubrum*), l'érable à sucre (*Acer saccharum*) avec le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) et le sapin baumier (*Abies balsamea*),

mais aussi le cèdre (*Thuja occidentalis*) et l'aune rugueux (*Alnus rugosa*). Ces espèces se retrouvent dans la section négative de la troisième composante (CV3) où l'érable rouge a une saturation de 0,52. D'autre part, comme nous l'avons fait remarquer au paragraphe précédent, quelques-uns de nos relevés présentent une coordonnée élevée (en valeur absolue) sur la partie négative de CV3. Cependant, nous ne croyons pas qu'il faille retenir un tel groupe qui représente, à notre avis, des échantillons hétérogènes situés à la limite de deux peuplements ou qui, tout au plus, traduisent un écotone.

Le long de la pente et dans les parties élevées, nous avons distingué trois groupes d'espèces. Le groupe B qui correspond à l'érablière à hêtre et le groupe G, à la tremblaie (Grandtner, 1960). Quant au groupe F, dominé par le peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata*), Grandtner ne fait mention de ce groupement que dans le travail initial (Grandtner, 1958) où il est confiné à un territoire très restreint. L'érable à sucre (*Acer saccharum*) se retrouve dans les trois groupes, prenant avec l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*) et le hêtre (*Fagus grandifolia*) la plus forte saturation dans le groupe B, tandis que dans le groupe C, il est devancé par le tremble (*Populus tremuloides*). Dans le groupe F, il se trouve loin derrière le peuplier à grandes dents. Dans ces groupes de transition, le noisetier à long bec (*Corylus cornuta*) occupe une place importante. Les herbacées sont assez peu représentées dans ces trois groupes. Dans le groupe B, *Maianthemum canadense* et *Trientalis borealis* sont mis en évidence, *Clintonia borealis*, *Aralia nudicaulis*

et *Trientalis borealis* dans le groupe F. Cependant le caractère différentiel entre ces trois groupes doit être attribué avant tout à la strate arborescente.

À partir des variables échantillonnées, l'analyse discriminante ne sépare pas les groupements feuillus. Les espèces dominantes de ces groupes, l'érable à sucre, le peuplier à grandes dents et le tremble, peuvent appartenir à la même chronoséquence et poussent donc dans des conditions édaphiques proches (tableau VIII).

Dans la section tourbeuse, les quantités d'azote, de calcium échangeable et de matière organique prennent une importance particulière. Les grandes quantités de calcium rencontrées dans la cèdrière à frêne noir confirment le caractère calciphile du cèdre (*Thuja occidentalis*). Ce calcium provient vraisemblablement de l'argile calcaire qui tapisse la dépression. On peut supposer que ces remontées se font à la faveur de circulation d'eau en bordure de la tourbière. La végétation pouvant jouer elle-même un certain rôle, le cèdre accumulant du calcium dans ses tissus (Blanchet, 1973). Ces quantités élevées de calcium s'accompagnent d'un fort pourcentage d'azote total et d'un plus faible pourcentage de matière organique.

Ces caractéristiques reflètent une meilleure décomposition. Dans la partie où la quantité de matière organique est la plus élevée et le pourcentage d'azote total le plus bas de la zone tour-

beuse, on trouve le groupement de la tourbière à éricacées. Dans une situation intermédiaire, se rencontre celui de la viorne cassinoïde à sapin baumier. La pessière noire à némopanthe mucroné, bien que située spatialement entre ces deux derniers groupes, ne se distingue que légèrement de la tourbière à éricacées sur le premier axe discriminant. Cet axe est lié à l'épaisseur de la matière organique. Elle est effectivement moins épaisse sous la pessière noire à némopanthe mucroné, mais il est bien évident qu'en présence de plus de deux mètres de tourbe les variations de cet ordre ne jouent probablement plus un rôle écologique direct. Cependant, un examen attentif des données initiales montre une légère tendance à une meilleure décomposition de la matière organique en surface.

Dans cette étude, le pourcentage de relevés bien classés par rapport aux variables discriminantes est élevé (70%). Pour tous les groupements, nous avons toujours plus de 50% des relevés classés correctement (tableau VII). Le groupement qui donne la meilleure classification est celui de la cèdrière à frêne noir. C'est évidemment celui qui présente les caractéristiques édaphiques et floristiques les plus particulières mais aussi les plus homogènes. La pessière à némopanthe mucroné a 80% des relevés bien classés bien qu'elle ne semblait pas pousser dans des conditions écologiques bien différenciées. Elle occupe probablement une place spécifique, mais

TABLEAU VIII
Conditions édaphiques moyennes pour chaque groupement végétal

Végétation	pH	% d'azote	C/N*	% de la matière organique	Épaisseur de la matière organique (cm)	Quantité de calcium (ppm)
Tourbière à éricacées	3,0	0,8	69	97,1	284	1 695
Pessière noire à némopanthe mucroné	3,1	1,0	59	95,6	258	1 501
Groupement de la viorne cassinoïde à sapin baumier	3,5	1,3	47	92,6	238	5 986
Cèdrière à frêne noir	4,7	1,9	29	86,1	208	16 326
Érabièrre à érable à sucre à ostryer de Virginie	3,9	1,0	25	37,6	6	2 846
Peupleraie à peuplier à grandes dents	4,1	0,6	31	29,3	12	2 752
Tremblaie à érable à sucre	4,1	0,5	21	17,5	8	1 325

* Moyennes réalisées à partir des nombres entiers

intermédiaire, dans l'espace multidimensionnel des variables initiales. Le groupement de la viorne cassinoïde à sapin baumier est le moins bien classifié de la zone tourbeuse. Seulement 55,6% des relevés auraient une forte probabilité d'appartenir à ce groupe. Les autres relevés se rattacheraient à la cédrière à frêne noir ou à la pessière noire à némopanthé mucroné, ce qui confirme le rôle de transition de ce peuplement qui est sans doute le résultat de perturbations survenues à la limite de la cédrière et de la pessière. Les groupements feuillus ont aussi un nombre plus faible de relevés bien classés (entre 50 et 60%).

Cet exemple simple d'application de l'analyse discriminante montre que ce type d'analyse peut apporter un support intéressant à toute étude phytosociologique en identifiant clairement les variables qui discriminent les groupements végétaux. Quant à l'ACP, elle nous a permis de retrouver la plupart des groupements végétaux identifiés lors de l'analyse phytosociologique classique et de mettre en évidence les espèces les plus différentielles. Il est évident que ces analyses multivariées ont la limite de l'échantillonnage; dans le cas d'un échantillon de faible dimension réparti dans des sites très différents, comme c'est le cas dans cette étude, de telles analyses mènent sensiblement à la même connaissance des groupements végétaux et de leur milieu que la méthode des tableaux. Cependant, leur utilisation présente deux avantages majeurs: d'une part, elle laisse moins de place à la subjectivité, d'autre part, elle permet d'obtenir très rapidement les résultats escomptés. Le subjectivisme n'est d'ailleurs pas totalement supprimé notamment dans l'interprétation des résultats de l'ACP où le nombre de composantes et le nombre de groupes coenologiques pris en considération sont déterminés par le chercheur. Néanmoins, la classification des relevés telle que nous la proposons est plus objective que les regroupements visuels issus des diagrammes d'ordination où les discontinuités sont plus ou moins évidentes. Toutefois, la rapidité d'interprétation est sans doute l'atout majeur de ces techniques. Même dans le cadre d'une analyse phytosociologique qui vise la reconnaissance d'association végétale, l'ACP pourrait être très utile en remplaçant plusieurs étapes laborieuses qui précèdent le tableau phytosociologique final.

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement le docteur André Lafond qui a dirigé nos travaux. Nos remerciements s'adressent aussi à tous ceux qui ont participé à la réalisation technique et tout particulièrement, à Jean-Louis Breault qui nous a assisté durant tout l'échantillonnage.

Références

- ALLEN, T.F.H. & J.F. KOONCE, 1973. Multivariate approaches to algal stratagems and tactics in systems analysis of phytoplankton. — *Ecology*, 54: 1234-1246.
- AMIOT, L.O. & B. BERNIER, 1962. Méthodes d'analyse chimique usuelle des sols et des tissus végétaux. — Les Presses de l'Université Laval, Québec, 117 p.
- AUCLAIR, A.N., A. BOUCHARD & J. PAJACZOWSKI, 1973. Plant composition and species relations on the Huntingdon Marsh, Québec. — *Can. J. Bot.*, 51: 1231-1247.
- AUSTIN, M.P., 1976. On non-linear species response models in ordination. — *Vegetatio*, 33: 33-41.
- AUSTIN, M.P. & I. NOY-MEIR, 1971. The problem of non-linearity in ordination: experiments with two-gardient models. — *J. Ecol.*, 59: 763-773.
- BLANCHET, B., 1973. Les cédrières du Québec. — Thèse Ph. D., Univ. Laval, Québec, 375 p.
- BLANCHET, B., 1982. Les cédrières du Québec. — Études écologiques, Univ. Laval, Québec, 166 pages.
- BLOUIN, J.L. & M.M. GRANDTNER, 1971. Étude écologique et cartographie de la végétation du comté de Rivière-du-Loup. — *Mém. Serv. Rech., Dir. gén. Planif., Min. Terres et Forêts*, n° 6, 371 p.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1913. Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch — Lepontischen Alpen. — *N. Denkschr. d. Schweiz. Nat. Ges.*, 48: 1-347.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1928. *Pflanzensoziologie*. [1^{ère} éd.] — Springer, Berlin, 330 p.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1951. *Pflanzensoziologie*. [2^e éd.] — Springer, Vienne, 631 p.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964. *Pflanzensoziologie*. [3^e éd.] — Springer, Vienne, 865 p.
- CARRIER, L.J., 1978. Description et cartographie écologique de la Station forestière de Parke. — *Serv. Rech., Dir. gén. Forêts, Min. Terres et Forêts*, 155 p.
- CAUBOUÉ, M., 1972. Étude écologique des forêts ripariennes du Saint-Laurent aux environs de Québec. — Thèse M. Sc., Univ. Laval, Québec, 73 p.
- CAUBOUÉ, M., 1980. Modèle statistique pour l'étude écologique d'une sère physiographique à la forêt de Beauséjour, comté de Lévis. — Thèse Ph. D., Univ. Laval, Québec, 154 p.
- C.C.S., 1972. Classification canadienne des sols. — Min. Agric. Canada, Ottawa, 270 p.
- COOLEY, W.W. & P.R. LOHNES, 1971. Multivariate data analysis. — Wiley, New York, 364 p.
- DAGNÉLIE, P., 1960. Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. — *Bull. Serv. Carte phytogéogr.*, série B, 5: 7-71 et 93-195.
- DAGNÉLIE, P., 1975. Analyse statistique à plusieurs variables. — Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 362 p.
- DALE, M.B., 1975. On objectives of methods of ordination. — *Vegetatio*, 30: 15-32.
- DEPIEREUX, E., FEYTMANS & J.C. MICHA, 1983. Utilisation critique de l'analyse en composantes principales et cluster analysis pour la description

- d'échantillons d'invertébrés benthiques en eau douce. — *Oikos*, 40: 81-94.
- DIRSCHL, H.J. & R.T. COUPLAND, 1972. Vegetation patterns and site relationships in the Saskatchewan River delta. — *Can. J. Bot.*, 50: 647-675.
- DOYON, D., 1975. Étude éco-dynamique de la végétation du comté de Lévis. — *Mém. Serv. Déf. Cult. Agric. Canada*, n° 1, 428 p.
- GAUCH, H.G., R.H. WHITTAKER & T.R. WENTWORTH, 1977. A comparative study of reciprocal averaging and other ordination technique. — *J. Ecol.*, 65: 157-174.
- GODRON, M., 1966. Essai d'application de quelques éléments simples de la théorie de l'information à l'étude de la structure et de l'homogénéité de la végétation. — *C.E.P.E. Montpellier*, 67 p.
- GODRON, M., 1971. Essai sur une approche probabilistique de l'écologie des végétaux. — Thèse, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 247 p.
- GOUNOT, M., 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. — *Masson & Cie, Paris*, 314 p.
- GOUNOT, M. & M. CALLÉJA, 1962. Étude statistique d'une pelouse à *Brachypodium ramosum*. VII. Coefficient de communauté, homogénéité et aire minimale. *Bull. Serv. Carte phytogéogr.*, Série B, 2: 181-200.
- GRABHERR, G., 1979. Variability and ecology of the alpine dwarf shrub community *Loiseleurio-Cetrarietum*. — *Vegetatio*, 41: 111-120.
- GRANDTNER, M.M., 1958. La carte de la végétation de la forêt expérimentale de Beauséjour. — Thèse M. Sc., Univ. Laval, Québec, 148 p.
- GRANDTNER, M.M., 1960. La forêt de Beauséjour, comté de Lévis, Québec. Étude phytosociologique. — *Contr. Fonds Rech. for. Univ. Laval (Québec)*, 62 p.
- GRANDTNER, M.M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. — *Les Presses de l'Université Laval, Québec*, 216 p.
- GUINOCHET, M., 1973. Phytosociologie. — *Masson & Cie, Paris*, 227 p.
- HOBBS, R.J. & J. GRACE, 1981. A study of pattern and process in coastal vegetation using principal components analysis. — *Vegetatio*, 44: 137-153.
- HUDSON, R.J., 1976. Ressource division within a community of large herbivores. — *Naturaliste can.*, 103: 153-167.
- JACKSON, M.L., 1958. Soil chemical analysis. — *Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey*, 498 p.
- LEGENDRE, P., F. LONG, R. BERGERON & J.M. LEVASSEUR, 1978. Inventaire aérien de la faune dans le Moyen-Nord québécois. — *Can. J. Zool.*, 56: 451-452.
- LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique. 2. La structure des données écologiques. — *Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal*, 253 p.
- MAAREL, E. van der, 1979. Multivariate methods in phytosociology, with reference to the Netherlands. — Pages 163-225 in M.J.A. Werger (ed.). *The study of vegetation*. Junk, The Hague.
- MANN, L.K. & H.H. SHUGART, 1983. Discriminant analysis of some east Tennessee forest herb niches. — *Vegetatio*, 52: 77-89.
- NETER, J. & W. WASSERMAN, 1974. Applied linear statistical models. — *Irwin, Homewood, Illinois*, 842 p.
- PAYETTE, S. & B. GAUTHIER, 1972. Les structures de végétation: interprétation géographique et écologique, classification et application. — *Naturaliste can.*, 99: 1-26.
- PETT, R.K. & O.L. LOUCKS, 1977. A gradient analysis of Southern Wisconsin forest. — *Ecology*, 58: 485-499.
- PREGITZER, K.S. & B.V. BARNES, 1982. The use of ground flora to indicate edaphic factors in upland ecosystems of the McCormick experimental forest. Upper Michigan. — *Can. J. Forest. Res.*, 12: 661-672.
- SCHOLLENBERGER, A. & R.H. SIMON, 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soils. — *Soil Sci.*, 59: 13-19.
- SPSS, 1975. Statistical package for the social sciences. — 2nd ed., *McGraw-Hill*, 675 p.
- SWAINE, M.D. & P. GREIG-SMITH, 1980. An application of principal components analysis to vegetation change in permanent plots. — *J. Ecol.*, 68: 33-41.
- SWAN, J.M.A., 1970. An examination of some ordination problems by use of simulated vegetational data. — *Ecology*, 51: 89-102.
- VILLENEUVE, G.O., 1967. Sommaire climatique du Québec (vol. 1). — *Bull. Serv. Météor. Min. Rich. nat. Québec*, n° 4 M4, 168 p.
- WILLIAMS, B.K., 1983. Some observations on the use of discriminant analysis in ecology. — *Ecology*, 64: 1283-1291.
- ZARNOVICAN, R., 1972. Étude de la structure horizontale d'une tourbière. — *Université Laval, Québec*, 113 p.

ADDITIONS ET EXTENSIONS D'AIRES DANS LA FLORE VASCULAIRE DU NOUVEAU-QUÉBEC

J. CAYOUILLE

Centre d'études nordiques et Herbar Louis-Marie
Faculté des sciences de l'agriculture et de
l'alimentation, Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

En 1981, l'auteur a exploré trois sites des environs de la mine Raglan, au Nouveau-Québec, en vue d'y faire un inventaire floristique. Deux sites sont situés sur les hauts plateaux continentaux: Katiniq (61°40'N.-73°40'O.) et Donaldson (61°40'N.-73°17'O.); le troisième est sur le détroit d'Hudson, à l'extrémité supérieure du fjord de Douglas Harbour (61°49'N.-72°48'O.). Cet article traite des plantes les plus intéressantes du point de vue phytogéographique dont trois additions à la flore vasculaire du Québec: *Deschampsia brevifolia* R.Br., *Festuca baffinensis* Polunin et *Poa hartzii* Gand. emend. Sør. Des extensions d'aire importantes sont signalées pour huit autres taxons: *Carex supina* Willd. ex Wahl. ssp. *spaniocarpa* (Steud.) Hult., *Corallorhiza trifida* Chat., *Draba corymbosa* R.Br. ex DC., *Epilobium palustre* L., *Erigeron compositus* Pursh, *Lycopodium annotinum* L. var. *alpestre* Hartm., *Triglochin palustre* L. et *Woodsia ilvensis* (L.) R.Br.

Abstract

A botanical survey of three sites in the area of Raglan Mine, northern Québec, Canada, was carried out in 1981. Two of the sites are located on high inland plateaus: Katiniq (61°40'N-73°40'W) and Donaldson (61°40'N-73°17'W); the third is at the upper end of the Douglas Harbour fjord, on Hudson Strait (61°49'N-72°48'W). The present paper deals with the most interesting vascular plants from a phytogeographical point of view. Three species are new for the flora of Québec: *Deschampsia brevifolia* R.Br., *Festuca baffinensis* Polunin, and *Poa hartzii* Gand. emend. Søren. Eight taxa show important range extensions: *Carex supina* Willd. ex Wahl. ssp. *spaniocarpa* (Steud.) Hult., *Corallorhiza trifida* Chat., *Draba corymbosa* R.Br. ex DC., *Epilobium palustre* L., *Erigeron compositus* Pursh, *Lycopodium annotinum* L. var. *alpestre* Hartm., *Triglochin palustre* L., and *Woodsia ilvensis* (L.) R.Br.

Introduction

Du 23 juillet au 5 août 1981, trois sites de la mine Raglan (Northern Québec Raglan Mine) au Nouveau-Québec, furent explorés aux fins d'un inventaire floristique: deux sur le haut plateau intérieur dans la zone des roches volcaniques du complexe Cape Smith-Wakeham Bay (Kretz, 1961): Katiniq (61°40'N.-73°40'O.; alt. 535 m) situé au confluent de trois branches de la rivière Déception; Donaldson (61°40'N.-73°17'O.; alt. 580 m) situé à la tête de la rivière Povungnituk, près du lac Raglan. Le troisième site est localisé à l'extrémité supérieure du bras sud-ouest du fjord de Douglas Harbour (61°49'N.-72°48'O.), dans une région de gneiss et de migmatites. À ce dernier endroit, la mine Raglan projetait la

construction d'un port pour l'expédition du minerai de nickel.

L'exploration botanique de cette région a toujours été partielle. Au sud, sur les hauts plateaux intérieurs, Rousseau & Raymond (1955) ont inventorié les abords du cratère du Nouveau-Québec et n'y ont trouvé que 23 espèces vasculaires. C'était selon eux la flore locale la plus pauvre du Québec. Il existe quelques récoltes de la région d'Asbestos Hill (Purtuniqu) (Gardner, 1973). On trouve une liste de 67 espèces vasculaires dans l'étude de Maycock & Matthews (1966), aux lacs Watts et Murray. Sur le littoral du détroit d'Hudson, Low (1899) a exploré le fjord de Douglas Harbour en 1897 et y a fait quelques récoltes. Bell (1901) a publié une liste de récoltes faites également

en 1897 et dont plusieurs proviennent du littoral du détroit du Roi George (*King George's Sound*). Cette liste inclut probablement les récoltes de Low. À l'extrémité sud-est de cette région, il n'y a que les environs de Wakeham Bay (Kangiqsujaq) qui soient bien connus botaniquement. On pourrait en constituer une flore assez complète en compilant entre autres les travaux de Polunin (1940), de Louis-Marie (1961) et de Gardner (1973).

La flore vasculaire des sites continentaux (Katinij et Donaldson) est très pauvre et ne comprend que 57 espèces; celle de Douglas Harbour est beaucoup plus riche avec ses 168 espèces. Ensemble, les trois sites totalisent 171 espèces (Cayouette, en prép.).

Le but du présent article est de signaler la présence des espèces les plus intéressantes du point de vue phytogéographique, soit parce qu'elles sont des additions à la flore du Québec, soit parce qu'elles constituent d'importantes extensions d'aire. Les récoltes citées sont déposées à l'Herbier Louis-Marie (QFA) et des doubles seront distribués entre autres à MT, DAO, CAN, etc.

Additions à la flore du Québec

Deschampsia brevifolia R.Br.

QUÉBEC, Ungava: mine Raglan, site Donaldson, un peu à l'est de la rivière Povungnituk, 61°40'N.-73°17'O., alt. 560 m, lobe de solifluxion à flanc de colline, substrat humide, avec *Rhacomitrium lanuginosum*, *Arctagrostis latifolia*, 26 juillet 1981, J. Cayouette J81-562 (QFA). Eodem, sommet rocheux d'un esker, substrat grossier, plus fin entre les blocs, avec *Luzula confusa*, *Poa arctica*, *Potentilla hyperarctica*, etc., 28 juillet 1981, J. Cayouette J81-607 (QFA). Mine Raglan, site Katinij, un peu au sud du campement et de la jonction des bras de la rivière Déception, 61°40'30"N.-73°40'00"O., alt. 535 m, plateau herbacé avec ostioles qui solifluent, au centre d'un ostiole, matériel silto-graveleux, avec *Potentilla hyperarctica* et *Cerastium alpinum*, 29 juillet 1981, J. Cayouette J81-618 (QFA). Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'35"N.-72°48'00"O., alt. 45 m, rive sablo-rocheuse d'un ruisseau, avec *Salix glauca*, *Epiobium latifolium*, *Festuca rubra*, *Arctagrostis latifolia*, *Polygonum viviparum*, 4 août 1981, J. Cayouette J81-744 (QFA).

Le *D. brevifolia* est une plante circumpolaire du Haut-Arctique (Kawano, 1963; Hultén, 1964, 1968). Il est voisin du *D. caespitosa* (L.) Beauv. et n'a pas toujours été clairement reconnu. Scoggan (1978) l'inclut sous le *D. caespitosa* var. *littoralis* (Reut.) Richter, alors que Hultén (1967, 1968) le reconnaît comme espèce distincte. Étudiant le complexe du *D. caespitosa*, Kawano (1963) a mentionné les principales différences

entre le *D. caespitosa* et le *D. brevifolia*. Comparé au *D. caespitosa*, le *D. brevifolia* est de courte taille, porte une inflorescence courte (de 1-3 cm de longueur) et compacte (à branches très courtes), des épillets à 2 fleurs (souvent 3 chez *D. caespitosa*), des glumes de 2,2 à 3 mm de longueur (au-delà de 3 mm chez *D. caespitosa*), une arête qui s'insère sur le lemme du $\frac{1}{3}$ aux $\frac{2}{3}$ de sa longueur alors qu'elle s'attache à la base chez *D. caespitosa*.

Plusieurs auteurs signalent des individus intermédiaires entre les deux espèces (Gelting, 1934; Kawano, 1963; Hultén, 1964). Kawano (1963) prétend que cette situation est plus fréquente au sud de l'aire de répartition du *D. brevifolia*, lorsque les deux espèces sont sympatriques. Dans la région de la mine Raglan (fig. 1), les deux espèces sont fréquentes, mais dans des habitats différents. Le *D. brevifolia* est plus répandu en altitude et préfère les lobes de solifluxion et les ostioles, alors que le *D. caespitosa* est souvent une plante de rivage (rivière, lac). Une des récoltes de Douglas Harbour (J81-734, QFA) est intermédiaire et pourrait être un hybride entre les deux espèces: ce spécimen porte une panicule assez contractée, des épillets à 3 fleurs, des glumes de 3,1 mm de longueur et l'arête est fixée à la base du lemme.

Festuca baffinensis Polunin

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, vallée d'une rivière se jetant dans la partie sud-ouest du fjord, 61°49'N.-72°52'O., alt. 300 m, sur le gravier d'une route en construction, substrat de gravier fin et de sable, avec *Papaver radicum*, *Cerastium alpinum*, *Draba nivalis*, *Astragalus alpinus*, etc., 24 juillet 1981, J. Cayouette J81-524 (QFA). Eodem, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'30"N.-72°48'00"O., haut de plage atteint par les hautes marées, herbaçaie sur sable grossier, dominée par *Elymus arenarius*, 31 juillet 1981, J. Cayouette J81-638 (QFA, C). Ivujivik, 23 juillet 1938, Dutilly 6176 (QFA, deux récoltes).

Cette espèce décrite par Polunin (1940) ressemble superficiellement au *Festuca brachyphylla* Schult. & Schult. mais s'en distingue aisément par la forte pubescence de la tige dans sa portion supérieure et par ses panicules foncées, courtes et larges (Frederiksen, 1977, 1982). Certains auteurs ont signalé des plants intermédiaires entre les deux espèces (Hultén, 1967; Frederiksen, 1977; Morisset & Payette, 1980), mais aucun n'a été rencontré lors de notre exploration de Douglas Harbour où les deux espèces poussaient parfois ensemble.

Cette graminée est qualifiée de haut-arctique et alpine de l'Amérique du Nord par Porsild (1964), mais Frederiksen (1977) la considère circumpolaire et signale des récoltes pour la Nouvelle-

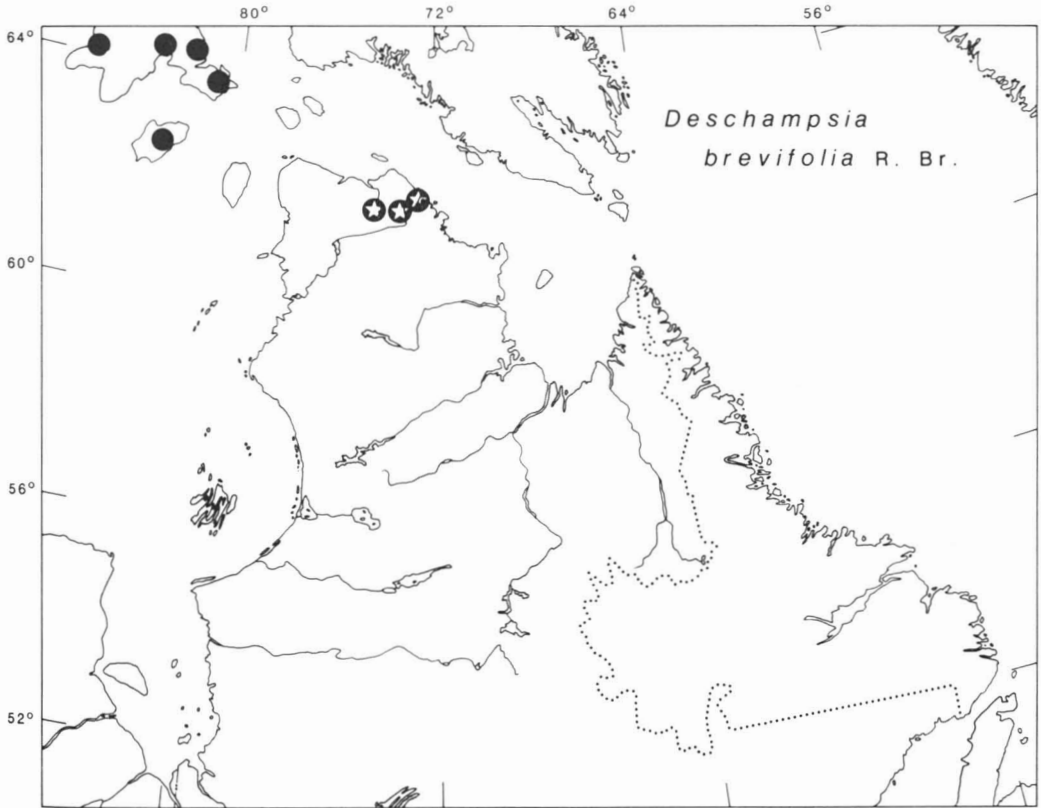


Figure 1. Carte de répartition de *Deschampsia brevifolia* au Nouveau-Québec et sur les territoires adjacents. Source: Porsild & Cody (1980) (cercle plein) — Nouvelle station (cercle avec étoile).

Zemble et le nord de l'URSS. Sa présence au Québec (fig. 2) a déjà été signalée par Gardner (1973) sur la foi d'une de ses récoltes: Ivujivik, 23 août 1939, G. Gardner 772. Mais à l'Herbier Louis-Marie (QFA), la récolte de Gardner portant ce numéro n'indique pas la même localité ni la même date: Hudson Bay, Nuvuk, 23 juillet 1939, G. Gardner 39772. Nuvuk est un archipel situé un peu au large d'Ivujivik et fait partie des Territoires du Nord-Ouest. La date du 23 juillet 1939 sur l'étiquette est fautive: dans son journal de voyage (Gardner & Wilmot, 1943, p. 350-352), Gardner mentionne son séjour à Ivujivik le 23 août 1939 (et non le 23 juillet) et sa visite aux îles Nuvuk dans l'avant-midi du 24 août. Il est donc impossible de connaître exactement la provenance de ce spécimen et sa date de récolte. Il existe un duplicata de cette récolte à DAO; la date du 23 août 1939 est correcte mais la localisation précise demeure ambiguë: Nuvuk, Ivujivik, Hudson Bay. Par contre, deux récoltes anciennes de *F. baffinensis* proviennent véritablement d'Ivujivik (*Dutilly 6176*). Morisset (1979,

en prép.) a aussi trouvé cette espèce dans le parc Forillon, en Gaspésie.

À Douglas Harbour, le *F. baffinensis* est assez commun et se retrouve surtout dans les milieux sablonneux, graveleux et secs, créés par l'action humaine: bords de route en construction, haut rivage remanié, bordure de gravières, abords de réservoir. En milieu naturel, il se retrouve sur des plages sablonneuses en compagnie d'*Elymus arenarius* L., *Potentilla egedii* Wormskj., *Festuca rubra* L., *Puccinellia langeana* (Berl.) Th. Sør., *Poa hartzii* Gand. emend. Sør., etc.

Poa hartzii Gand. emend. Sør.

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond de la baie, 61°49'30"N.-72°48'00"O., bas d'un cône d'éboulis stabilisé, gros blocs sur matériel limono-argileux recouvert de mousses, dominé par les arbustes rampants et les herbacées, 27 juillet 1981, J. Cayouette J81-576C (QFA). Eodem, haut de plage atteint par les hautes marées, herbaçie sur sable grossier, dominée par *Elymus arenarius*, 31 juillet 1981, J. Cayouette J81-640 (QFA).

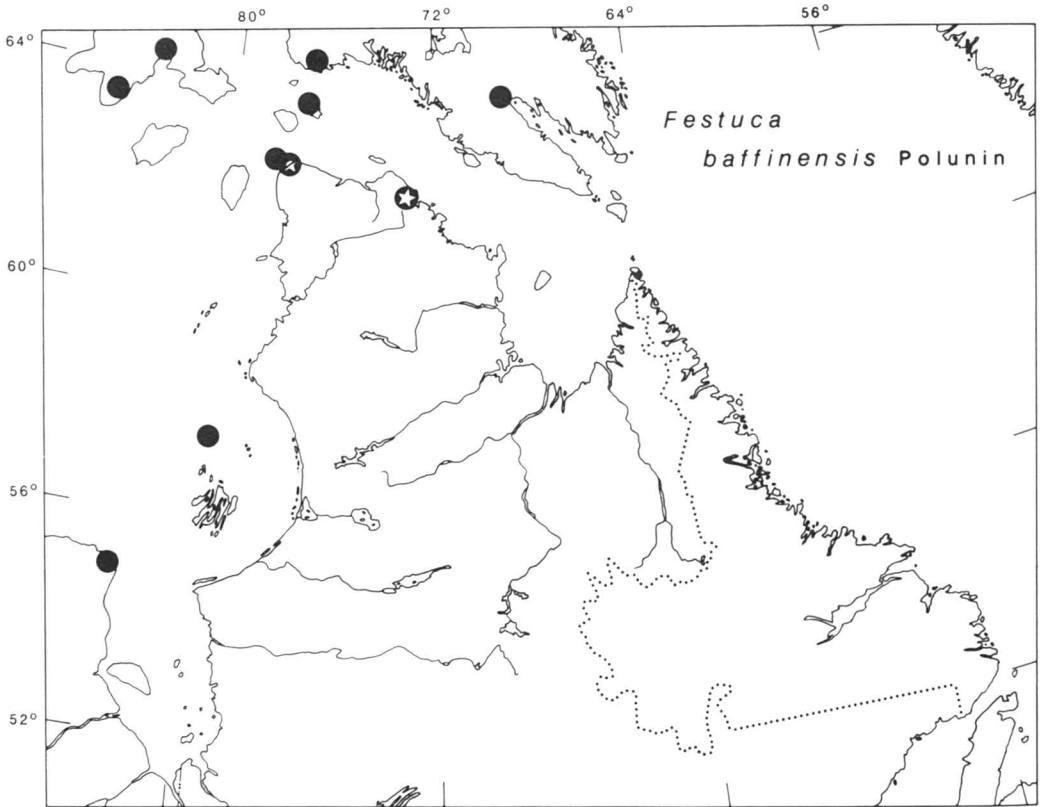


Figure 2. Carte de répartition de *Festuca baffinensis* au Nouveau-Québec et sur les territoires adjacents. Sources: Porsild & Cody (1980); Morisset & Payette (1980); QFA (cercle plein) — Nouvelle station (cercle avec étoile).

Eodem, haut rivage de la baie, substrat sablo-graveleux, avec *Elymus arenarius* et *Salix glauca*, 4 août 1981, J. Cayouette J81-749 (QFA).

Cette graminée amphi-atlantique du Haut-Arctique se retrouve à l'île Spitzberg, au Groenland et dans l'Arctique canadien jusqu'à l'île Victoria (Hultén, 1958). Dans l'Arctique canadien, elle est assez fréquente dans l'île Ellesmere et a été trouvée également à l'île de Baffin un peu en-dessous du 70° degré de latitude N. (Porsild, 1964). Sa présence sur les hauts rivages de Douglas Harbour marque une importante extension d'aire vers le sud. Bournérias (1975) l'avait déjà signalée au Québec à Povungnituk sur la foi d'une récolte effectuée en 1970 (*Bournérias* 70028, QFA: Herbarier Lepage), mais ce spécimen a été révisé à *Poa glauca* M. Vahl.

La taxonomie de cette graminée, dont les anthères sont toujours stériles, ne fait pas encore l'unanimité. D'après Scholander (1934), elle semble intermédiaire entre le *Poa abbreviata* R.Br. et le *P. glauca* M. Vahl. Edmondson (1980) la considère comme un hybride entre ces deux es-

pèces. Pour Nannfeldt (1935), elle est peut-être un hybride entre *P. arctica* R.Br. et *P. glauca*. Par ailleurs, plusieurs auteurs la considèrent comme une espèce distincte et mentionnent les principales différences qui la séparent du *P. abbreviata* et du *P. glauca* (Sørensen, 1933; Holmen, 1957; Porsild, 1964). Selon Jørgensen *et al.* (1958), des individus de *P. hartzii* du Groenland ont une méiose irrégulière et du pollen anormal, mais ont une bonne production de graines; ces auteurs qualifient cette plante d'apomictique.

Le *P. hartzii* est caractérisé par un port cespiteux, des gaines foliaires papyracées et persistantes, des feuilles étroites à ligule longue jusqu'à 4 mm, une inflorescence étroite à branches scabres, des glumes et des lemmas à large marge hyaline donnant une apparence bronzée et luisante à l'inflorescence. Les spécimens de Douglas Harbour ont à peu près toutes ces caractéristiques sauf que le port est parfois moins fortement cespiteux et que les ligules sont plus courtes, comme chez les spécimens que Dahl (1937) mentionne pour le Spitzberg.

L'habitat des récoltes de Douglas Harbour (sable sec, base d'un talus argileux, rivages) correspond à ceux que rapportent la majorité des auteurs (Sørensen, 1933; Gelting, 1934; Polunin, 1940; Porsild, 1955; Holmen, 1957).

Extensions d'aire

Carex supina Willd. ex Wahl.
ssp. *spaniocarpa* (Steud.) Hult.

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'30"N.-72°48'00"O., partie inférieure d'une falaise de gneiss, replat couvert de végétation, substrat sablo-graveleux recouvert d'humus mésique, avec *Calamagrostis canadensis*, *Poa glauca*, *Woodsia ilvensis*, etc., 30 juillet 1981, J. Cayouette J81-625 (QFA). Eodem, talus au bord d'une route, gravier et sable secs, avec *Cerastium alpinum*, *Arabis arenicola*, *Erigeron eriocephalus* et *Draba glabella*, 1^{er} août 1981, J. Cayouette J81-704 (QFA).

Le *Carex supina* est une espèce circumpolaire. La sous-espèce typique, restreinte à l'Eurasie, est boréale, tandis que la sous-espèce *spaniocarpa*, qui se retrouve en Amérique du Nord (y compris le Groenland) et dans l'est de la Sibérie (Hultén, 1964; 1968), est qualifiée de basse-arctique (Porsild, 1964; Porsild & Cody, 1980) ou arctique-alpine (Polunin, 1940). Dutilly *et al.* (1953) signalent qu'elle s'étend assez profondément dans le Subarctique. Elle forme des populations isolées à l'ouest du lac Supérieur (Butters & Abbe, 1953; Given & Soper, 1981; Ball & White, 1983) et au Manitoba (Scoggan, 1957; Boivin, 1979). Au Québec, elle fut découverte pour la première fois par Dutilly et Lepage en 1945 (Dutilly & Lepage, 1951) dans la région de Kuujuaq (Fort-Chimo). Ces mêmes auteurs en ont fait des récoltes le long des rivières Koksoak, aux Mélézes et Caniapiscou (Dutilly & Lepage, 1951; Dutilly *et al.*, 1953; Dutilly & Lepage, 1962). Ces stations sont mal localisées sur les cartes de Böcher (1954) et de Hultén (1964); certaines ont été situées à tort sur la rivière aux Feuilles. Jusqu'à maintenant, ces stations du Québec boréal, ainsi qu'une autre située à l'extrémité nord du Labrador (dont le spécimen n'a pas été localisé), représentaient les seules colonies de ce taxon au sud de son aire continue dans l'est de l'Arctique (Hultén, 1964; Porsild, 1964). La carte de Meusel *et al.* (1965), qui donnait une aire générale continue pour ce taxon au Nouveau-Québec, était trompeuse à l'époque de sa publication. Les deux récoltes de Douglas Harbour, ainsi qu'une autre du lac à l'Eau Claire (Deshaye & Morisset, en prép.) étendent sa répartition au nord et à l'ouest du Nouveau-Québec (fig. 3).

Cette plante est considérée comme rare au Québec (Bouchard *et al.*, 1983). Böcher (1954) prétend que sa répartition discontinue dans l'est de l'Amérique du Nord semble être liée au fait qu'elle ne trouve que peu d'habitats propices. Son habitat est assez particulier: rebords de terrasses sableuses (Dutilly *et al.*, 1953), falaises de sable et de gravier (Dutilly & Lepage, 1962), aires de déflation sur terrasses sableuses, replats d'escarpements et de falaises. C'est une plante pionnière qui ne semble persister que dans les milieux instables et à faible compétition interspécifique (Butters & Abbe, 1953). Les opinions sur les préférences édaphiques de ce taxon diffèrent grandement. Selon Böcher (1954), Porsild (1964), Scoggan (1957, 1978) et Given & Soper (1981), il fuit les habitats calcaires et préfère les rochers acides ainsi que les sables. Cette situation prévaut à Douglas Harbour. Par contre, Dutilly & Lepage (1951) et Deshayé & Morisset (en prép.) l'ont trouvée au contact de formations géologiques non acides.

À Douglas Harbour, le *C. supina* n'a été trouvé qu'une seule fois en milieu naturel: replat de falaise de gneiss (J81-625). L'autre récolte (J81-704) et d'autres mentions proviennent de milieux artificiels créés par l'homme: talus en bordure d'une route reliant les sites miniers au futur port, ancienne gravière dans une terrasse marine et fluvio-glaciaire, abords d'un réservoir. Ces milieux perturbés contiennent d'ailleurs une flore riche en espèces pionnières de milieux secs, par exemple *Papaver radicum* Rottb., *Cerastium alpinum* L., *Draba nivalis* Liljebl., *Potentilla nivea* L., *Minuartia rubella* (Wahl.) Hiern, *Festuca brachyphylla* Schultes & Schultes, *Carex nardina* Fr., *Epilobium latifolium* L., *Oxytropis campestris* (L.) DC., *Astragalus alpinus* L., *Armeria maritima* (Mill.) Willd., *Saxifraga caespitosa* L., *Poa glauca* L. Vahl, etc. Le *C. supina*, grâce à cette création artificielle de nouveaux milieux, a pu se répandre localement.

Corallorhiza trifida Chat.

QUÉBEC, Ungava: mine Raglan, bras sud-ouest au fond de la baie, 61°49'30"N.-72°48'00"O., bas d'un cône d'éboulis stabilisé, gros blocs sur matériel limono-argileux recouvert de mousses, dominé par les arbustes rampants et les herbacées, 27 juillet 1981, J. Cayouette J81-574 (QFA).

La répartition de cette orchidée circumboréale au Nouveau-Québec diffère suivant les travaux floristiques et phytogéographiques consultés. La limite de l'aire continue de cette espèce est sensiblement celle des forêts. D'après Raup (1947), Hultén (1964), Meusel *et al.* (1965) et Porsild & Cody (1980), il y aurait aussi deux ou trois localités de cette espèce vers l'extrémité nord-ouest du Québec sur la côte orientale de la baie d'Hudson.

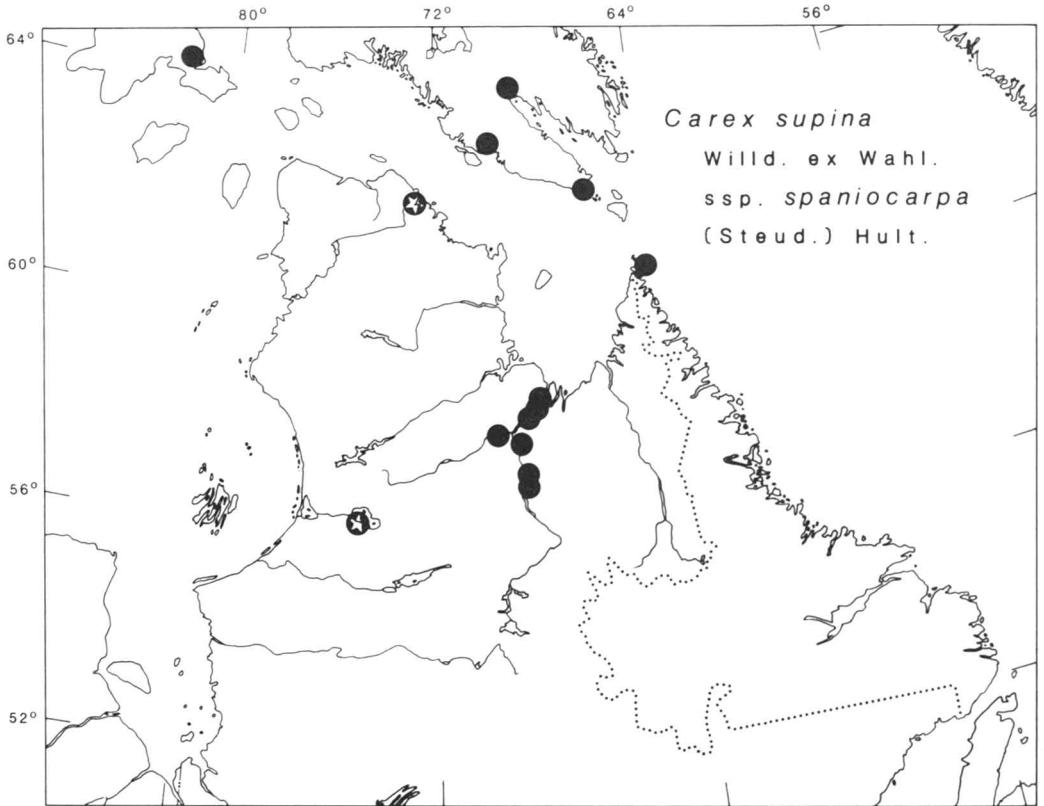


Figure 3. Carte de répartition de *Carex supina* ssp. *spaniocarpa* au Nouveau-Québec et sur les territoires adjacents. Sources : Hultén (1964); Porsild & Cody (1980); QFA, MT (cercle plein) — Nouvelle station et Deshayé & Morisset (en prép.) (cercle avec étoile).

Les cartes de Rousseau (1974) et de Luer (1975) ne signalent pas ces localités et Rousseau (1974) prétend que les mentions au nord du 60° degré de latitude sont erronées; il établit la limite septentrionale du *C. trifida* au Québec le long du fleuve George (57°21'N.). Les mentions pour le nord-ouest du Nouveau-Québec n'ont pu être retracées, mais la récolte de Douglas Harbour certifie la présence de cette orchidée assez loin au-delà de la limite des arbres. À Douglas Harbour, un seul individu de *C. trifida* fut trouvé.

Draba corymbosa R.Br. ex DC.

QUÉBEC, Ungava: mine Raglan, site Katiniq, rive est de la rivière Déception, 61°41'00"N.-73°41'00"O., alt. 535 m, affleurements rocheux gélifractés, à travers les gélifractes fins, avec *Cetraria nivalis*, *Saxifraga caespitosa*, *Luzula confusa*, 23 juillet 1981, J. Cayouette et A. Vachon J81-461 (QFA). Site Donaldson, 61°40'N.-73°17'O., affleurement rocheux gélifracté à l'ouest du lac Raglan, fissure du rocher, rare, 28 juillet 1981, J. Cayouette J81-606 (QFA).

Mulligan (1974) a clarifié l'épithète spécifique de cette crucifère (*corymbosa*) et relégué en sy-

nonymie les noms *D. bellii* Holm et *D. macrocarpa* Adams qui étaient largement utilisés. Cette espèce ressemble au *D. alpina* L., mais s'en distingue par plusieurs caractères morphologiques. *D. alpina* pousse par individus isolés ou en touffes lâches, et porte des siliques glabres ou légèrement pubescentes; *D. corymbosa* forme des touffes denses ou des coussinets serrés, et ses siliques sont assez densément pubescentes (Seidenfaden & Sørensen, 1937; Hultén, 1971; Mulligan, 1976). *D. alpina* se retrouve dans des milieux protégés, mésiques ou humides comme les combes à neige, alors que *D. corymbosa* préfère les habitats plus secs et plus exposés, souvent dépourvus de neige durant l'hiver (Seidenfaden & Sørensen, 1937; Porsild, 1955). Les habitats des spécimens cités plus haut correspondent bien à celui qu'on reconnaît pour le *D. corymbosa*: milieux rocheux exposés.

D. corymbosa est une plante circumpolaire du Haut-Arctique (Young, 1971; Hultén, 1971) et sa présence au Québec fut signalée pour la première fois par Mulligan (1974, *in litt.*) sur la base

de la récolte suivante: Baie Kayak, dans l'estuaire de la baie Payne, vers 69°41' long. O., colline de roche ferrugineuse, 19 août 1948, J. Rousseau 1505 (DAO, QUE). Une autre récolte a été effectuée récemment sur la côte québécoise de la baie d'Hudson: Inukjuak, en face de Goss Island, UTM: 17V PQ 616 880, rivage maritime sablonneux, zone à *Lathyrus japonicus* et à *Honckenyia peploides*, 23 juillet 1983, M. Blondeau 83379 (QFA, Herbar M. Blondeau). Cette récolte, ainsi que celle signalée par Morisset & Payette (1980) aux îles Dormeuses, dans la baie d'Hudson, constituent actuellement la limite méridionale de cette espèce en Amérique du Nord. Elle demeure très localisée au Québec (fig. 4), où elle est considérée à juste titre comme une plante rare (Bouchard *et al.*, 1983).

Epilobium palustre L. sensu lato

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'30"N.-72°48'00"O., petit marécage d'eau douce sur le haut rivage de

la baie, rives moussues avec herbacées basses, avec *Montia fontana*, *Koenigia islandica*, *Dupontia fischeri*, etc, 31 juillet 1981, J. Cayouette J81-668 (QFA, MO).

Dans toute son aire circumboréale (Hultén, 1971), cette espèce présente une grande variabilité qu'on a traduite par une quantité de variétés. Des études récentes (Hoch & Raven, 1981; Hoch, *in litt.*) faites à l'échelle mondiale tendent à ne reconnaître aucun taxon infraspécifique sous cette espèce.

E. palustre atteint à peine les régions arctiques (Young, 1971). Polunin (1940, 1948) le rapporte à Chesterfield Inlet sur la côte ouest de la baie d'Hudson, à une latitude qui se rapproche un peu de celle de Douglas Harbour. Les cartes de répartition publiées ne le mentionnent pas pour le secteur arctique du Québec ni pour l'île de Baffin (Porsild, 1964; Hultén, 1968, 1971; Porsild & Cody, 1980). Rousseau (1974) en fixe la limite vers le 60° degré de latitude N. sur la rivière Arnaud

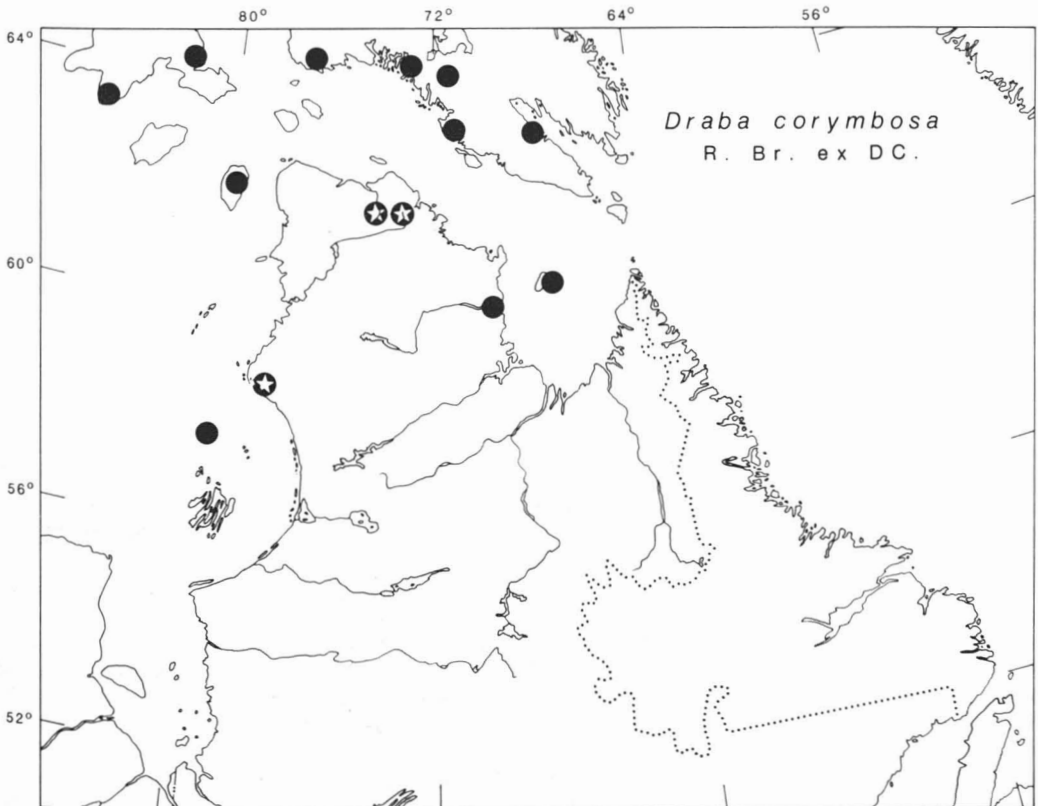


Figure 4. Carte de répartition de *Draba corymbosa* au Nouveau-Québec et sur les territoires adjacents. Sources: Hultén (1971); Porsild & Cody (1980); Morisset & Payette (1980); DAO, QUE (cercle plein). Nouvelle station et Blondeau (en prép.) (cercle avec étoile).

tandis que Bournérias (1971) le signale à Povungnituk. La récolte de Douglas Harbour représente donc la station la plus septentrionale pour cette espèce au Québec.

Deux importantes colonies furent observées à Douglas Harbour. La première, dont la récolte est citée plus haut, est située en bordure d'un marécage d'eau douce localisé à peine en haut du rivage du fjord. Cet habitat correspond à celui que mentionnait Polunin (1948, p. 276) pour Chesterfield Inlet et certaines espèces compagnes (*Koenigia islandica* L., *Montia fontana* L., *Stellaria crassifolia* Ehrh.) sont les mêmes. L'autre colonie fut découverte en marge d'un petit lac, dans les mousses humides, en compagnie de *Hippuris vulgaris* L., *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, *Carex rariflora* (Wahl.) Sm., *C. aquatilis* Wahl., *Saxifraga stellaris* L. var. *comosa* Poir., *S. hirculus* L., *Cardamine pratensis* L. et *Luzula wahlenbergii* Rupr.

Erigeron compositus Pursh

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'35"N.-72°48'00"O., alt. 30 m, niveau des terrasses marines, chemin de sable et de gravier traversant les terrasses, avec *Potentilla nivea*, *Festuca brachyphylla*, *Poa glauca*, etc., deux plants seulement, 1^{er} août 1981, J. Cayouette J81-694 (QFA).

La répartition de cette composée rare est plutôt difficile à caractériser en raison de son aire très discontinue en dehors des montagnes Rocheuses. On pourrait la considérer comme une espèce nord-américaine arctique-alpine (Porsild, 1964). Même si elle est répandue au Groenland, sa répartition est centrée sur les montagnes Rocheuses et la Cordillère. Jusqu'à maintenant, elle n'avait été trouvée au Québec qu'à quelques localités de la Gaspésie (Dansereau, 1937, 1957; Rousseau, 1974). Bouchard *et al.* (1983) l'incluent parmi les plantes rares du Québec.

Sa présence au nord du Québec est tout à fait inattendue. Les localités les plus proches sont à peu près équidistantes: Gaspésie, Terre-Neuve, Groenland et centre de l'île de Baffin (Porsild, 1964; Hultén, 1968). Elle est signalée également pour Churchill au Manitoba, mais cette mention n'a pas été confirmée jusqu'à maintenant par un spécimen d'herbier (Scoggan, 1957, 1979). Elle est très rare également dans l'est de l'Arctique nord-américain: une station sur l'île de Baffin et quelques autres au nord de l'île Ellesmere.

Certains auteurs s'accordent à dire qu'*E. compositus* a des affinités pour les milieux calcaires (Porsild, 1955; Rousseau, 1974). Il est donc surprenant de le retrouver à Douglas Harbour, dans une région où les formations calcaires sont absentes; le fjord est entièrement taillé dans les gneiss et les migmatites (Kretz, 1961).

Cependant, les terrasses marines de Douglas Harbour, riches en coquillages, renferment plusieurs espèces réputées calcicoles: *Carex rupestris* All., *Dryas integrifolia* M. Vahl, *Salix lanata* L. ssp. *calvicola* (Fern. & Wieg.) Hult., *Astragalus alpinus* L., *Oxytropis deflexa* (Pall.) DC. var. *foliolosa* (Hook.) Barneby, *O. campestris* (L.) DC., *Erigeron eriocephalus* J. Vahl, etc.

La population d'*E. compositus* à Douglas Harbour comprenait trois individus (deux récoltés) assez éloignés les uns des autres, mais tous dans des milieux perturbés par l'homme: bords de route ou gravières. Il n'a pas été trouvé dans des milieux naturels, mais sa présence est sans doute probable dans les talus de terrasses ou sur des aires de déflation. La présence de milieux perturbés a favorisé sa dispersion locale de la même manière que pour *Carex supina* ssp. *spaniocarpa*. Son habitat à Douglas Harbour, même s'il est artificiel, est semblable à ceux qu'on lui connaît ailleurs: milieux pionniers sablo-graveleux et rocheux.

Lycopodium annotinum L. var. *alpestre* Hartm.

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'N.-72°48'O., alt. 75 m, lit de la rivière venant du nord-ouest, arbustaie de *Salix glauca*, *Betula glandulosa*, avec *Calamagrostis canadensis*, *Carex bigelowii*, etc., 1^{er} août 1981, J. Cayouette J81-700 (QFA).

Cette espèce est circumboréale (Hultén, 1964) et le var. *alpestre* occupe la portion septentrionale de l'aire de répartition de l'espèce. Elle est plutôt rare dans l'est de l'Arctique nord-américain et localisée sur l'île de Baffin (Polunin, 1940). Au Québec nordique, les cartes de répartition de Porsild (1964) (var. *pungens*) et de Rousseau (1974) (*L. annotinum sensu lato*) indiquent Povungnituk comme limite septentrionale. La récolte de Douglas Harbour (pointée sur la carte publiée récemment par Morisset *et al.*, 1983) constitue donc la localité québécoise la plus septentrionale pour cette espèce. Contrairement à ce qu'affirmaient Louis-Marie (1940), le var. *alpestre* ne se retrouve pas «partout» au nord du 60° degré de latitude au Québec.

À Douglas Harbour, deux colonies seulement furent observées. La première, celle de la récolte citée plus haut, se retrouve abritée dans le lit d'une rivière, au travers d'une arbustaie basse de *Salix glauca* L. et de *Betula glandulosa* Michx., avec *Epilobium angustifolium* L. et *Calamagrostis canadensis* (Michx.) Beauv.; l'autre colonie poussait dans une combe à neige en flanc de terrasse marine au travers d'une arbustaie rampante sur mousses où se retrouvent également *Salix herbacea* L., *Cassiope tetragona* (L.) D. Don et *Potentilla hyparctica* Malte. Polunin (1948)

signale des habitats et des espèces compagnes assez similaires pour le *L. annotinum* à l'île de Baffin.

Triglochin palustre L.

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'30"N.-72°48'00"O., haut rivage de la baie, dans le sable silteux humide, avec *Puccinellia phryganodes*, *Carex subspathacea*, *C. glareosa* et *Potentilla egedii*, 3 août 1981, J. Cayouette J81-740 (QFA).

La répartition au Québec-Labrador de cette espèce circumboréale s'étend jusque vers le nord près de la baie du fleuve Koroc à l'est et aux environs d'Inukjuak à l'ouest (Rousseau, 1974; Hultén, 1964, 1968; Porsild & Cody, 1980). La récolte québécoise la plus septentrionale était la suivante: rivière aux Feuilles, 59°48'N.-70°05'O., prairie au bord de la rivière, 1^{er} août 1963, A. Legault 6980 (SFS). Sa présence à Douglas Harbour constitue une importante extension d'aire vers le nord; la seule colonie observée comprenait un grand nombre d'individus.

Woodsia ilvensis (L.) R.Br.

QUÉBEC, Ungava: Douglas Harbour, bras sud-ouest, au fond du fjord, 61°49'30"N.-72°48'00"O., partie inférieure d'une falaise de gneiss, replat couvert de végétation, substrat sablo-graveleux recouvert d'humus mésique, avec *Calamagrostis canadensis*, *Poa glauca*, etc., 30 juillet 1981, J. Cayouette J81-624 (QFA).

Cette fougère circumboréale pénètre peu les régions arctiques (Hultén, 1964). Au Québec, elle n'apparaît pas sur les cartes de répartition au-delà de la latitude de Povungnituk (environ 60° lat. N.) (Rousseau, 1974; Porsild, 1964; Hultén, 1964, 1968). Deshayé (1983) l'a signalée récemment dans la baie d'Ungava à l'île Ivik (59°56'N.). La carte de Meusel *et al.* (1965) est trompeuse: la zone ombrée couvrant l'extrémité de la péninsule québécoise laisse sous-entendre que la plante y occupe une aire continue alors qu'il n'en est rien. La récolte de Douglas Harbour est la première à être localisée aussi loin au nord du Québec. Au-delà, elle s'étend à quelques stations seulement sur l'île de Baffin (Polunin, 1940).

À Douglas Harbour, trois grosses colonies furent observées, l'une sur des replats à la partie inférieure d'une falaise, les deux autres sur des terrasses marines et fluvio-glaciaires, à substrats composés de sables et de graviers bien triés et où la végétation est fortement discontinue. Les principales espèces compagnes sont *Carex nardina* Fr., *Campanula rotundifolia* L., *Oxytropis campestris* (L.) DC., *Festuca brachyphylla* Schultes & Schultes, *Saxifraga tricuspidata* Rottb.,

Poa glauca M. Vahl, *Kobresia myosuroides* (Vill.) Fiori & Paol. et *Draba nivalis* Liljebl.

Discussion et conclusion

La présence à la mine Raglan (Katiniq, Donaldson et Douglas Harbour) d'une flore vasculaire comprenant trois additions à la flore du Québec et huit extensions d'aire importantes peut s'expliquer par diverses raisons. Aucun inventaire exhaustif n'existait auparavant pour les sites du plateau continental, ni pour celui de Douglas Harbour. Une exploration systématique (durant 7 jours) fut faite à Douglas Harbour où l'extrémité supérieure du bras sud-ouest du fjord est peu étendue et où les habitats sont télescopés. Certains taxons rares ont été trouvés après des visites répétées des mêmes habitats. Un seul individu de *Corallorhiza trifida* fut localisé, une seule colonie de *Triglochin palustre* dissimulée parmi les touffes de *Puccinellia phryganodes* (Trin.) Scribn. & Merr. et de *Carex subspathacea* Wormskj., trois individus dispersés d'*Erigeron compositus*, deux touffes dispersées (plus un individu isolé) de *Poa hartzii* et deux colonies d'*Epilobium palustre* et de *Lycopodium annotinum*. Seule une exploration intense d'un secteur relativement restreint a pu conduire à la découverte de ces plantes. D'autres espèces rares au Nouveau-Québec, mais déjà récoltées dans la région, sont représentées à Douglas Harbour par quelques individus seulement: *Carex capitata* L., *C. marina* Dewey, *C. ursina* Dewey, *Draba crassifolia* Graham, *Equisetum calderi* Boivin, *Erigeron eriocephalus* J. Vahl, *Luzula groenlandica* Böcher, *Oxytropis deflexa* (Pall.) DC. var. *foliolosa* (Hook.) Barneby, *Plantago maritima* L. et *Puccinellia vaginata* (Lange) Fern. & Weath.

Le climat régional rigoureux de ce secteur de la péninsule du Nouveau-Québec (environs du 61° N.), surtout aux sites continentaux en altitude, peut expliquer la proportion élevée de plantes arctiques dans la flore. En compilant la flore des sites Katiniq et Donaldson avec celle des environs d'Asbestos Hill, Morisset *et al.* (1983) ont noté que les espèces arctiques formaient 94,4% de la flore, soit la plus forte proportion du Québec arctique et des îles avoisinantes. Cette proportion est forte également (69,8%) pour les flores combinées de Wakeham Bay et de Douglas Harbour. Il n'est pas surprenant alors de retrouver parmi les présentes additions et extensions d'aire des plantes du Haut-Arctique, comme *Deschampsia brevifolia* et *Poa hartzii*, à leur limite méridionale en Amérique du Nord. D'autres espèces arctiques ont une répartition très restreinte au Nouveau-Québec: *Festuca baffinensis*, *Erigeron compositus*, *Draba corymbosa* et *Carex supina* ssp.

spaniocarpa, les deux premières formant aussi des populations disjointes en Gaspésie.

La diversité des habitats à Douglas Harbour favorise également la présence d'une flore riche et augmente les possibilités d'y rencontrer des plantes rares à exigences écologiques restreintes. Plusieurs de ces habitats sont protégés et permettent l'existence d'une flore boréale dans un environnement à caractère fortement arctique.

Un autre facteur qui a favorisé la découverte de ces plantes à répartition restreinte à Douglas Harbour fut la création par l'homme de milieux propices aux plantes pionnières. C'est dans ces milieux nouveaux (bords de route, gravières, abords de réservoir) que furent trouvés les seuls plants d'*Erigeron compositus* et la plupart des spécimens observés de *Carex supina* ssp. *spaniocarpa* et de *Festuca baffinensis*.

Ainsi, à l'extrémité supérieure du bras sud-ouest du fjord où la superficie est assez restreinte, se côtoient près de 170 plantes vasculaires dont plusieurs sont rares ou à répartition discontinue. Une exploration méthodique de tout le fjord et surtout de l'autre bras (sud-est), dont un survol a révélé une plus grande diversité d'habitats qu'au bras sud-ouest (A. Vachon, comm. pers.), pourrait sans doute ajouter d'autres plantes à la flore de ce coin du Nouveau-Québec.

Remerciements

J'adresse mes remerciements aux dirigeants de la Northern Québec Raglan Mine, filiale de la compagnie Falconbridge, Toronto, pour les facilités d'hébergement et de transport local sur les sites de la mine. J'ai apprécié l'assistance des membres de l'équipe de la firme Roche et Associés qui m'ont accompagnés sur le terrain (A. Vachon, D. Clavet et R. Pelletier). Les personnes suivantes ont vérifié certaines identifications: G.A. Mulligan (Institut de recherches biosystématiques, Ottawa); *Draba*, plus notes inédites), S. Frederiksen (Institute of Systematic Botany, University of Copenhagen: *Festuca*) et P.C. Hoch (Missouri Botanical Garden: *Epilobium*).

Merci également à P. Morisset, J. Deshayé et M. Blondeau (de Québec) pour la permission de citer certaines de leurs récoltes inédites, et à S. Hay de l'Institut botanique de l'Université de Montréal pour certains renseignements inédits sur *Draba corymbosa* et pour le prêt de spécimens de *Carex supina* de MT. Je suis reconnaissant à W.J. Cody (Ottawa) de m'avoir signalé une récolte de *Festuca baffinensis* (Gardner). Yvan Grenier du C.E.N. a aimablement dressé les cartes de répartition. Michelle Boivin de l'Herbier Louis-Marie a fourni des renseignements utiles sur les récoltes de Gardner. P. Morisset, R. Gauthier et J. Deshayé ont commenté une première version du manuscrit.

Références

- BALL, P.W. & D.J. WHITE, 1982. *Carex supina* Willd. ex Wahlenb. ssp. *spaniocarpa* (Steud.) Hultén. — Page 1 in G. W. Argus & D.J. White (éd.). Atlas des plantes vasculaires rares de l'Ontario. Musée national des sciences naturelles, Canada.
- BELL, R., 1901. Rapport d'une exploration de la côte septentrionale du détroit d'Hudson. — Rapp. ann. Comm. géol. Canada, 1898, vol. 11, Rapp. M, 40 p.
- BÖCHER, T.W., 1954. Oceanic and continental vegetational complexes in southwest Greenland. — Meddr Grønland, 148: 1-336.
- BOIVIN, B., 1979. Flora of the Prairie provinces. Part IV. Monopsida. — Phytologia, 43: 1-106. [Réimprimé dans *Provancheria* (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 5, 189 p.]
- BOUCHARD, A., D. BARABÉ, M. DUMAIS & S. HAY, 1983. Les plantes vasculaires rares du Québec. — Syllogeus, n° 48, 79 p.
- BOURNÉRIAS, M., 1971. Observations sur la flore et la végétation des environs de Puvirnituq (Nouveau-Québec). — Naturaliste can., 98: 261-318.
- BOURNÉRIAS, M., 1975. Flore arctique (Lichens, Bryophytes, Spermaphytes) aux environs de Puvirnituq (Nouveau-Québec). — Naturaliste can., 102: 803-824.
- BUTTERS, F.K. & E.C. ABBE, 1953. A floristic study of Cook County, Northeastern Minnesota. — Rhodora, 55: 21-55; 63-101; 116-154; 161-201.
- DAHL, E., 1937. On the vascular plants of eastern Svalbard. — Skr. Svalbard Ishavet, no. 75, 50 p.
- DANSEREAU, P., 1937. L'*Erigeron compositus* dans le Québec. — Naturaliste can., 64: 121-126. [Réimprimé dans *Contr. Inst. Bot. Univ. Montréal*, 29: 59-64].
- DANSEREAU, P., 1957. Biogeography, an ecological perspective. — Ronald Press Co., New York, 394 p.
- DESHAYÉ, J., 1983. La flore vasculaire de l'île Ivik, baie d'Ungava (T.N.-O.). — *Provancheria* (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 15, 31 p.
- DUTILLY, A. & E. LEPAGE, 1951. La traversée de l'Ungava en 1945. — Naturaliste can., 78: 5-77. [Réimprimé dans *Contr. Arct. Inst. cath. Univ. Am.*, no. 2F, 130 p.].
- DUTILLY, A. & E. LEPAGE, 1962. Exploration botanique des rivières Swampy Bay et Caniapiscou, dans le bassin de la baie d'Ungava. — Naturaliste can., 89: 293-329.
- DUTILLY, A., E. LEPAGE & M. DUMAN, 1953. Contribution à la flore du bassin de la baie d'Ungava. — *Contr. Arct. Inst. cath. Univ. Am.*, no. 4F, 104 p.
- EDMONDSON, J.R., 1980. *Poa* L. — Pages 159-167 in T.G. Tutin, V.H. Heywood, N.A. Burges, D.M. Moore, D.H. Valentine, S.M. Walters & D.A. Webb (eds.). *Flora Europaea*. Vol. 5. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 452 p.
- FREDERIKSEN, S., 1977. The *Festuca brachyphylla* group in Greenland. — *Bot. Notiser*, 130: 269-277.

- FREDERIKSEN, S., 1982. *Festuca brachyphylla*, *F. saximontana* and related species in North America. — Nord. J. Bot., 2: 525-536.
- GARDNER, G., 1973. Catalogue analytique des espèces végétales du Québec arctique et subarctique et de quelques autres régions du Canada. — Montréal, miméo., 142 p.
- GARDNER, G. & B.E. WILMOT, 1943. Exploring in Labrador and Hudson Bay. — Rev. Univ. Ottawa, 13: 78-117; 339-367.
- GELTING, P., 1934. Studies on the vascular plants of east Greenland between Franz Joseph fjord and Dove Bay. — Meddr Grønland, 101: 1-340.
- GIVEN, D.R. & J.H. SOPER, 1981. The arctic-alpine element of the vascular flora at Lake Superior. — Publ. Bot. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 10, 70 p.
- HOCH, P.C. & P.H. RAVEN, 1981. Onagraceae. — in E. Nasir & S.I. Ali (eds.). Flora of Pakistan, 139: 1-44.
- HOLMEN, K., 1957. The vascular plants of Peary Land, North Greenland. — Meddr Grønland, 124: 1-149.
- HULTÉN, E., 1958. The amphi-atlantic plants and their phytogeographical connections — Almqvist & Wiksell, Stockholm, 340 p.
- HULTÉN, E., 1964. The circumpolar plants. I. Vascular Cryptogams, Conifers, Monocotyledons. — Almqvist & Wiksell, Stockholm, 280 p.
- HULTÉN, E., 1967. Comments on the flora of Alaska and Yukon. — Ark. Bot., Ser. 2, 7: 1-147.
- HULTÉN, E., 1968. Flora of Alaska and neighboring territories. — Stanford Univ. Press, Stanford, California, 1008 p.
- HULTÉN, E., 1971. The circumpolar plants. II. Dicotyledons. — Almqvist & Wiksell, Stockholm, 463 p.
- JØRGENSEN, C.A., T. SØRENSEN & M. WESTERGAARD, 1958. The flowering plants of Greenland. A taxonomical and cytological survey. — Biol. Skr. 9, no. 4, 172 p.
- KAWANO, S., 1963. Cytogeography and evolution of the *Deschampsia caespitosa* complex. — Can. J. Bot., 41: 719-742.
- KRETZ, R., 1961. Observations géologiques dans le nord du Nouveau-Québec. — Étude Comm. géol. Min. Mines et Relevés techniques Canada, n° 60-12, 17 p.
- LOUIS-MARIE, P., 1940. Deuxième addition à la flore arctique du Québec (Ungava et Labrador au nord du 60° lat.). — Rev. Oka, 14: 179-200.
- LOUIS-MARIE, P., 1961. Dutiliana. I-IV. Graminées, Cypéracées, Saules et Composées de la flore américaine arctico-boréale. — Cont. Inst. Oka (Univ. de Montréal), n° 14, 46 p.
- LOW, A.P., 1899. Compte rendu de l'exploration d'une partie de la côte méridionale du détroit d'Hudson et de la baie d'Ungava. — Rapp. ann. Comm. géol. Canada, vol. 11. Rapp. L, 55 p.
- LUER, C.A., 1975. The native orchids of the United States and Canada excluding Florida. — The New York Botanical Garden, New York, 361 p.
- MAYCOCK, P.F. & B. MATTHEWS, 1966. An arctic forest in the tundra of northern Ungava, Québec. — Arctic, 19: 114-144.
- MEUSEL, H., JAGER, E. & E. WEINERT, 1965. Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. — Verlag, Jena, 583 + 258 p.
- MORISSET, P., 1979. Localisation et abondance des plantes vasculaires arctiques-alpines et rares des falaises du Parc national Forillon. — Rapp. final Parcs Canada, n° 77-274, miméo., 468 p.
- MORISSET, P. & S. PAYETTE, 1980. La flore et la végétation des îles Dormeuses (Baie d'Hudson, Territoires du Nord-Ouest, Canada). — Naturaliste can., 107: 63-86.
- MORISSET, P., S. PAYETTE & J. DESHAYE, 1983. The vascular flora of the Northern Québec-Labrador peninsula: phytogeographical structure with respect to the tree-line. — Pages 141-151 in P. Morisset & S. Payette (eds.), Tree-line ecology. Proceedings of the Northern Québec Tree-Line Conference, Coll. Nordicana (Univ. Laval, Québec), no. 47, 188 p.
- MULLIGAN, G.A., 1974. Confusion in the names of three *Draba* species of the arctic: *D. adamsii*, *D. oblongata* and *D. corymbosa*. — Can. J. Bot., 52: 791-793.
- MULLIGAN, G.A., 1976. The genus *Draba* in Canada and Alaska: key and summary. — Can. J. Bot., 54: 1386-1393.
- NANNFELDT, J.A., 1935. Taxonomical and plant-geographical studies in the *Poa laxa* group. — Symb. bot. upsal., 5: 1-113.
- POLUNIN, N., 1940. Botany of the Canadian eastern arctic. Part 1, Pteridophyta and Spermatophyta. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 92, 408 p.
- POLUNIN, N., 1948. Botany of the Canadian eastern Arctic. Part 3, Vegetation and ecology. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 104, 304 p.
- PORSILD, A.E., 1955. The vascular plants of the western Canadian Arctic archipelago. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 135, 226 p.
- PORSILD, A.E., 1964. Illustrated flora of the Canadian Arctic Archipelago, 2nd Ed. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 146, 218 p.
- PORSILD, A.E. & W.J. CODY, 1980. Vascular plants of continental Northwest Territories, Canada. — Natn. Mus. nat. Sci. Canada, 667 p.
- RAUP, H.M., 1947. The botany of southwestern Mackenzie. — Sargentia, 6: 1-275.
- ROUSSEAU, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. — Presses Univ. Laval, Québec, 799 p.
- ROUSSEAU, J. & M. RAYMOND, 1955. The flora of Chubb Crater. Appendix to: Martin, N.V., Limnological and biological observations in the region of the Ungava or Chubb Crater, Province of Québec. — J. Fish. Res. Bd Can., 12: 487-498.
- SCHOLANDER, P.F., 1934. Vascular plants from northern Svalbard. — Skr. Svalbard Ishavet, no. 62, 155 p.
- SCOGGAN, H.J., 1957. Flora of Manitoba. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 140, 619 p.
- SCOGGAN, H.J., 1978. The flora of Canada. Part 2, Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledoneae. — Publ. Bot. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 7, p. 93-545.

- SCOGGAN, H.J., 1979. The flora of Canada. Part 4, Dicotyledoneae (Loasaceae to Compositae). — *Publ. Bot. natn. Mus. nat. Sci. Canada*, no. 7, p. 1117-1711.
- SEIDENFADEN, G. & T. SØRENSEN, 1937. The vascular plants of northeast Greenland from 74°30' to 79°00' N. lat. — *Meddr Grønland*, 101: 1-215.
- SØRENSEN, T., 1933. The vascular plants of east Greenland from 71°00' to 73°30' N. lat. — *Meddr Grønland*, 101: 1-177.
- YOUNG, S.B., 1971. The vascular flora of St. Lawrence Island with special reference to floristic zonation in the Arctic regions. — *Contr. Gray Herb. Harv.*, no. 201, p. 11-115.

LES DIATOMÉES BENTHIQUES DE SUBSTRATS DURS DES EAUX MARINES ET SAUMÂTRES DU QUÉBEC

2. TABELLARIOIDEAE ET DIATOMOIDEAE (FRAGILARIALES, FRAGILARIACEAE)¹

M. POULIN, L. BÉRARD-TERRIAULT et A. CARDINAL

GIROQ, Département de biologie
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Cet article porte sur deux sous-familles des Fragilariaceae: les Tabellarioideae, représentés par les genres *Grammatophora* Ehrenberg, *Licmophora* Agardh, *Rhabdonema* Kützing, *Striatella* Agardh et *Tabellaria* Ehrenberg, totalisent 22 taxons; les Diatomoideae, moins abondants avec seulement 7 taxons, représentés par les genres *Diatoma* Bory, *Meridion* Agardh et *Plagiogramma* Greville. La description des taxons est accompagnée de références, d'illustrations en microscopie optique ou en microscopie électronique à balayage, de données biométriques et d'informations sur la répartition régionale.

Abstract

This paper deals with two subfamilies of the Fragilariaceae: the Tabellarioideae are represented by *Grammatophora* Ehrenberg, *Licmophora* Agardh, *Rhabdonema* Kützing, *Striatella* Agardh and *Tabellaria* Ehrenberg, and account for 22 taxa. The Diatomoideae, which are less abundant with only 7 taxa, are represented by *Diatoma* Bory, *Meridion* Agardh and *Plagiogramma* Greville. Descriptions of taxa are presented with selected references, micrographs taken with the light or scanning electron microscope, biometric data and regional distributions.

Introduction

Les Fragilariales (Patrick & Reimer, 1966) sont caractérisés par la présence d'une aire axiale sur les deux valves, ceci leur conférant un mode de vie plutôt colonial en filaments rubanés, étoilés, en éventail ou encore en zigzag. Ils représentent une part importante de la microflore périphtyque de tout habitat riverin et plus particulièrement des côtes marines et estuariennes du Québec (fig. 1).

Plusieurs études récentes ont porté sur l'ultrastructure des valves de certains taxons des Fragilariales (Hasle, 1973; Ravanko & Tynni, 1974; Andrews, 1975; Haworth, 1975; Roth & de Francisco, 1977; Fryxell & Miller, 1978; Hoagland & Rosowski, 1978; Sullivan, 1979; Stabell, 1981; Rosen & Lowe, 1981; Pocock & Cox, 1982; Kociolek & Lowe, 1983). Des révisions taxonomiques majeures ont été apportées à des représentants des genres *Delphineis* (Andrews, 1977, 1981), *Fragilaria* (Hasle & Syvertsen, 1981) et *Tabellaria*

(Koppen, 1975). Le problème systématique posé par les genres *Fragilaria* et *Synedra* est discuté dans les travaux de Round (1979) et de Lange-Bertalot (1980).

Matériel et méthodes

Cet article porte sur les deux premières sous-familles des Fragilariaceae: les Tabellarioideae représentés par les genres *Grammatophora* Ehrenberg, *Licmophora* Agardh, *Rhabdonema* Kützing, *Striatella* Agardh et *Tabellaria* Ehrenberg et les Diatomoideae avec les genres *Diatoma* Bory, *Meridion* Agardh et *Plagiogramma* Greville. L'aire géographique échantillonnée et la méthodologie expérimentale sont explicitées dans Poulin *et al.* (1984). L'information taxonomique est présentée pour 29 espèces et variétés au moyen de descriptions complètes et illustrées. La synonymie a été vérifiée dans VanLandingham (1969, 1971, 1978a, 1978b). L'ensemble des collections et des préparations microscopiques est pour l'instant conservé au laboratoire de A. Cardinal à l'Université Laval. L'abréviation MEB désigne l'emploi du microscope électronique à balayage.

¹ Contribution au programme du GIROQ (Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec).

Taxonomie

Ordre Fragilariales

Frustules possédant une aire axiale sur les deux valves.

Famille Fragilariaceae

Frustules linéaires ou rectangulaires, réunis en colonies rubanées, étoilées, en zigzag ou en éventail. Bandes intercalaires et septa présents ou absents. Valves avec des stries alignées de chaque côté de l'aire axiale. Présence ou absence de processus labié. Présence ou absence de côtes.

Sous-famille Tabellarioideae

Présence de deux ou plusieurs septa. Bandes intercalaires présentes et bien développées.

Genre *Grammatophora* Ehrenberg

Frustules rectangulaires formant des colonies en zigzag. Présence de septa droits ou ondulés et de septa rudimentaires. Valves généralement linéaires-elliptiques, quelquefois élargies au centre et à l'apex. Stries ponctuées, croisées ou dé-

cussées. Présence de un ou deux processus labiés par valve.

Grammatophora angulosa var. *islandica*
(Ehrenberg) Grunow
(fig. 6-9)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 358, pl. 88, fig. 14, 15. Hustedt (1931-1959), p. 40, fig. 565.

Frustules rectangulaires, robustes et fortement silicifiés. Stries grossières, ponctuées et bien distinctes. Septa très fortement ondulés et terminés en forme de crochet du côté interne. Bande intercalaire simple et étroite. Valves étroitement linéaires-elliptiques. Apex arrondis. Aire axiale très étroite et pratiquement indistincte. Champ apical réfringent à chaque extrémité. Stries parallèles et croisées.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
14	11-106 µm	7-10 µm (valve) 14-23 µm (frustule)	10-12

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (rare).

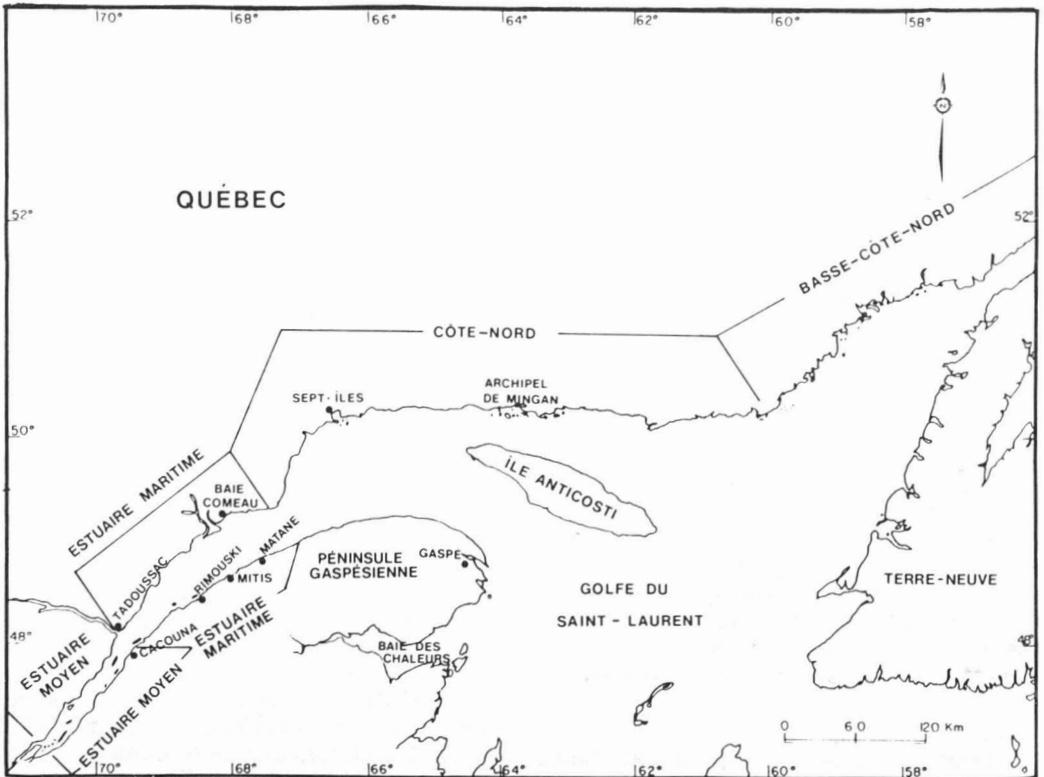
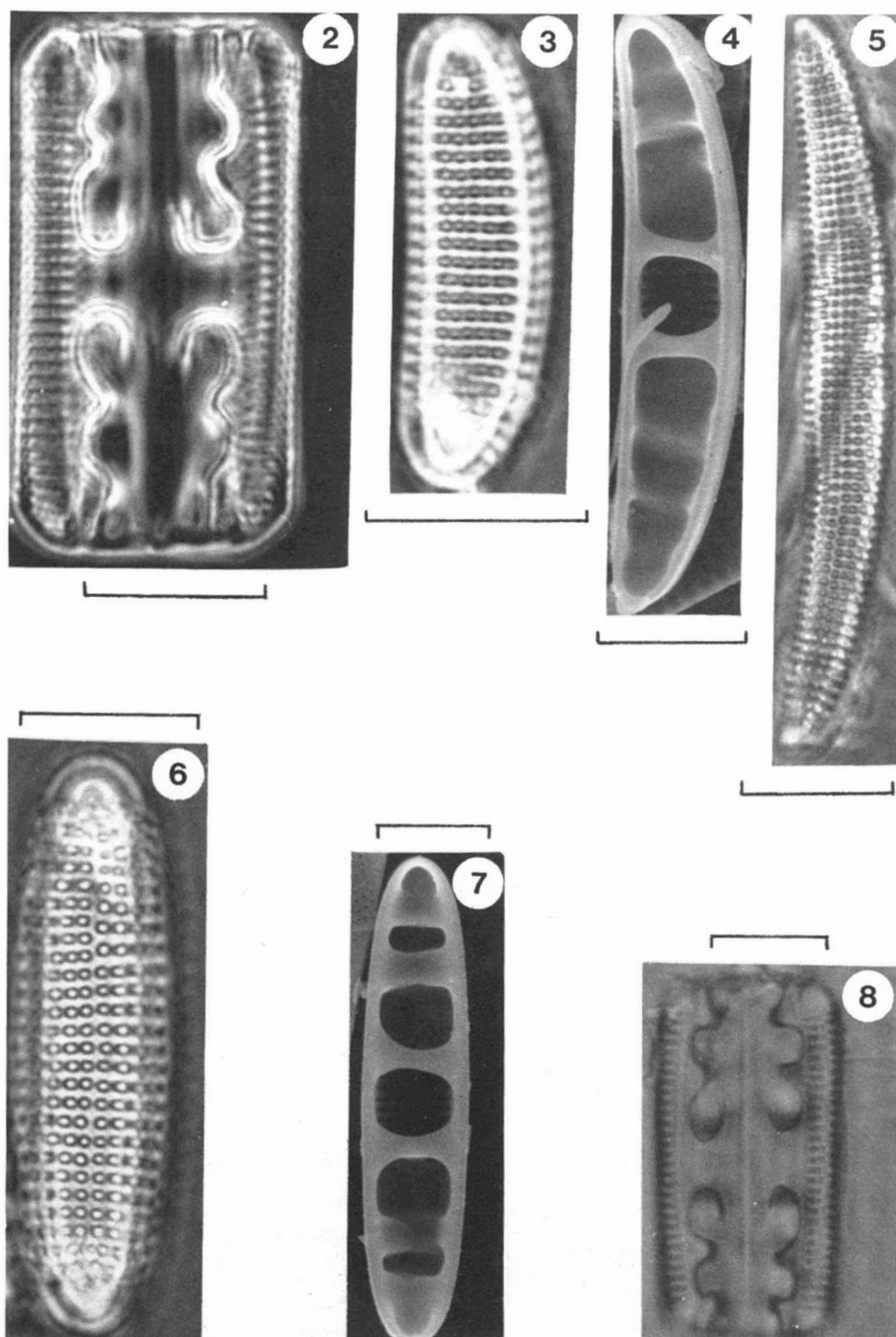


Figure 1. Carte présentant les limites des régions maritimes du Québec.



Figures 2-8. Figures 2-5. *Grammatophora arcuata* (fig. 2 vue cingulaire; fig. 3, 5 variations morphologiques; fig. 4 vue interne, MEB). Figures 6-8. *Grammatophora angulosa* var. *islandica* (fig. 6 vue valvaire; fig. 7 vue interne, MEB; fig. 8 vue cingulaire). Échelles: 10 μm .

Grammatophora arctica Cleve
(fig. 15-18)

Hustedt (1931-1959), p. 38, fig. 563.

Frustules rectangulaires, robustes et fortement silicifiés. Champ apical réfringent à chaque extrémité. Stries grossières, ponctuées et bien distinctes. Septa plutôt droits et allongés; présence de septa rudimentaires bien distincts. Bande intercalaire simple et étroite. Valves linéaires-lancéolées. Apex allongés et arrondis. Stries de parallèles à radiant vers les extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
17	20-134 µm	8 µm (valve) 22-33 µm (frustule)	10-11

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; baie des Chaleurs (très rare).

Grammatophora arcuata Ehrenberg
(fig. 2-5)

Østrup (1895), p. 453, pl. 6, fig. 74. Hustedt (1931-1959), p. 42, fig. 567.

Frustules rectangulaires, robustes et fortement silicifiés. Stries grossières, ponctuées et bien distinctes. Septa ondulés et terminés en forme de crochet du côté interne. Bande intercalaire simple et étroite. Valves courbées dorso-ventralement et étroitement linéaires-lancéolées. Apex étroitement arrondis. Aire axiale très étroite, excentrique et située sur le côté ventral de la valve. Champ apical réfringent. Stries croisées, parallèles, devenant légèrement radiant aux extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
14	20-54 µm	6-9 µm (valve) 13-21 µm (frustule)	12-13

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud; Côte-Nord; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Ce taxon montre certaines ressemblances, en vue cingulaire, avec le *Grammatophora angulosa* var. *islandica*. Il s'en distingue par une ondulation plus légère des septa à leur base, l'angle de cassure pouvant atteindre 90° chez le *G. angulosa* var. *islandica*. De plus, la striation chez *G. arcuata* est complète sur toute la valve alors que chez *G. angulosa* var. *islandica* les extrémités apicales en sont dépourvues.

Grammatophora oceanica Ehrenberg
var. *oceanica*
(fig. 10-14)

Hustedt (1931-1959), p. 45, fig. 573. Hendeby (1964), p. 170. Sullivan (1979), p. 244, fig. 4. John (1983), p. 47, pl. 18, fig. 1-6, 8, 10-12.

Frustules de rectangulaires à carrés et fortement silicifiés. Stries très finement ponctuées. Septa présentant une légère ondulation près de l'apex, puis rectilignes. Bande intercalaire simple et étroite. Valves généralement étroitement linéaires, parfois très légèrement bombées au centre. Apex arrondis. Aire axiale très étroite, linéaire et à peine perceptible (MEB). Champ apical réfringent. Stries décussées, de parallèles à légèrement radiant vers les extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
26	15-99 µm	4-8 µm (valve) 12,5-17 µm (frustule)	19-22

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; Basse-Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (commun).

Grammatophora oceanica var. *macilenta*
(W. Smith) Grunow
(fig. 19-22)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 355, pl. 87, fig. 14-17. Hustedt (1931-1959), p. 47, fig. 574.

Diffère de la variété nominale, en vue valvaire, par un léger gonflement du centre et des apex ainsi que par une striation beaucoup plus fine.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
10	24-84 µm	5-6 µm (valve) 10-14 µm (frustule)	26-28

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

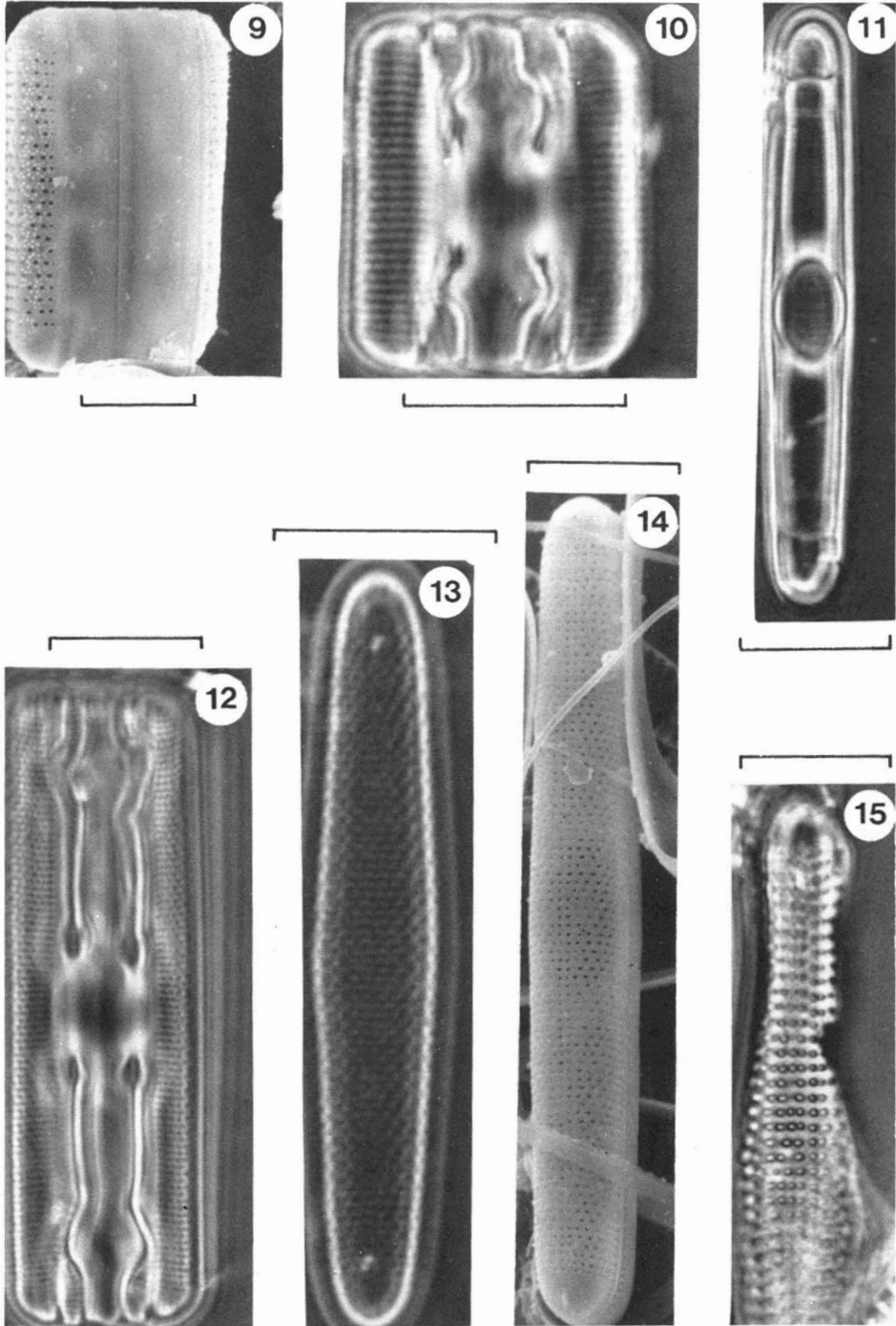
Discussion: Il apparaît que sous cette variété, nous pouvons observer à l'occasion des spécimens présentant un gonflement à peine perceptible du centre et des apex. La striation nettement plus dense en permet alors la distinction.

Genre *Licmophora* Agardh

Frustules cunéiformes. Colonies en éventail. Valves également cunéiformes, présentant un septum apical souvent rudimentaire ainsi que des stries fines et ponctuées. Aire axiale étroite et linéaire. Présence d'un processus labié par valve généralement (parfois deux), situé à la base et/ou à l'apex.

Licmophora abbreviata Agardh var. *abbreviata*
(fig. 23-25)

Hustedt (1931-1959), p. 66, fig. 590. Cupp (1943), p. 177, fig. 127. Cleve-Euler (1953), p. 17,



Figures 9-15. Figure 9. *Grammatophora angulosa* var. *islandica*, vue cingulaire, MEB. Figures 10-14. *Grammatophora oceanica* (fig. 10, 12 vue cingulaire, variations morphologiques; fig. 11 septa; fig. 13 vue valvaire; fig. 14 vue externe, MEB). Figure 15. *Grammatophora arctica*, vue valvaire. Échelles: 10 μm .

fig. 318. *Licmophora lyngbyei* (John 1983, p. 49, pl. 19, fig. 7-9).

Valves en forme de massue étroite et très allongée, fortement silicifiées. Stries parallèles, plutôt robustes, généralement alternes et légèrement plus denses à l'apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
17	32-94 μm	7-10 μm	11-12 (base) 12-14 (apex)

Aire de distribution: Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Licmophora communis (Heiberg) Grunow
in Van Heurck var. *communis*
(fig. 26-28)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 347, pl. 85, fig. 20. Hustedt (1931-1959), p. 79, fig. 610. Okuno (1970), p. 15, fig. 666-668.

Valves convexes et légèrement arquées, en forme de massue étroite et allongée, plus fortement silicifiées à la base. Présence d'une «aire hyaline» à la base. Stries parallèles, robustes, opposées, nettement plus fines et plus denses vers l'apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
24	30-64 μm	6-11 μm	10-12 (base) 17-20 (apex)

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Ce taxon possède les caractéristiques du *Licmophora communis* sauf pour le nombre de stries à l'apex qui est moins élevé, Hustedt (1931-1959) donne environ 28 stries en 10 μm . Il se distingue du *L. abbreviata* par une courbure assez marquée de la valve, une silicification moins prononcée de la partie apicale et des stries opposées, plus denses à l'apex.

Licmophora debilis (Kützing) Grunow
in Van Heurck
(fig. 29, 30)

Hustedt (1931-1959), p. 73, fig. 602. Ravanko & Tynni (1974), p. 6, fig. 8-20, 24, 25. Sullivan (1979), p. 245, fig. 5, 6.

Valves petites, étroitement cunéiformes et très faiblement silicifiées. Aire axiale très étroite. Stries très finement ponctuées (MEB), parallèles, croisées et plus denses à l'apex qu'à la base.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
7	21-34 μm	4-5 μm	25-30 (base) 38-40 (apex)

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Licmophora gracilis (Ehrenberg) Grunow
var. *gracilis*
(fig. 31-34)

Hustedt (1931-1959), p. 60, fig. 582. Hendeby (1964), p. 167. Rao & Lewin (1976), p. 181, fig. 155-158.

Valves en forme de massue véritable et plutôt faiblement silicifiées. Aire axiale très étroite. Stries très finement ponctuées (MEB), irrégulièrement espacées, parallèles sur presque toute la valve et devenant radiantées à l'apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
58	12-75 μm	5-14 μm	18-22

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (très commun).

Discussion: Malgré la petite taille de certains spécimens, nous les avons considérés comme étant des *L. gracilis*, les caractères spécifiques concordant avec ceux de la variété nominale.

Licmophora gracilis var. *anglica* (Kützing)
H. & M. Peragallo
(fig. 35, 36)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 346, pl. 84, fig. 13. Hustedt (1931-1959), p. 60, fig. 583. Ravanko & Tynni (1974), p. 7, fig. 26-30. *Licmophora gracilis* var. *minor* (Peragallo & Peragallo 1897-1908, p. 346, pl. 84, fig. 12).

Se distingue de la variété nominale par une ornementation valvaire nettement plus fine et plus dense.

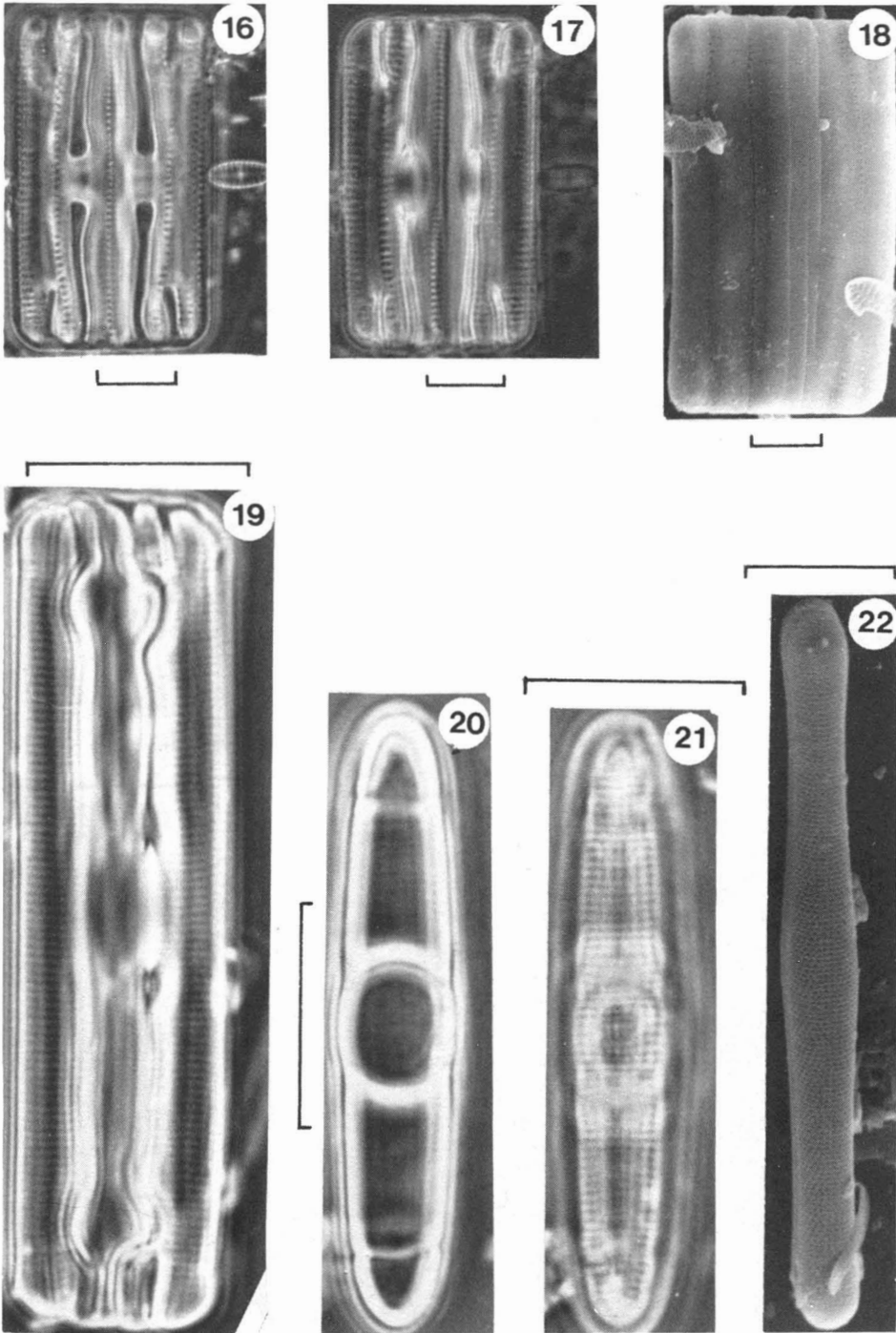
Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
7	20-70 μm	6-10 μm	23-25

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

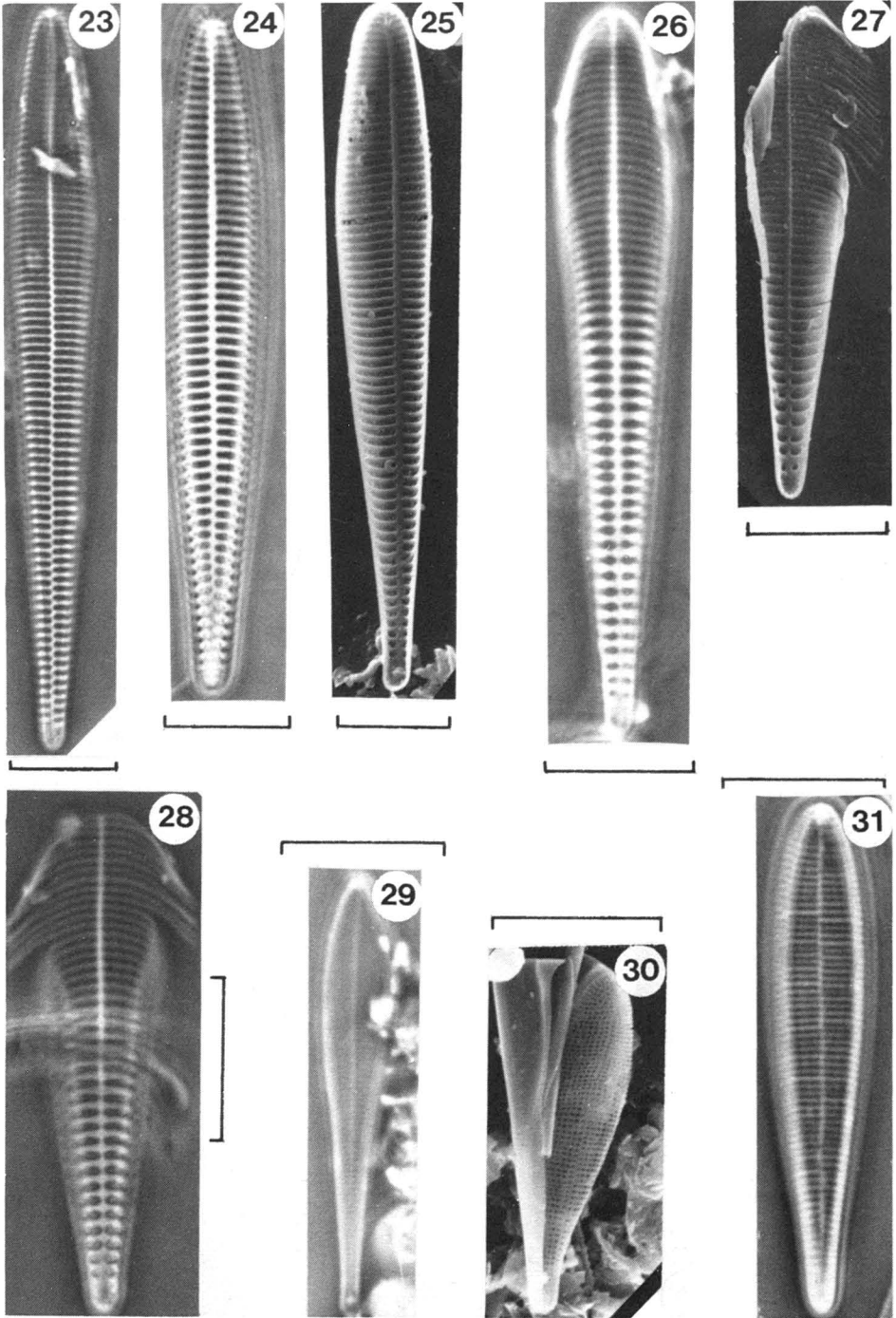
Licmophora hyalina (Kützing) Grunow
(fig. 48, 49)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 347, pl. 85, fig. 21. Hustedt (1931-1959), p. 81, fig. 611.

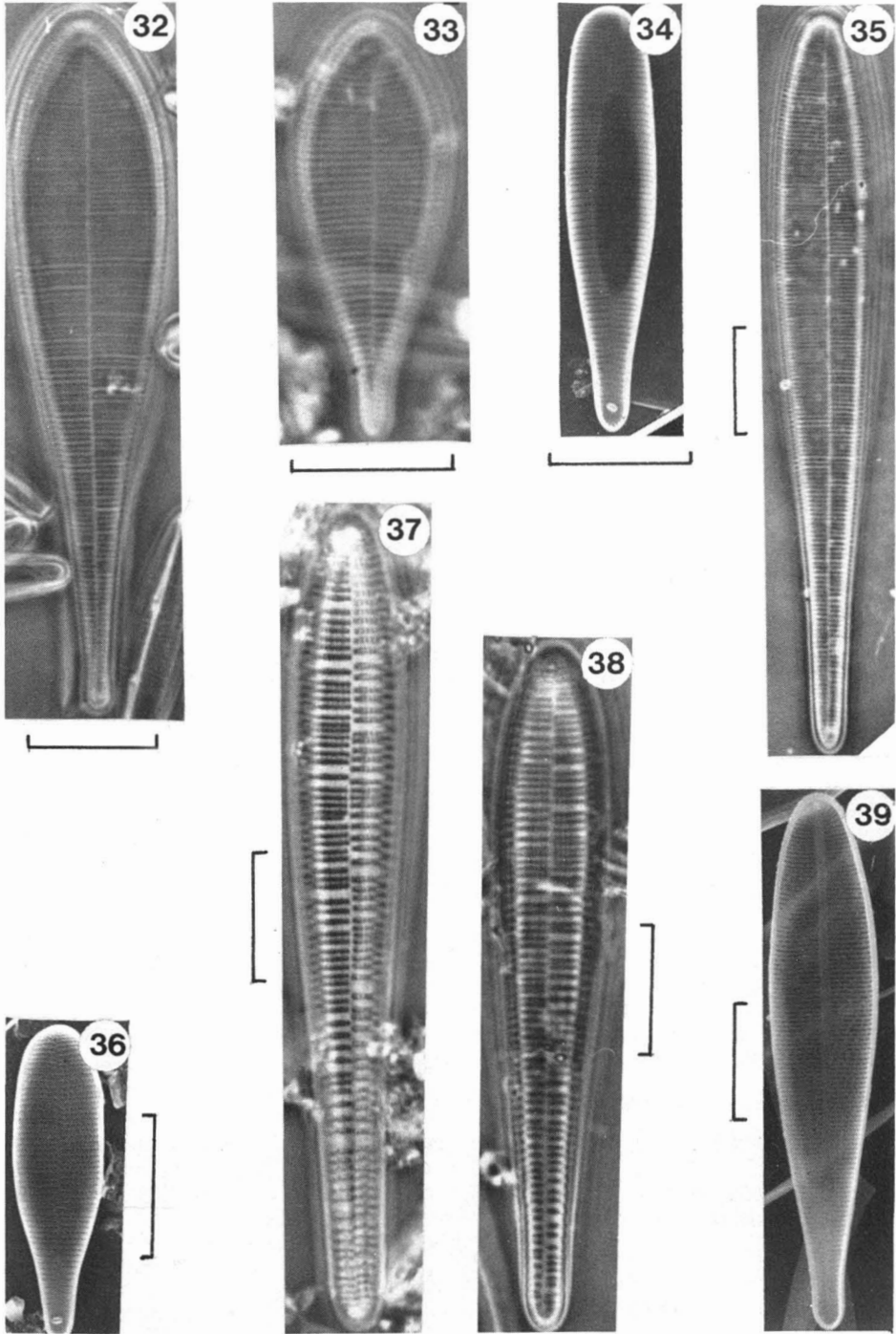
Valves généralement en forme de raquette, parfois en forme de massue, et très faiblement silicifiées. Partie basale très réduite par rapport à toute la valve. Aire axiale très étroite. Stries distinctes seulement à la base, parallèles et très denses; en MEB, stries très finement ponctuées, devenant courbées et radiantées vers la partie apicale.



Figures 16-22. Figures 16-18. *Grammatophora arctica* (fig. 16 vue cingulaire, septa; fig. 17 vue cingulaire, stries; fig. 18 vue cingulaire, MEB). Figures 19-22. *Grammatophora oceanica* var. *macilenta* (fig. 19 vue cingulaire; fig. 20 septa; fig. 21 vue valvaire; fig. 22 vue externe, MEB). Échelles: 10 μ m.



Figures 23-31. Figures 23-25. *Licmophora abbreviata* (fig. 23, 24 vue valvaire; fig. 25 vue interne, MEB, 1 processus labié à la base et à l'apex). Figures 26-28. *Licmophora communis* (fig. 26, 28 vue valvaire; fig. 27 vue interne, MEB). Figures 29, 30. *Licmophora debilis* (fig. 29 vue valvaire; fig. 30 vue externe, MEB). Figure 31. *Licmophora gracilis*, vue valvaire. Échelles: 10 µm.



Figures 32-39. Figures 32-34. *Licmophora gracilis* (fig. 32, 33 variations morphologiques; fig. 34 vue interne, MEB, 1 processus labié à la base). Figures 35, 36. *Licmophora gracilis* var. *anglica* (fig. 35 vue valvaire; fig. 36 vue interne, MEB, 1 processus labié à la base). Figures 37, 38. *Licmophora juergensii* (fig. 37, 38 vue valvaire). Figure 39. *Licmophora paradoxa*, vue interne, MEB, 1 processus labié à l'apex. Échelles: 10 μm .

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
21	22-62 μm	10-22 μm	26 + (base) 40 + (apex)

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (rare).

Licmophora juergensii Agardh var. *juergensii* (fig. 37, 38)

Van Heurck (1880-1885), pl. 46, fig. 10, 11. Hustedt (1931-1959), p. 63, fig. 586.

Valves très étroitement claviformes, généralement allongées. Aire axiale très étroite. Stries parallèles, linéées, alternes et irrégulièrement espacées. Ponctuations disposées en un réseau longitudinal régulier.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
10	53-102 μm	7-12 μm	14-16

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; Basse-Côte-Nord (très rare).

Licmophora oedipus (Kützing) Grunow
in Van Heurck
(fig. 45-47)

Hustedt (1931-1959), p. 62, fig. 585. *Licmophora juergensii* var. *oedipus* (Peragallo & Peragallo 1897-1908, p. 346, pl. 84, fig. 7).

Valves claviformes, linéaires et peu silicifiées. Aire axiale très étroite. Stries très finement ponctuées (fig. 45), très serrées et irrégulièrement espacées, parallèles sur presque toute la valve et devenant radiant vers l'apex. Ponctuations disposées en un réseau longitudinal rectiligne.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
28	16-88 μm	4-11 μm	20-25

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (commun).

Licmophora paradoxa (Lyngbye) Agardh
var. *paradoxa*
(fig. 39, 40, 43)

Van Heurck (1899), p. 344, pl. 31, fig. 855. Hustedt (1931-1959), p. 76, fig. 605.

Valves cunéiformes, de courtes à très allongées. Aire axiale plutôt large et très fortement silicifiée. Stries fines, segmentées, très denses, de parallèles à courbées et radiant vers l'apex. Segments (perforations allongées en MEB) disposés en un patron longitudinal ondulé.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
36	27-104 μm	6-17 μm	23-25 (base) 27 (apex)

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (commun).

Licmophora paradoxa var. *tincta* (Agardh) Hustedt (fig. 41, 42, 44)

Hustedt (1931-1959), p. 77, fig. 607. Okuno (1970), p. 17, fig. 671-673.

Se distingue de la variété nominale par une striation plus dense de la base de la valve vers le centre au-delà duquel les stries ne sont plus visibles en microscopie optique.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
15	36-138 μm	10-21 μm	25-26 (base) 35 + (apex)

Aire de distribution: péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Genre *Rhabdonema* Kützing

Frustules rectangulaires, possédant de nombreux et courts septa, réunis en colonies rubanées compactes. Nombreuses bandes intercalaires. Valves robustes, linéaires-elliptiques avec des extrémités réfringentes arrondies. Stries ponctuées. Présence de processus labiés.

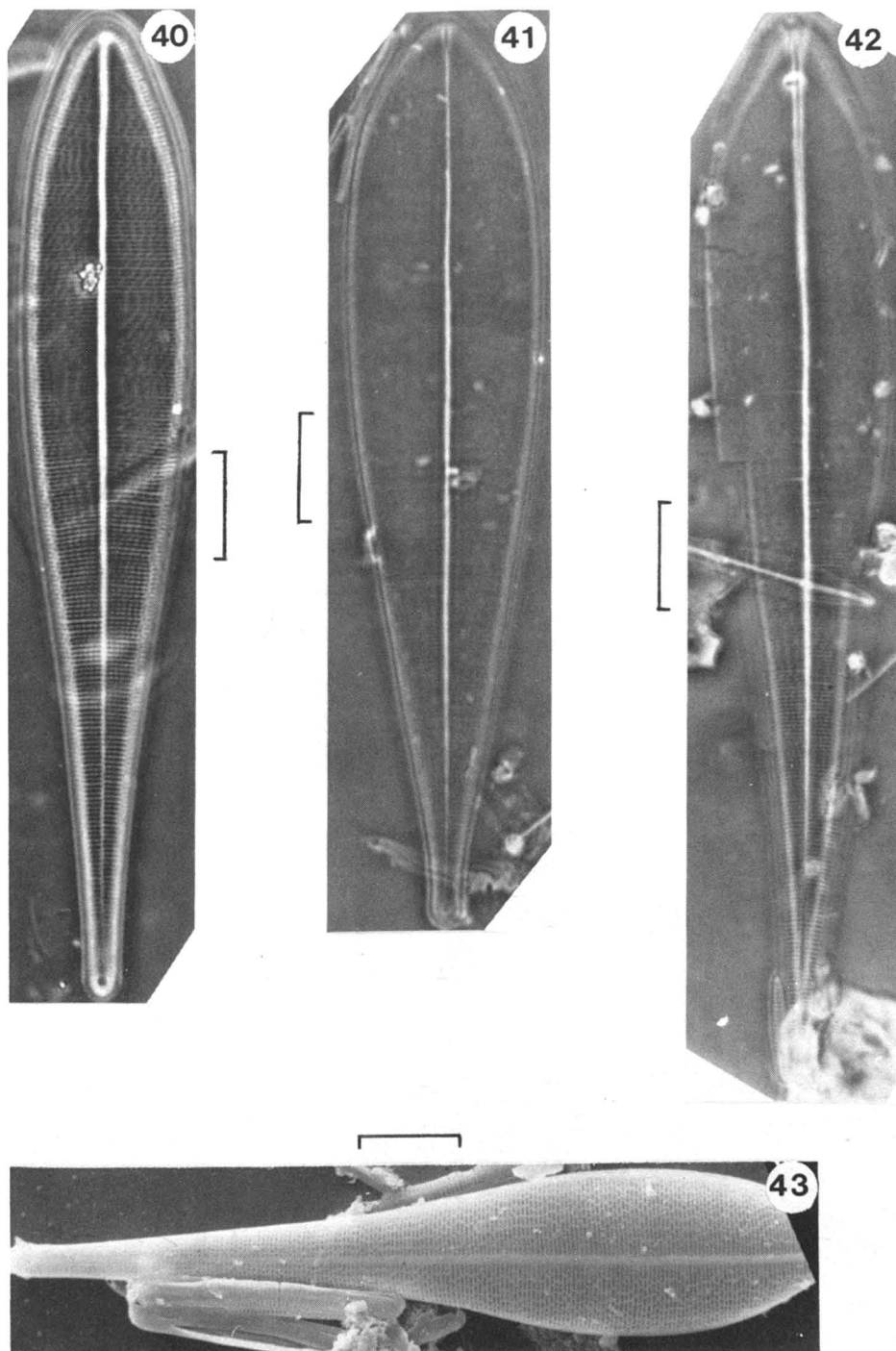
Rhabdonema arcuatum (Lyngbye?, Agardh)
Kützing var. *arcuatum*
(fig. 54, 56-59)

W. Smith (1856), p. 34, pl. 38, fig. 305a, 305f. Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 359, pl. 89, fig. 12-14. Hustedt (1931-1959), p. 20, fig. 549a, 549b, 549f. Hende (1964), p. 172, pl. 35, fig. 10-12. Pocock & Cox (1982), p. 621, fig. 1-28.

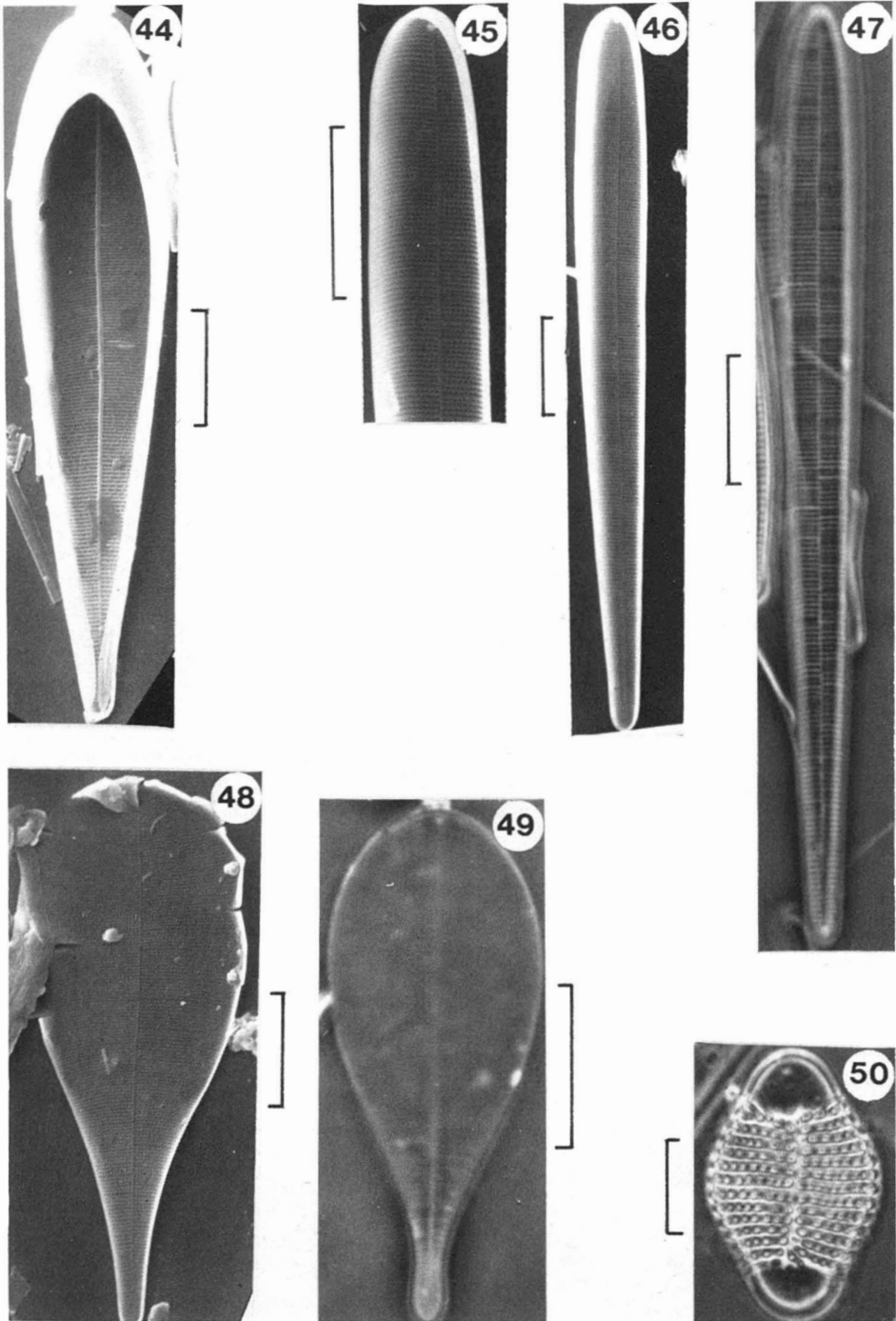
Frustules généralement larges, rectangulaires et très fortement silicifiés. Bande connective très fortement développée et grossièrement aréolée. Aréoles finement ponctuées, ponctuations décussées (fig. 54). Valves généralement linéaires-elliptiques avec un champ apical à chaque extrémité. Aire axiale très étroite, n'atteignant pas les extrémités de la valve. Côtes minces, distinctes, de parallèles à légèrement radiant vers l'apex et n'atteignant pas les extrémités de la valve; certaines traversant toute la largeur de la valve. Stries constituées d'une seule rangée de ponctuations. Processus labiés (2 à 5) répartis le long de l'aire axiale (fig. 58). Septum large avec un foramen elliptique.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
36	26-149 μm	10-19 μm	6-8

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (très commun).



Figures 40-43. Figures 40, 43. *Licmophora paradoxa* (fig. 40 vue valvaire; fig. 43 vue externe, MEB, 1 processus labié à la base). Figures 41, 42. *Licmophora paradoxa* var. *tincta* (fig. 41, 42 vue valvaire). Échelles: 10 μ m.



Figures 44-50. Figure 44. *Licmophora paradoxa* var. *tincta*, vue interne, MEB. Figures 45-47. *Licmophora oedipus* (fig. 45 apex, 1 processus labié, vue interne, MEB; fig. 46 vue interne, MEB; fig. 47 vue valvaire). Figures 48, 49. *Licmophora hyalina* (fig. 48 vue interne, MEB; fig. 49 vue valvaire). Figure 50. *Rhabdonema arcuatum* var. *ventricosum*, vue valvaire. Échelles: 10 μ m.

Rhabdonema arcuatum var. *ventricosum* Cleve
(fig. 50-53, 55)

Cleve (1873), p. 24, pl. 4, fig. 21. Hustedt (1931-1959), p. 21, fig. 549 d.

Diffère de la variété nominale par la présence d'un renflement distinct au centre de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
30	17-86 μm	10-37 μm	6-8

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne (commun).

Rhabdonema minutum Kützing var. *minutum*
(fig. 60, 62, 65)

Van Heurck (1880-1885), p. 166, pl. 54, fig. 17-21. Hustedt (1931-1959), p. 18, fig. 548a-548d.

Frustules plus ou moins larges, de forme rectangulaire à carrée et fortement silicifiées. Bande connective bien développée et perforée d'aréoles rondes et carrées. Présence d'une région centrale dépourvue de perforations sur un côté de la bande connective, l'autre côté montrant une aréolation complète. Côtes larges et stries grossièrement ponctuées sur le manteau de la valve. Champ apical distinct.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
11	20-58 μm	20-35 μm (frustule)	6-8

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Rhabdonema torelli Cleve
(fig. 61, 63, 64)

Cleve (1873), p. 24, pl. 4, fig. 20. Hustedt (1931-1959), p. 22, fig. 551. *Rhabdonema torellii* var. ? *regularis* (Østrup 1895, p. 454, pl. 8, fig. 98).

Frustules très larges, rectangulaires et très fortement silicifiées. Bande connective très fortement développée et aréolée. Aréoles étroitement allongées et finement ponctuées. Côtes apparaissant robustes sur le manteau. Stries ponctuées. Champ apical très large et très évident.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
10	63-118 μm	71-130 μm (frustule)	4-6

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Discussion: Nous n'avons pu vérifier avec certitude la présence d'une double rangée de punctuations entre les côtes, les spécimens observés se présentant tous en vue cingulaire. Il

est également intéressant de constater que ni Cleve (1873) ni Hustedt (1931-1959) n'ont pu illustrer une double rangée de punctuations entre les côtes.

Genre *Striatella* Agardh

Frustules rectangulaires, réunis en colonies rubanées ou en zigzag. Présence de nombreux et courts septa. Valves délicates et très faiblement silicifiées. Présence de processus labié.

Striatella delicatula (Kützing) Grunow
in Van Heurck var. *delicatula*
(fig. 66-69, 71, 72)

Hustedt (1931-1959), p. 33, fig. 561. Cupp (1943), p. 173, fig. 123. Hendey (1951), p. 41, pl. 10, fig. 7.

Frustules rectangulaires, plutôt larges. Bande connective finement striée possédant de nombreux septa courts et alternes. Valves linéaires-elliptiques, légèrement élargies au centre. Apex arrondis. Aire axiale très étroite. Stries très finement ponctuées. Présence d'un processus labié à une extrémité de la valve. Champ apical petit et réfringent.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
44	5-33 μm	2-6 μm (valve) 7-22 μm (frustule)	21-35

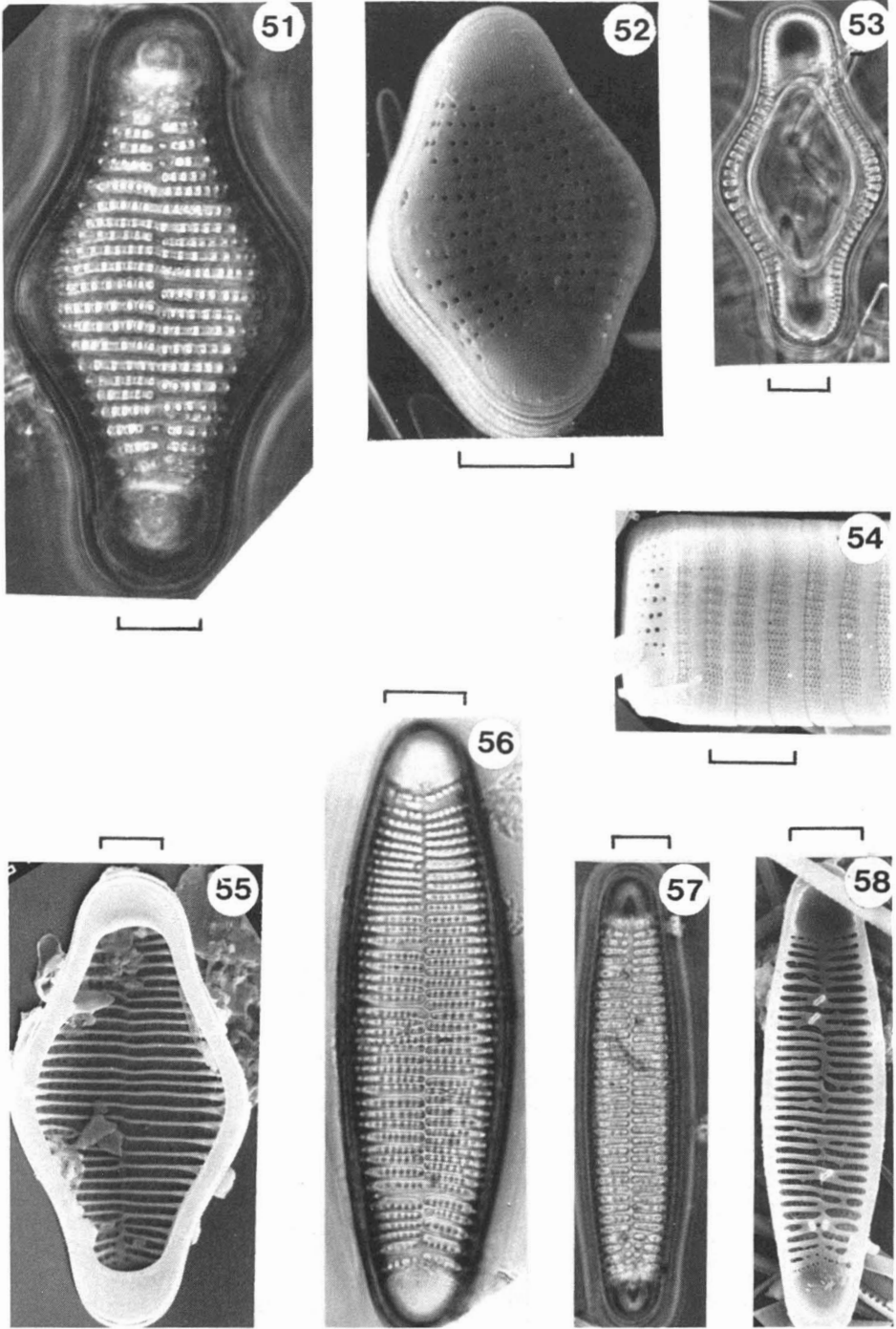
Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (commun).

Discussion: Beaucoup de nos observations ont montré des valves linéaires-elliptiques légèrement élargies au centre ce qui rapproche la var. *gibbosa* Østrup de la variété nominale. Nous avons donc considéré la var. *gibbosa* comme pouvant être une forme intermédiaire de la variété nominale.

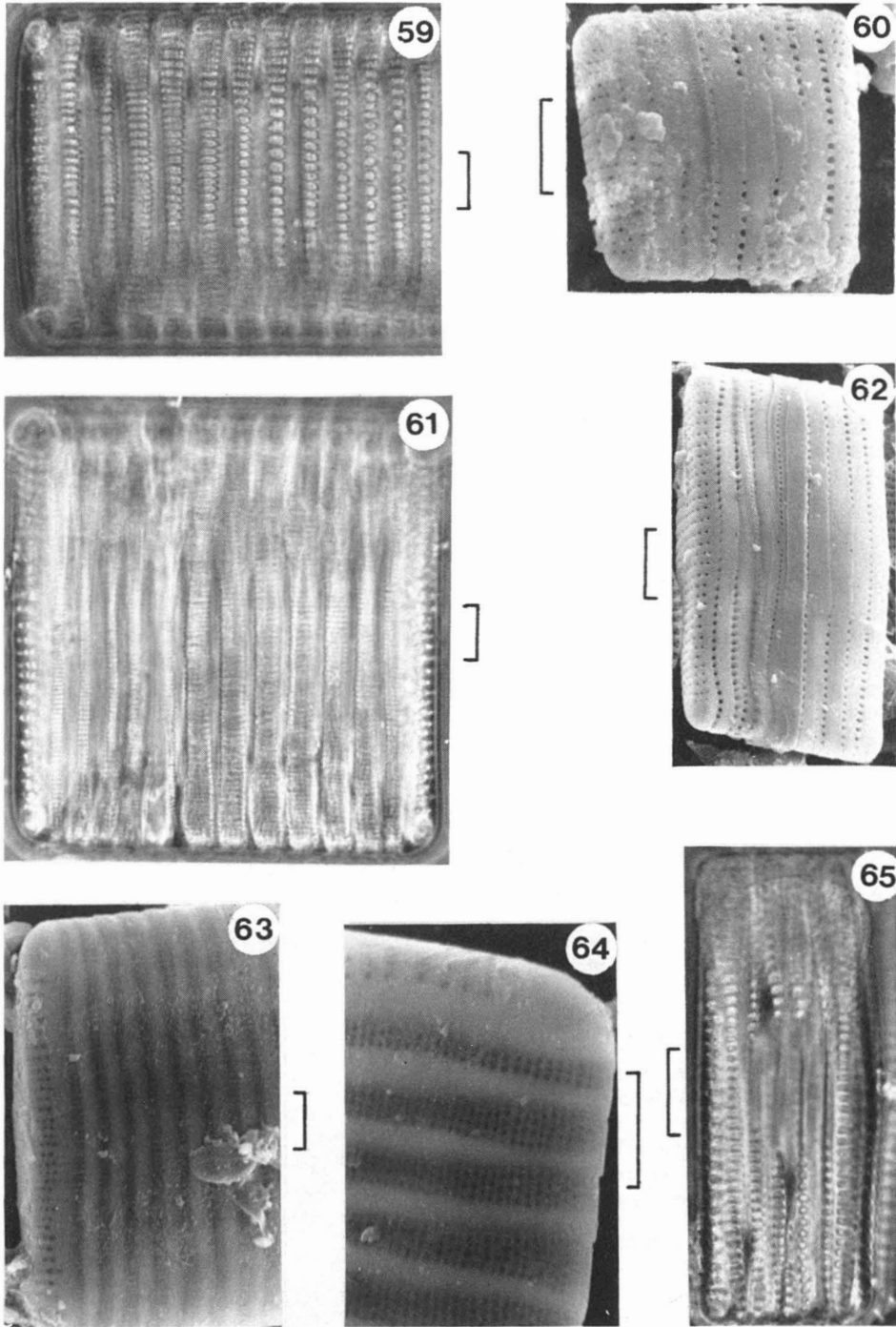
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh
var. *unipunctata*
(fig. 70, 73-75)

Hustedt (1931-1959), p. 32, fig. 560. Cupp (1943), p. 172, fig. 122. Roth & de Francisco (1977), p. 207, fig. 1-5. John (1983), p. 55, pl. 21, fig. 12-15.

Frustules larges et rectangulaires. Bande connective finement striée et avec de nombreux septa. Valves de lancéolées à elliptiques-lancéolées et très faiblement silicifiées. Apex subrostrés. Aire axiale fortement silicifiée et n'atteignant pas les extrémités de la valve. Champ apical petit et fortement réfringent. Stries décussées, finement ponctuées et plus courbées vers l'apex



Figures 51-58. Figures 51-53, 55. *Rhabdonema arcuatum* var. *ventricosum* (fig. 51 vue valvaire; fig. 52 vue externe, MEB, 3 processus labiés près de l'aire axiale; fig. 53 septa; fig. 55 vue interne, MEB). Figures 54, 56-58. *Rhabdonema arcuatum* (fig. 54 vue cingulaire, MEB; fig. 56, 57 variations morphologiques; fig. 58 vue interne, MEB, 5 processus labiés près de l'aire axiale). Échelles: 10 μ m.



Figures 59-65. Figure 59. *Rhabdonema arcuatum*, vue cingulaire. Figures 60, 62, 65. *Rhabdonema minutum* (fig. 60, 62 vue cingulaire, variations morphologiques, MEB; fig. 65 vue cingulaire). Figures 61, 63, 64. *Rhabdonema torelli* (fig. 61 vue cingulaire; fig. 63 vue cingulaire, MEB; fig. 64 détail de la bande intercalaire, MEB). Échelles: 10 μ m.

de la valve. Présence d'un processus labié à chacune des extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
19	54-82 μm	14-24 μm	20-22

Aire de distribution: baie des Chaleurs (rare).

Genre *Tabellaria* Ehrenberg

Frustules rectangulaires formant des colonies en zigzag. Septa droits et robustes. Valves elliptiques, plus ou moins allongées et finement striées. Présence de processus labié.

Tabellaria flocculosa var. *linearis* Koppen
(fig. 76-78)

Koppen (1975), p. 243, fig. 2, 3, 11, 18-22, 36.
Tabellaria quadrisepata (Patrick & Reimer 1966, p. 105, pl. 1, fig. 3).

Valves étroitement linéaires montrant un renflement médian et apical d'égale largeur. Aire axiale très étroite, plutôt rectiligne et n'atteignant pas les extrémités de la valve. Champ apical présent à chaque extrémité de la valve. Présence de courtes épines à la marge de la valve (fig. 77). Stries très finement ponctuées, plutôt parallèles et irrégulièrement espacées. Processus labié situé à la périphérie du gonflement médian.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
8	18-79 μm	5-7 μm	16-18

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud; Côte-Nord (rare).

Sous-famille Diatomoideae

Présence de côtes et absence de septa. Bandes intercalaires absentes ou généralement peu développées.

Genre *Diatoma* Bory

Frustules rectangulaires, réunis en colonies rubanées ou en zigzag. Valves de linéaires à elliptiques, présentant des côtes transversales robustes et des stries fines non distinctement ponctuées. Présence d'un processus labié situé près de l'aire axiale à l'apex de la valve.

Diatoma hiemale var. *mesodon* (Ehrenberg)
Grunow
(fig. 86)

Patrick & Reimer (1966), p. 108, pl. 2, fig. 8.
Kociolek & Lowe (1983), p. 282, fig. 1-12.

Valves elliptiques-lancéolées ou rhombiques. Apex plus ou moins arrondis. Aire axiale étroite et linéaire. Côtes peu nombreuses (2 à 3 par valve). Selon Patrick & Reimer (1966), on dénombre 18-24 stries en 10 μm .

Nombre	Longueur	Largeur	Côtes en 10 μm
5	12-15 μm	6-9 μm	2-5

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; baie des Chaleurs (très rare; taxon généralement rencontré en eau douce).

Diatoma tenue Agardh var. *tenue*
(fig. 80)

Patrick & Reimer (1966), p. 108, pl. 2, fig. 5.

Valves linéaires-lancéolées. Apex étroitement arrondis. Aire axiale indistincte. Côtes nombreuses traversant la valve sur toute sa largeur. Selon Patrick & Reimer (1966), on dénombre 16-20 stries en 10 μm .

Nombre	Longueur	Largeur	Côtes en 10 μm
7	10-19 μm	3-4,5 μm	5-7

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Diatoma tenue var. *elongatum* Lyngbye
(fig. 81, 82)

Patrick & Reimer (1966), p. 109, pl. 2, fig. 6.

Se distingue de la variété nominale par la forme étroitement linéaire de la valve et les extrémités distinctement élargies. Selon Patrick & Reimer (1966), on dénombre 16-18 stries en 10 μm .

Nombre	Longueur	Largeur	Côtes en 10 μm
20	15-79 μm	2,5-4 μm	6-8

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud; baie des Chaleurs (rare).

Diatoma vulgare var. *breve* Grunow
(fig. 79)

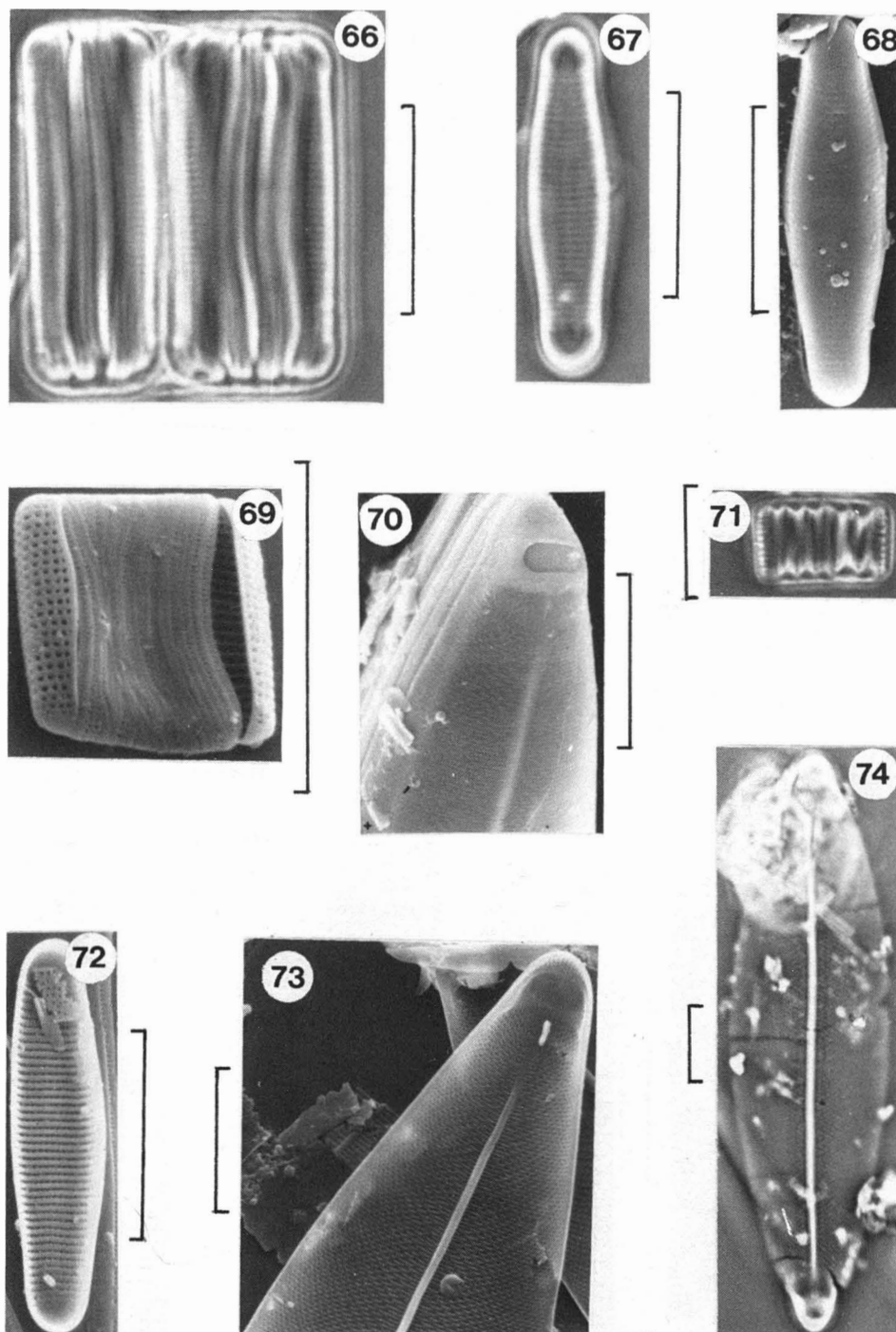
Hustedt (1931-1959), p. 98, fig. 628h. Patrick & Reimer (1966), p. 110, pl. 2, fig. 10, 11.

Valves elliptiques-lancéolées. Apex arrondis. Aire axiale étroite et peu distincte. Côtes nombreuses, s'étendant sur toute la surface de la valve ou sur une partie seulement. Selon Patrick & Reimer (1966), on dénombre 16 stries en 10 μm .

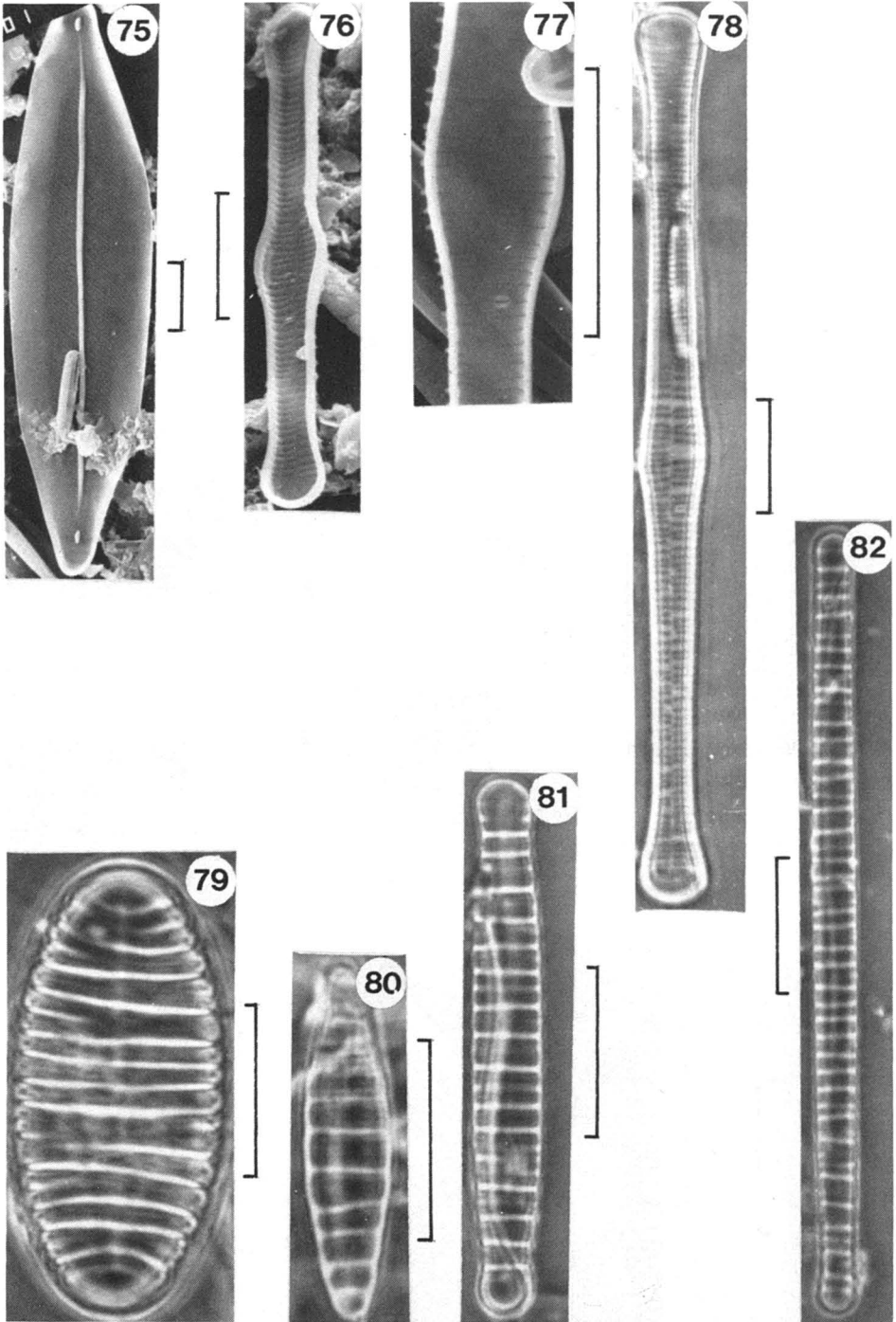
Nombre	Longueur	Largeur	Côtes en 10 μm
4	26-37 μm	11-14 μm	6-9

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive nord (très rare, taxon généralement rencontré en eau douce).

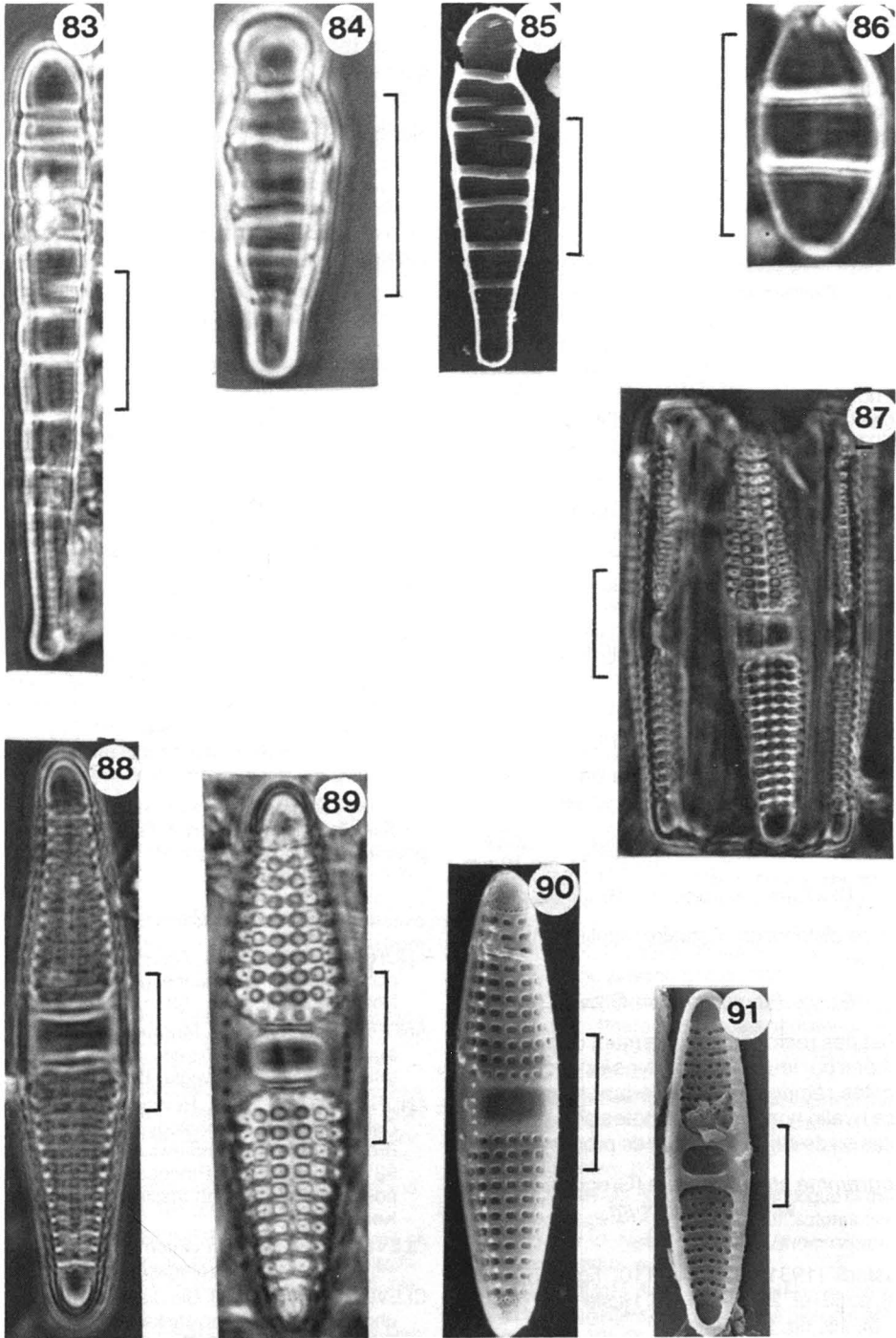
Discussion: Nos spécimens présentent une forme très arrondie, voisine du *Diatoma vulgare* var. *ovalis* (Fricke) Hustedt. Toutefois la plus grande taille de nos spécimens les rapproche du *D. vulgare* var. *breve*.



Figures 66-74. Figures 66-69, 71, 72. *Striatella delicatula* (fig. 66, 71 vue cingulaire, variations morphologiques; fig. 67 vue valvare; fig. 68 vue externe, MEB, 1 processus labié près de l'aire axiale; fig. 69 vue cingulaire, MEB; fig. 72 vue interne, MEB). Figures 70, 73, 74. *Striatella unipunctata* (fig. 70 région apicale, vue externe, MEB; fig. 73 apex, 1 processus labié, vue interne, MEB; fig. 74 vue valvare). Échelles: 10 μm .



Figures 75-82. Figure 75. *Striatella unipunctata*, vue interne, MEB, 1 processus labié à chacun des apex. Figures 76-78. *Tabellaria flocculosa* var. *linearis* (fig. 76 vue interne, MEB; fig. 77 région centrale, vue interne, MEB, 1 processus labié près de l'aire axiale; fig. 78 vue valvaire). Figure 79. *Diatoma vulgare* var. *breve*, vue valvaire. Figure 80. *Diatoma tenue*, vue valvaire. Figures 81, 82. *Diatoma tenue* var. *elongatum* (fig. 81, 82 variations morphologiques). Échelles: 10 μ m.



Figures 83-91. Figure 83. *Meridion circulare*, vue valvaire. Figures 84, 85. *Meridion circulare* var. *constrictum* (fig. 84 vue valvaire; fig. 85 vue interne, MEB, 1 processus labié à l'apex). Figure 86. *Diatoma hiemale* var. *mesodon*, vue valvaire. Figures 87-91. *Plagiogramma staurophorum* (fig. 87 vue cingulaire; fig. 88, 89 vue valvaire; fig. 90 vue externe, MEB; fig. 91 vue interne, MEB). Échelles: 10 μ m.

Genre *Meridion* Agardh

Frustules cunéiformes, formant des colonies en éventail. Valves hétéropolaires présentant des côtes robustes et des stries fines et ponctuées. Présence d'un processus labié à l'apex de la valve.

Meridion circulare (Greville) Agardh var. *circulare* (fig. 83)

Hustedt (1931-1959), p. 93, fig. 627a-627f. Patrick & Reimer (1966), p. 113. pl. 2, fig. 15. John (1983), p. 49, pl. 20, fig. 1,2.

Valves étroitement cunéiformes et linéaires. Aire axiale très étroite et plus ou moins distincte. Côtes nombreuses s'étendant sur toute la surface de la valve ou sur une partie seulement. Stries très finement ponctuées, de l'ordre de 15-16 en 10 μm (Patrick & Reimer, 1966).

Nombre	Longueur	Largeur	Côtes en 10 μm
5	27-47 μm	5-6 μm	3-6

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; baie des Chaleurs (très rare).

Meridion circulare var. *constrictum* (Ralfs)
Van Heurck
(fig. 84, 85)

Patrick & Reimer (1966), p. 114, pl. 2, fig. 16.

Diffère de la variété nominale par l'extrémité supérieure rostrée-capitée de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	Côtes en 10 μm
3	18-27 μm	4-6 μm	16	3-4

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Genre *Plagiogramma* Greville

Frustules rectangulaires formant des colonies rattachées par leur centre. Valves lancéolées aux extrémités réfringentes, possédant au centre un espace hyalin bordé de deux côtes plus ou moins robustes ou de stries. Absence de processus labié.

Plagiogramma staurophorum (Gregory) Heiberg
var. *staurophorum*
(fig. 87-91)

Hustedt (1931-1959), p. 110, fig. 635. John (1983), p. 52, pl. 20, fig. 14, 15. Hasle *et al.* (1983), p. 30, pl. 15, fig. 97-103.

Frustules rectangulaires et très fortement silicifiés. Bande intercalaire peu développée. Région centrale de la valve dénudée de stries et réfringente. Valves lancéolées. Apex rostrés et réfringents. Aire axiale très étroite, indistincte en microscopie optique. Présence d'épines à la marge

de la valve (fig. 90). Stries aréolées et croisées. Bande hyaline transversale au centre de la valve, bordée par 2 pseudosepta. Champ apical présent à chaque extrémité.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
17	20-52 μm	5-9 μm	8-10

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements au Conseil des recherches en sciences naturelles et en génie du Canada de même qu'au ministère de l'Éducation du Québec pour leur appui financier tant à A. C. (subvention pour dépenses courantes et subvention thématique du C.R.S.N.G., souvenant d'équipe du M.É.Q.) qu'au G.I.F.O.Q. (subventions d'infrastructure du C.R.S.N.G. et du M.É.Q.) dans le cadre duquel ce travail a été réalisé. Nous sommes également redevables au ministère des Approvisionnements et Services du Canada qui, grâce à l'appui du Musée national d'histoire naturelle, acceptait de financer une partie importante de ce projet. Nos remerciements s'adressent enfin au Département des mines et métallurgie de l'Université Laval, et plus particulièrement à M. Jean-Pierre Tremblay, qui a mis à notre disposition un microscope électronique à balayage, de même qu'à M. Guy Plante pour l'excellent travail d'impression des multiples microphotographies qui illustrent ce travail.

Nous sommes également reconnaissants aux Drs Michael J. Sullivan, Robert A. Gibson et Michel Ricard pour leur évaluation critique de ce manuscrit.

Références

- ANDREWS, G. W., 1975. Taxonomy and stratigraphic occurrence of the marine genus *Rhaphoneis*. — *Nova Hedwigia*, Beih., 53: 193-228.
- ANDREWS, G. W., 1977. Morphology and stratigraphic significance of *Delphineis*, a new marine diatom genus. — *Nova Hedwigia*, Beih., 54: 243-260.
- ANDREWS, G. W., 1981. Revision of the diatom genus *Delphineis* and morphology of *Delphineis surirella* (Ehrenberg) G. W. Andrews, n. comb. — Pages 81-92 in R. Ross (ed.). Proceedings of the sixth symposium on recent and fossil diatoms. Otto Koeltz, Koenigstein, 487 p.
- CLEVE, P. T., 1873. On diatoms from the Arctic sea. — *Bih. K. svenska VetenskAkad. Handl.*, 1: 1-28.
- CLEVE-EULER, A., 1953. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. — *K. svenska VetenskAkad. Handl.*, Fjärde Ser., 4: 1-158, figs. 292-483.
- CUPP, E. E., 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. Univ. California Press, Berkeley and Los Angeles, 237 p.
- FRYXELL, G. A. & W. I. MILLER III, 1978. Chain-forming diatoms: three araphid species. — *Bacillaria*, 1: 113-136.

- HASLE, G. R., 1973. The «mucilage pore» of pennate diatoms. — *Nova Hedwigia*, Beih., 45: 167-194.
- HASLE, G. R. & E. E. SYVERTSEN, 1981. The marine diatoms *Fragilaria striatula* and *F. hyalina*. — Pages 110-118 in L.-K. Königsson and K. Paabo (eds.). *Florilegium Florinis Dedicatum. Striae*, Vol. 14, Uppsala.
- HASLE, G. R., H. A. von STOSCH & E. E. SYVERTSEN, 1983. Cymatosiraceae, a new diatom family. — *Bacillaria*, 6: 9-156.
- HAWORTH, E. Y., 1975. A scanning electron microscope study of some different frustule forms of the genus *Fragilaria* found in Scottish lateglacial sediments. — *Br. phycol. J.*, 10: 73-80.
- HENDEY, N. I., 1951. Littoral diatoms of Chichester harbour with special reference to fouling. — *J. R. microsc. Soc.*, 71: 1-86.
- HENDEY, N. I., 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). — Her Majesty's Stationery Office, London, 317 p., 45 pl.
- HOAGLAND, K. D. & J. R. ROSOWSKI, 1978. Valve and band morphology of some freshwater diatoms. I. *Fragilaria capucina* var. *mesolepta*. — *J. Phycol.*, 14: 479-485.
- HUSTEDT, F., 1931-1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. Band 7, Teil 2, Lief. 1-6. L. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora, Leipzig, 845 p.
- JOHN, J., 1983. The diatom flora of the Swan River Estuary, Western Australia. — *Bibliotheca Phycologia*, 64: 1-359.
- KOCIOLEK, J. P. & R. L. LOWE, 1983. Scanning electron microscopic observations on the frustular morphology and filamentous growth habit of *Diatoma hiemale* var. *mesodon*. — *Trans. Am. microsc. Soc.*, 102: 281-287.
- KOPPEN, J. D., 1975. A morphological and taxonomic consideration of *Tabellaria* (Bacillariophyceae) from the northcentral United States. — *J. Phycol.*, 11: 236-244.
- LANGE-BERTALOT, H., 1980. Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. — *Nova Hedwigia*, 33: 723-787.
- OKUNO, H., 1970. Marine diatoms. — in J.-G. Helmcke and W. Krieger (eds.). *Diatomeenschalen im elektronenmikroskopischen Bild*. Vol. VII, J. Cramer, Lehre, 31 p.
- ØSTRUP, E., 1895. Marine Diatomeer fra Østgrønland. — *Meddr Grønland*, 18: 397-476.
- PATRICK, R. & C. W. REIMER, 1966. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1. — *Monogr. 13, Acad. nat. Sci.*, Philadelphia, 688 p.
- PERAGALLO, H. & M. PERAGALLO, 1897-1908. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. — M. J. Tempère, Grez-sur-Loing, 492 p., 137 pl.
- POCOCK, K. L. & E. J. COX, 1982. Frustule structure in the diatom *Rhabdonema arcuatum* (Lyngb.) Kütz. — *Nova Hedwigia*, 36: 621-641.
- POULIN, M., L. BÉRARD-THERIAULT & A. CARDINAL, 1984. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 1. Cocconeioideae (Achnanthes, Achnantheaceae). — *Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.)*, 111: 45-61.
- RAO, V. N. R. & J. LEWIN, 1976. Benthic marine diatom flora of False Bay, San Juan Island, Washington. — *Syysis*, 9: 173-213.
- RAVANKO, O. & R. TYNNI, 1974. On some species of the genus *Licmophora* in Finland. — *Mem. Soc. Fauna Flora fenn.*, 50: 5-14.
- ROSEN, B. H. & R. L. LOWE, 1981. Valve ultrastructure of some confusing Fragilariaceae. — *Micron*, 22: 293-294.
- ROTH, L. E. & A. DE FRANCISCO, 1977. The marine diatom, *Striatella unipunctata*. II. Siliceous structures and the formation of intercalary bands. — *Cytobiologie*, 14: 207-221.
- ROUND, F. E., 1979. The classification of the genus *Synedra*. — *Nova Hedwigia*, Beih., 64: 135-146.
- SMITH, W., 1856. A synopsis of the british Diatomaceae. Vol. II. — Taylor and Francis, London, 107 p., 36 pl.
- STABELL, B., 1981. The diatom *Fragilaria virescens* var. *subsalina*. — Pages 126-129 in L.-K. Königsson and K. Paabo (eds.). *Florilegium Florinis Dedicatum. Striae*, Vol. 14, Uppsala.
- SULLIVAN, M. J., 1979. Taxonomic notes on epiphytic diatoms of Mississippi Sound, U. S. A. — *Nova Hedwigia*, Beih., 64: 237-249.
- VAN HEURCK, H., 1880-1885. Synopsis des diatomées de Belgique. — H. Van Heurck, Anvers, 235 p., 135 pl.
- VAN HEURCK, H., 1899. *Traité des diatomées*. — H. Van Heurck, Anvers, 572 p., 35 pl.
- VANLANDINGHAM, S. L., 1969. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. III. *Coscinophaena* through *Fibula*. — J. Cramer, Lehre, p. 1087-1756.
- VANLANDINGHAM, S. L., 1971. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. IV. *Fragilaria* through *Naunema*. — J. Cramer, Lehre, p. 1757-2385.
- VANLANDINGHAM, S. L., 1978a. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. VI. *Neidium* through *Rhoicosigma*. — J. Cramer, Vaduz, p. 2964-3605.
- VANLANDINGHAM, S. L., 1978b. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. VII. *Rhoicosphenia* through *Zygodoceros*. — J. Cramer, Vaduz, p. 3606-4241.

LES DIATOMÉES ET LES FORAMINIFÈRES DE SÉDIMENTS MARINS POST-GLACIAIRES DU BAS-SAINT-LAURENT (QUÉBEC): UNE ANALYSE COMPARÉE DES ASSEMBLAGES

G. LORTIE¹

*Laboratoire de paléobiogéographie et de palynologie
Université de Montréal, Montréal (Québec) H3C 3J7*

et

J.-P. GUILBAULT

*Gulf Canada Resources, Explorations Department
Box 130, Calgary (Alberta) T2P 2H7*

Résumé

L'analyse des diatomées et des foraminifères de sédiments marins post-glaciaires du Bas-Saint-Laurent a permis des reconstitutions paléoenvironnementales comparables. Trois types d'assemblages correspondant à des milieux de profondeur et de salinité décroissantes ont été distingués et associés aux phases plénumarine et régressive de la mer de Goldthwait. Les diatomées précisent les paléobathymétries et les paléosalinités, mais leur caractère arctique est moins marqué que chez les foraminifères, plus étudiés, et dont la biostratigraphie est mieux connue dans les sédiments post-glaciaires de l'est du Canada. Les deux premiers assemblages de foraminifères sont très comparables à ceux des autres bassins marins, notamment la mer de Champlain. Les paléobathymétries déduites ont été utilisées dans la construction d'une courbe d'émergence des terres.

Abstract

Diatoms and foraminifera from raised marine post-glacial sediments of the southern St. Lawrence estuary area produced comparable paleoenvironmental interpretations. The three observed assemblages indicate decreasing depth and salinity. They are associated to the Goldthwait Sea full-marine and regressive phases. Diatoms are more precise concerning paleosalinity and paleobathymetry but show a less striking arctic character than foraminifera, more frequent and better known about their biostratigraphy in the eastern Canada post-glacial sediments. Two of the foraminiferal assemblages are similar to those of other marine basins, in particular the Champlain Sea. Paleobathymetric data have been tentatively applied to a land emergence curve.

Introduction

La mer de Goldthwait (fig. 1) désigne les eaux post-glaciaires qui ont envahi l'estuaire du Saint-Laurent depuis le détroit de Québec jusqu'au Golfe (Elson, 1969). Depuis une dizaine d'années, plusieurs travaux consacrés à la géologie quaternaire du Québec méridional ont mis en évidence la forte influence des eaux goldthwaitiennes sur la dynamique glaciaire, lors de la déglaciation (fig. 2): vers 13 500 BP, le vélage de la glace dans l'Estuaire aurait scindé la calotte laurentidienne,

provoqué des écoulements glaciaires convergents et favorisé la formation d'une calotte appalachienne (Martineau, 1977, 1979, 1980; Lasalle *et al.*, 1977). Dans le Bas-Saint-Laurent, la déglaciation fut d'abord marquée par la mise en place de deltas glacio-marins, notamment celui de Trois-Pistoles (Dionne, 1968; Locat, 1977) et la construction du complexe morainique de Saint-Antoine (Lee, 1962; Martineau, 1977; Martineau & Corbeil, 1983). Aussi, l'évolution de la mer de Goldthwait y comporte-t-elle une succession de phases glacio-marine (13 500 à 12 000 ans BP), plénumarine (12 000 à 10 000 ans BP) et régressive (10 000 à Actuel), chacune représentée essentiellement par des diamictions, des argiles

¹ Adresse actuelle: Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

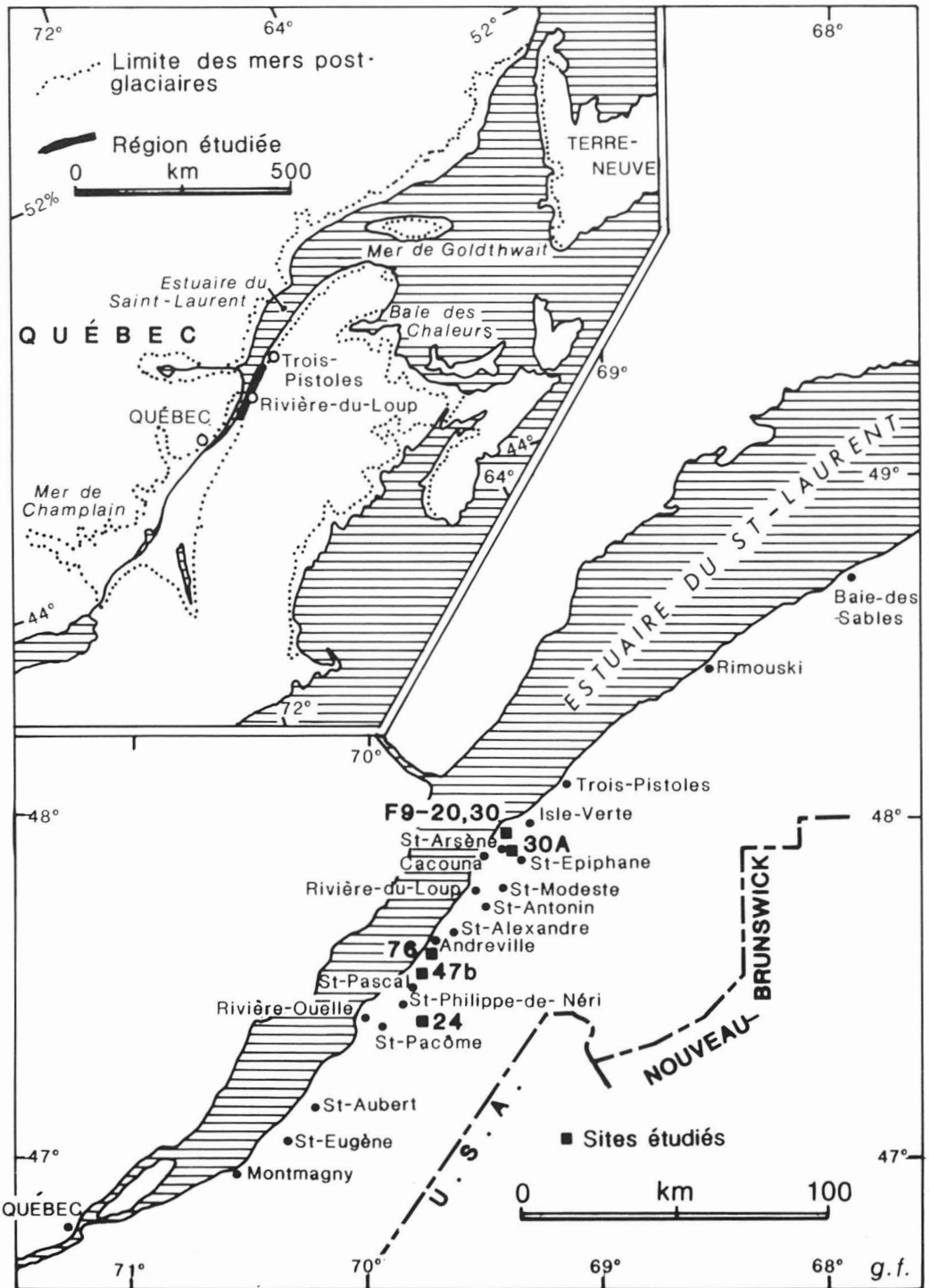


Figure 1. Distribution géographique des mers de Goldthwait et de Champlain. Le cartouche indique la localisation de la région étudiée.

silteuses massives ou laminées et, enfin, des silt, sables et graviers littoraux (Lee, 1962; Dionne, 1977; Locat, 1978; Martineau, 1977, 1980).

Ces divers travaux ont singulièrement approfondi notre compréhension des événements quaternaires dans le Bas-Saint-Laurent, mais les micro-fossiles goldthwaitiens y restent étonnamment mal connus. Seuls quelques foraminifères et ostracodes ont été signalés dans des argiles (Lee, 1963; Dionne, 1972; Locat, 1978), bien que leur fréquence soit loin d'être négligeable. L'analyse de plus de 130 échantillons prélevés entre Rivière-Ouelle et Trois-Pistoles, a révélé que 44% d'entre eux contenaient des foraminifères, 20% des ostracodes et 18% des diatomées (Lortie, 1983). Or, les assemblages de micro-fossiles permettent de cerner l'évolution d'un bassin, tant sur son pourtour que dans ses parties les plus profondes (v.g. Cronin, 1977; Guilbault, 1980). Cette reconstitution peut être approfondie en combinant — comme nous le tentons ici — les données de deux groupes fossiles d'autoécologie différente, l'un (diatomée) essentiellement autotrophe et habitant aussi bien les eaux douces que marines, l'autre (foraminifère) exclusivement marin et hétérotrophe. D'autre part, à l'intérêt paléocéologique évident que présente la comparaison d'une micro-flore à une micro-faune s'ajoutent les aspects biostratigraphique et synécologique. En effet, contrairement aux diatomées, les foraminifères des mers post-glaciaires de l'est du Canada ont suscité des travaux suffisamment nombreux pour qu'il soit possible de comparer les assemblages de foraminifères du territoire étudié ici avec ceux des autres bassins. Tout en apportant quelques données nouvelles sur certains micro-fossiles marins du Bas-Saint-

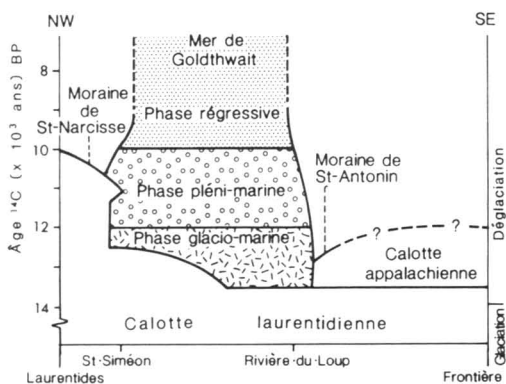


Figure 2. Schéma de la déglaciation du Bas-Saint-Laurent, d'après les données de Lasalle *et al.* (1977), Martineau (1977), Martineau & Corbeil (1983), Locat (1978) et Lebus & David (1977).

Laurent, ce travail a eu pour objectif principal d'explorer cette double approche par l'étude de quelques échantillons goldthwaitiens de la région de Rivière-du-Loup.

Matériel et méthodes

La micro-flore des diatomées du Bas-Saint-Laurent a fait l'objet d'un premier inventaire taxonomique mais, compte tenu des faibles teneurs en valves, les comptages furent restreints à sept échantillons et trois assemblages, évoquant des paléoenvironnements marins, décrits (Lortie, 1983). Le présent travail offre une analyse comparative des diatomées et des foraminifères de six de ces échantillons (figure 1, tableau I). Les échantillons F9-20 et F9-30 proviennent d'un forage de 30 m effectué par le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, près de

TABLEAU I

Description sommaire des échantillons analysés

Numéro	Altitude (m)	Matériel	Âge ^{14}C
24	102	Argile grise assez caillouteuse et fossilifère (<i>Balanus hameri</i> , <i>Hiatella arctica</i> , <i>Macoma calcarea</i> , <i>Mya truncata</i> , <i>Portlandia arctica</i>)	10 670 ± 90 BP (QU-564) 10 920 ± 90 BP (QU-565)
30a	75	Diamicton glacio-marin rougeâtre, fossilifère (fragments nombreux de <i>Balanus</i> sp.)	10 330 ± 140 BP (QU-577)
47b	90	Argile grise fossilifère, un peu caillouteuse	
76	70	Sables silto-argileux gris très fossilifères (<i>Balanus</i> sp., <i>Mytilus edulis</i> , <i>Macoma baltica</i> , <i>Hiatella</i> sp.). Faciès littoral	
F9-20	15	Argile massive rougeâtre (forage)	
F9-30	15	Argile massive rougeâtre (forage)	

Cacouna; il s'agit d'argiles silteuses massives typiques de la phase pléni-marine, prélevées à des profondeurs respectives de 6 et 9 m. Le sable silto-argileux de l'échantillon 76 appartient à la phase régressive et provient d'un site riche en mollusques, localisé entre deux crêtes rocheuses, près d'Andréville. Les trois derniers (24, 30a et 47b) ont été recueillis aux environs de Saint-Philippe-de-Néri, de Saint-Épiphanie et de Saint-Pascal; ce sont des argiles grises fossilifères caillouteuses que leur âge radio-carbone (entre 10 200 et 11 000 ans BP) assignent à la phase pléni-marine. Enfin, nous évoquerons les assemblages de foraminifères observés par l'un de nous (J.-P. G.) dans une trentaine d'échantillons sélectionnés dans le secteur pour leur faciès caractéristique, leur âge radio-carbone ou encore leur richesse micropaléontologique.

La préparation des diatomées comprend plusieurs étapes: élimination des sels et de la matière organique par HCl (10%) et H₂O₂ (30%) à chaud, décantations répétées de 12 heures, prélèvement d'une goutte de 0,2 mL mise à sécher sur une lamelle, montage dans du Naphrax ($n_D = 1,74$) et observation sur un photomicroscope Zeiss II à des grossissements de 500 et 1250X. À l'exception d'un échantillon (1000 valves avec 47b), les comptages furent limités à environ 250 valves, et les pourcentages des taxons répartis en quatre catégories: dominant ($\geq 10\%$), fréquent (4-9%), occasionnel (1-4%) et rare ($< 1\%$).

L'extraction des foraminifères commence par la désagrégation de 20 à 100 g de sédiment sec dans une solution détergente suivie d'un tamisage à 106 μm . Le résidu sec est ensuite décanté dans une liqueur lourde de densité 1,8 à 2,2, les foraminifères se concentrant en surface. La fraction ainsi extraite (foraminifères et un peu de sédiment résiduel) est à nouveau séchée puis étalée le plus uniformément possible sur une platine. À l'exception d'un échantillon (76), au moins 300 spécimens furent identifiés. Les pourcentages de chaque espèce ont été calculés et le nombre total de spécimens estimé par extrapolation. L'indice de diversité faunique utilisé est le «Shannon-Wiener information function» désigné H(S) et défini comme suit:

$$H(S) = -\sum p_i \ln p_i$$

où p_i est la proportion de la i^{e} espèce dans l'échantillon. Les valeurs de H(S) sont généralement plus élevées dans des milieux marins de salinité normale et peu sujets aux variations physico-chimiques annuelles. À titre de comparaison, rappelons que Cronin (1977) rapporte des valeurs moyennes H(S) de 1,688 pour la région de Québec et de 1,067 pour la région du lac Champlain.

Résultats

DIATOMÉES

Dans la région étudiée, les diatomées de la mer de Goldthwait sont représentées par une flore arctico-boréale comprenant 41 genres et 131 taxons. Les six échantillons décrits précédemment contiennent trois assemblages (Lortie, 1983). Les principaux taxons qui les composent, ainsi que leur autoécologie générale, sont indiqués au tableau II. Rappelons brièvement ces trois assemblages: 1) Assemblage à *Stephanopyxis turris* var. *intermedia* et *Coccolodiscus* sp. 1 (échantillons F9-20 et F9-30). *S. turris*, une forme planctonique polyhalobe oligoeuryhaline (35-30‰) domine cet assemblage. La rareté des formes littorales suggère un éloignement des côtes de plusieurs kilomètres et une profondeur suffisamment forte, de l'ordre de 25 m et plus, pour que les éléments benthiques soient à peu près absents. 2) Assemblage à *Cocconeis scutellum* var. *stauroneis*, *C. costata*, *Chaetoceros* sp. 1 et *Nitzschia cylindrus* (échantillons 24, 30a et 47b). La flore de ces trois échantillons, beaucoup plus riche, est dominée par *C. scutellum* var. *stauroneis* qu'accompagnent dans des proportions variables (moins de 1% à 9%) les autres formes importantes. L'assemblage comprend des formes planctoniques néritiques et benthiques littorales (tableau II). L'abondance de ces dernières, nettement plus forte que précédemment, et l'importance de *C. scutellum* var. *stauroneis* indiquent un milieu moins profond, peut-être compris entre 5 et 25 m, assez proche des côtes. La plupart des taxons sont polyhalobes méioeuryhalins (35 à 20-17‰) et mésoeuryhalins (35 à 10-8‰), notamment *C. scutellum* var. *stauroneis*, ce qui suggère des salinités plus basses et plus variables que précédemment. Les températures variaient également de 1-2°C à plus de 10°C, si l'on en juge par le mélange de formes cryophiles (*N. cylindrus*) et cosmopolites comme *C. costata*. 3) Assemblage à *Cyclotella caspia* et *Cocconeis costata* qu'accompagne *C. scutellum* var. *stauroneis* (échantillon 76). Ce dernier assemblage traduit un environnement encore plus nettement littoral et moins profond (< 10 m), entre autres avec la présence occasionnelle de *Trachysphenia australis* et *Licmophora gracilis* var. *anglica*. Espèce mésohalobe (20-17 à 0,5‰), *C. caspia* évoque une paléosalinité faible, inférieure à 20‰, bien que les autres taxons laissent supposer des conditions plus salées.

FORAMINIFÈRES

L'étude préliminaire des foraminifères de la mer de Goldthwait dans le Bas-Saint-Laurent (30

TABLEAU II
Diatomées des échantillons analysés

Taxons	Mode et milieu de vie	Salinité (‰)	Échantillons						
			24	30a	47b	76	F9-20	F9-30	
<i>Achanthes groenlandica</i> var. <i>ostrupii</i> Cleve-Euler*	ep, m, l	17-20 /35			R				
<i>Actinocyclus</i> aff. <i>normanii</i> (Gregory) Hustedt	p, m, e	0,5 /10	R	R	O	R		R	
<i>Amphora terroris</i> Gregory*	ep, m, l	17-20 /35			O	R			
<i>Biddulphia aurita</i> (Lyngbye) Bréb. et Godey	tp, ep, m, l	17-20 /35				R			
<i>Campylodiscus angularis</i> Gregory*	b, m, l	17-20?/35	R		R				
<i>Chaetoceros diadema</i> (Ehrenberg) Gran	p, m, n	17-20 /35			O	R			
<i>Chaetoceros</i> sp. (spore, type 2)	p, m, n	17-20?/35	R	R	O	R			
<i>Chaetoceros</i> sp. (soie, type 1)	p, m, n	17-20?/35	O	O	F	R		R	O
<i>Cocconeis costata</i> Gregory	ep, m, l	17-20 /35	F	O	F	D			R
<i>C. scutellum</i> var. <i>stauroneiformis</i> W. Smith	ep, m, l	8-10 /35	D	R	D	F			
<i>Coscinodiscus</i> sp. 1	p, m, n	17-20?/35						O	F
<i>Cyclotella caspia</i> Grunow	p, m, l	0,5/17-20					D		
<i>Diploneis entomon</i> (A. Schmidt) Cleve*	b, m, l	17-20?/35	R	R	O				
<i>Licmophora gracilis</i> var. <i>anglica</i> (Kützing) Peragallo	ep, m, l	8-10 /35				O			
<i>Melosira sulcata</i> Grunow	p, m, l	3-5 /35	R		R	R			
<i>Navicula mutica</i> fo. <i>cohnii</i> (Hilse) Grunow	b, a, d, l	0/17-20				R			
<i>Nitzschia cylindrus</i> (Grunow) Hasle*	p, m, n	8-10 /35	O	R	F				
<i>N. marginulata</i> var. <i>subconstricta</i> fo. <i>minuta</i> Grunow*	b, m, l	17-20?/35	R	R	O				
<i>Rhabdonema arcuatum</i> (Lyngbye) Kützing	ep, m, l	17-20 /35	R	R	O				
<i>Synedra kamtchatica</i> Grunow*	ep, m, l	17-20?/35				R			
<i>S. tabulata</i> (Agard) Kützing	ep, m, l	3-5 /30	O	R	O	O			
<i>Stephanopyxis turris</i> var. <i>intermedia</i> Grunow	p, m, n	30 /35	R		R	R		D	D
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	b, m, l	30 /35	O	R	O				
<i>Trachyspheria australis</i> var. <i>rostellata</i> Hustedt	ep, m, l	17-20 /35				O			

Mode de vie: benthique (b), épiphyte (ep), planctonique (p), tychoplanctonique (tp), aérophile (a)

Milieu de vie: marin (m), dulcicole (d), littoral (l), estuarien (e), néritique (n)

Fréquence: dominant (D, > 10%), fréquent (F, 4-9%), occasionnel (O, 1-4%), rare (R, <1%)

*: taxon présumé arctique

échantillons) a révélé la présence de 41 taxons, dont la plupart sont des formes courantes des mers post-glaciaires. À l'exception de *Elphidium albiumbilicatum*, dont la fréquence est, de toutes façons, trop faible pour être significative, aucune n'indique une amélioration climatique au-delà des conditions existant aujourd'hui dans l'Arctique canadien. Le nombre de spécimens par 100 g de sédiment sec varie de 0 à 18 000; dans le cas des six échantillons discutés ici, il est de 163 à 6 300. Trois assemblages de foraminifères ont été observés (tableau III): 1) Assemblage à *Islandiella helenae*, *Cassidulina reniforme* et *Elphidium excavatum* (échantillons F9-20 et 30). Le facteur-clé de cet assemblage réside dans l'abondance relative de *I. helenae*. Malgré la diversité relativement faible, la salinité devait être assez élevée (25 à 30‰). L'absence de formes peu profondes révèle une paléobathymétrie assez importante, nettement supérieure à 20 m. 2) As-

semblage à *Elphidium excavatum*, *Cassidulina reniforme* et *Haynesina orbiculare* (échantillons 24, 30a, 47b). On note ici une certaine proportion d'espèces préférant les profondeurs réduites (20-25 m ou moins) et tolérant des écarts de salinité importants. Le nombre d'espèces est très variable et les dominances (pourcentage de l'espèce la plus abondante) sont plutôt fortes tandis que les indices de diversité de Shannon-Wiener et la proportion d'*Islandiella helenae* sont réduites. La paléosalinité devait être plus faible que celle de l'assemblage 1 et surtout plus variable. Pour l'échantillon 47b, la salinité maximale devait se situer aux environs de 25 à 27‰, soit du même ordre que celle du premier assemblage; pour les échantillons 24 et 30a, elle était probablement un peu moindre. Par contre, la salinité minimale, atteinte pendant l'été, devait être beaucoup plus basse (10-20‰). 3) Assemblage à *Buccella frigida*, *Elphidium incertum* et *Haynesina orbiculare*

TABLEAU III
Foraminifères des échantillons analysés

Taxons	Échantillons					
	24	30a	47b	76	F9-20	F9-30
<i>Buccella frigida</i> (Cushman)	1,9	1,5	3,3	19,4		
<i>B. frigida calida</i> Cushman & Cole				3,0		
<i>Buccella</i> sp. 1				2,2		
<i>Cassidulina reniforme</i> Nørvang	25,3	6,5	4,0	5,9	63,4	31,3
<i>Cibicides lobatulus</i> (Walker & Jacob)			*	0,7		*
<i>Elphidium albiumbilicatum</i> (Weiss)		0,6	0,6	2,2		
<i>E. excavatum</i> (Terquem)	61,5	70,0	71,7	32,8	22,9	17,3
<i>E. frigidum</i> Cushman				0,7		
<i>E. hallandense</i> Brotzen		4,8	1,7			
<i>E. incertum</i> (Williamson)	0,9	2,5	7,7	14,2		
<i>E. magellanicum</i> Heron — Allen & Earland		0,2	*			
<i>Fissurina cucurbitasema</i> L. & T. (forme arrondie)			*			
<i>F. laevigata</i> Reuss		*			*	0,3
<i>F. marginata</i> (Montagu)			0,2		*	
<i>Haynesina orbiculare</i> (Brady)	7,2	12,4	7,5	11,2	0,3	*
<i>H. paucilocula</i> (Cushman)	0,9			3,0		
<i>Islandiella helenae</i> Feyling — Hanssen and Buzas	1,3	1,5	1,0	2,2	13,3	50,9
<i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu)			*			
<i>Oolina melo</i> d'Orbigny			0,2			
<i>Parafissurina fusuliformis</i> L. & T.			*			
Polymorphinidae	0,3	*	0,6		*	
<i>Pyrgo williamsoni</i> (Silvestri)			*			
<i>Quinqueloculina seminulum</i> (Linné)			0,2			
«Siphonaperta»			*			
<i>Spiroplectammina biformis</i> (Parker & Jones)			0,4			
<i>Triloculina trihedra</i> Loeblich & Tappan						*
<i>Virgulina concava</i> Höglund					*	*
<i>V. schreibersiana</i> Czjzek		*	1,1		*	0,3
Nombre de spécimens/100 g éch. sec	563	4770	4741	163	2457	6300
Indice de diversité de Shannon-Wiener H(S)	1,10	1,09	1,16	1,99	0,91	1,05

* Présence hors-comptage

(échantillon 76). La proportion élevée (>50%) d'espèces préférant des eaux peu profondes révèle un milieu de profondeur plus faible que précédemment et de salinité encore plus variable. L'abondance du mollusque *Mytilus edulis* confirme cette interprétation. La diversité faunique (indice de Shannon-Wiener) relativement élevée et la dominance modérée (32,8%) pourraient, au contraire, suggérer des conditions relativement stables et salées. Cependant, elle ne constitue pas un argument aussi fiable que la composition faunique, ce qui nous fait opter pour la première interprétation.

Discussion

La lecture paléocéologique obtenue avec les diatomées et les foraminifères des six échantillons est très comparable (fig. 3). Elle permet de reconstituer trois paléo-environnements: 1) des eaux salées (> 25-27‰), relativement profondes (> 20 m) et distantes des côtes représentées par les échantillons F9-20 et 30; 2) un milieu côtier peu profond (< 25 m), caractérisé par une salinité variable (< 20 à 25-27‰) et une température également variable (1°C à 10°C) représenté par les échantillons 24, 30a et 47b 3) enfin, un environnement très rapproché du littoral, encore moins profond et de salinité plus basse (< 20‰) correspondant à l'échantillon 76.

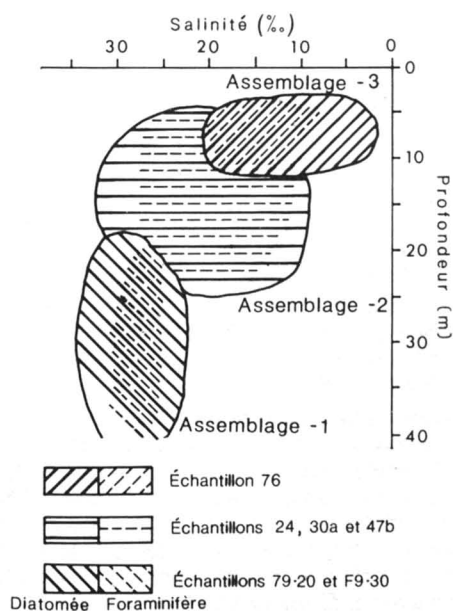


Figure 3. Comparaison des paléobathymétries et paléosalinités déduites par les diatomées et les foraminifères.

DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET PALÉOTEMPÉRATURE

Les diatomées observées ne comptent que quelques taxons présumés arctiques, représentés par les formes littorales *Diploneis entomon*, *Synedra kamchatica*, *Nitzschia marginulata* var. *subconstricta* f. *minuta*, *Campylodiscus angularis*, *Achanthes groënlandica* var. *oestrupii* et une seule forme planctonique, *Nitzschia cylindrus*. Abondante dans les eaux printanières des banquises antarctiques et arctiques (Hasle, 1965; Hsiao, 1980), cette dernière est également un élément mineur du phytoplancton printanier de l'estuaire du Saint-Laurent (Vickers, 1980). D'une autoécologie typique par son association avec les glaces, sa distribution géographique n'est donc pas strictement confinée aux eaux arctiques.

Du reste, la flore fossile observée ne suggère pas des paléotempératures basses uniformes. Aux côtés de *N. cylindrus*, on retrouve plusieurs espèces cosmopolites préférant des températures estivales ou automnales plus élevées. L'une d'elles, *Cocconeis costata*, abonde à Grande-Rivière, dans la Baie-des-Chaleurs, à des températures comprises entre 5 et 14°C (Bélanger & Cardinal, 1977). Ces écarts de températures reflètent, en partie, la distribution saisonnière de plusieurs espèces. Toutefois, la fréquence de *N. cylindrus* est sans doute significative d'un englacement plus prononcé de l'Estuaire et de températures plus basses qu'aujourd'hui.

Aucun des foraminifères rapportés ici n'indique des conditions climatiques «tempérées». La plupart peuvent être observés sous diverses conditions de températures, mais aucun n'est restreint aux climats tempérés. Ainsi, on ne trouve ni *Ammonia beccarii*, ni *Elphidium margaritaceum*, espèces courantes dans les eaux peu profondes de la baie des Chaleurs et des environs de l'Île-du-Prince-Édouard, où les températures estivales atteignent 19-20°C (Slessor, 1970; Schafer et al., 1978). Par contre, le caractère arctique est particulièrement net avec les fortes proportions de *Islandiella helenae* et *Cassidula reniforme*, tous deux limités aux eaux arctiques dont les températures oscillent autour de 0°C (Sejrup & Guilbault, 1980; Guilbault, 1980).

Au total, foraminifères et diatomées présentent peu d'espèces arctiques strictes et, à l'exception de *N. cylindrus*, il s'agit toujours de formes benthiques. D'autre part, les foraminifères arctiques sont représentés par un fort pourcentage de la population totale des échantillons F9-20 et 30, tandis que les diatomées arctiques, peu fréquentes si on omet *N. cylindrus*, s'observent plutôt dans les échantillons 24, 30a et 47b. La rareté des diatomées planctoniques arctiques, notamment dans les argiles des échantillons F9, tient peut-

être d'abord à une mauvaise préservation des *Rhizosolenia* et *Chaetoceros*, deux genres peu silicifiés très abondants dans la mer du Labrador (Guillard & Kilham, 1977); mais l'explication ne vaut pas pour *N. cylindrus* ou les *Thalassiosira*. En revanche, elle pourrait être liée à la stratification des eaux. En effet, la flore diatomifère des échantillons F9 témoigne d'une profondeur nettement supérieure à 20 m. Or, dans le golfe du Saint-Laurent actuel, les eaux de profondeur intermédiaire (40 à 120 m) gardent, à l'année, une température voisine de 0°C, contrairement aux eaux de surface qui atteignent 20°C pendant l'été (Lauzier & Bailey, 1957; Lauzier *et al.*, 1957). Les eaux intermédiaires représentent des conditions de type arctique et les assemblages de foraminifères qui y vivent sont comparables à ceux des échantillons F9-20 et 30. Une telle stratification a pu exister pendant la phase pléni-marine goldthwaitienne et héberger, par conséquent, des populations de foraminifères benthiques à caractère nettement plus arctique que celles des diatomées planctoniques.

PALÉOBATHYMÉTRIE ET ZONATION LITTORALE

Des diatomées benthiques (tableau II) ont été observées dans la plupart des échantillons. Leur proportion, par rapport aux formes planctoniques, signale la proximité des paléorivages, d'autant plus que certains taxons sont caractéristiques d'une zone littorale précise. Par exemple, *Navicula mutica* f. *cohnii* est une forme sub-aérienne habituelle à la zone supralittorale tandis que *Synedra tabulata* préfère la zone sublittorale supérieure comprise entre 0,3 et 15 m (Simonsen, 1962; Edsbagge, 1966). Ce type d'information a permis d'attribuer aux trois assemblages leur paléobathymétrie respective. Toutefois, la répartition verticale des diatomées benthiques dépend de nombreux facteurs, notamment le substrat, les supports végétaux, la salinité et la turbidité. Malgré la présence d'espèces hétérotrophes, on peut croire que la turbidité a restreint le développement des diatomées benthiques à une profondeur maximale d'environ 20-25 m. L'estimation de cette limite inférieure se fonde surtout sur les travaux relatifs aux diatomées littorales de la mer Baltique (Simonsen, 1962; Edsbagge, 1966). Mais, si l'on tient compte de la forte turbidité actuelle de l'estuaire du Saint-Laurent, elle pourrait être moindre.

À l'opposé, tous les foraminifères mentionnés ici sont des formes benthiques. L'absence de foraminifères planctoniques est habituellement due à une salinité de surface réduite, elle-même liée à la proximité des côtes. Dans des milieux comme la mer de Champlain ou l'ouest de la mer de Goldthwait, la salinité a dû être trop faible pour permettre le développement d'une faune de fo-

raminifères planctoniques, ce qui exclut ces organismes comme source d'information paléobathymétrique. Certaines espèces aréna-cées sont limitées aux marais de la zone intertidale (Scott & Medioli, 1980), mais elles n'ont pas été rencontrées dans les sédiments étudiés. Divers auteurs ont établi une corrélation entre les assemblages de foraminifères benthiques et les masses d'eau jusqu'aux profondeurs abyssales (Rodrigues & Hooper, 1982; Williamson, 1983; Schafer *et al.*, 1981; Sejrup *et al.*, 1981). Ces zones, fort larges, offrent peu d'intérêt dans le cas présent puisque la paléobathymétrie n'a pu excéder 100 m. Dans une tranche d'eau aussi mince, il n'est pas possible de distinguer plus de deux masses d'eau: l'eau saisonnière de surface et, dans le cas du golfe du Saint-Laurent actuel, la couche froide intermédiaire, déjà mentionnée. Pour estimer les paléobathymétries dans de telles conditions, on doit utiliser certains taxons, notamment *Haynesia orbicularis*, *Elphidium halandense*, *E. incertum* et *Buccella frigida*, qui tolèrent les conditions physico-chimiques variables existant près de la surface, dans la couche saisonnière, et qui s'y retrouvent, par conséquent, en nombre beaucoup plus grand.

Les paléobathymétries suggérées ici par les foraminifères et les diatomées sont du même ordre, mais leur déduction provient d'approches différentes. Dans le premier cas, elle repose sur l'importance des espèces tolérantes; dans le deuxième, elle s'appuie sur le rapport des formes planctoniques/benthiques et la présence de taxons de distribution littorale spécifique.

PALÉOSALINITÉ

La plupart des foraminifères dénombrés ici sont quasi euryhalins. Excepté le genre *Virgulina* qui n'est présent ici qu'en petites quantités, le seul taxon montrant une résistance limitée à la dessalure est *Islandiella helenae* dont le seuil minimal se situe aux environs de 25-27‰. C'est sa rareté, de même que l'abondance relative d'espèces particulièrement tolérantes, qui permet de reconnaître des salinités plus faibles aux assemblages II et III.

Quant aux diatomées, elles colonisent tous les milieux de sorte que, suivant le système proposé par Hustedt (1953), elles peuvent être qualifiées d'oligohalobes (0 à 0,2‰), de mésohalobes (0,2 à 30‰) ou de polyhalobes (> 30‰). En outre, leur tolérance aux écarts de salinité est prise en considération (Simonsen, 1962). L'importance des formes polyhalobes méioeuryhalines (35 à 20-17‰), comme *Cocconeis costata*, ou mésoeuryhalines (35 à 10-8‰), comme *C. scutellum* var. *stauroneiformis*, permet de déduire

les paléosalinités décroissantes des trois paléoenvironnements.

En dépit de ces différences biologiques intrinsèques, diatomées et foraminifères indiquent ici une même décroissance des paléosalinités. Toutefois, les valeurs proposées pour l'échantillon 76 divergent quelque peu, les diatomées suggérant des conditions plus variables et moins salées. Ce désaccord reflète peut-être l'habilité des diatomées à coloniser des milieux très peu salés, mais il a, en fait, peu de conséquences. La salinité de cet environnement a dû varier, suivant les saisons, dans des proportions telles qu'on ne saurait s'attendre à une similarité complète entre les deux groupes.

Par ailleurs, l'excellente convergence des conditions marines profondes relevées dans les échantillons F9-20 et 30 doit être considérée avec nuance. En effet, diatomées planctoniques et foraminifères benthiques proviennent vraisemblablement, les premières de la couche saisonnière de surface, les seconds de la couche intermédiaire plus stable. Cette distorsion, liée à la stratification des eaux et à l'absence de foraminifères planctoniques, est probablement présente dans toutes les mers post-glaciaires de l'est du Canada et pourrait y être beaucoup plus marquée. Dans le cas des assemblages littoraux, diatomées et foraminifères vivaient probablement dans la couche saisonnière, de sorte que les premières offrent certainement un reflet plus fidèle des variations de la salinité. Il faut également observer que plusieurs espèces, tel *Nitzschia cylindrus*, témoignent des variations saisonnières.

PALÉOSYNÉCOLOGIE ET ÉCOSTRATIGRAPHIE

Le petit nombre d'échantillons étudiés interdit d'établir une biostratigraphie pour la région du Bas-Saint-Laurent. Néanmoins, on peut tracer latéralement les paléoenvironnements rapportés ici et décrire une écostratigraphie régionale, notamment avec les foraminifères. En effet, nous avons observé les assemblages de foraminifères I et II dans d'autres forages ou dépôts de la région. Le premier est typique de tous les milieux profonds des mers post-glaciaires de l'est du Canada. À quelques variantes près, il a été signalé dans des sédiments post-glaciaires par Vilks & Rashid (1976) sur la plateforme de la Nouvelle-Écosse, par Mudie et Guilbault (1982) à l'est de Terre-Neuve, par Vilks (1980) sur la plateforme du Labrador, par Leslie (1965) en baie d'Hudson et par Fillon & Hunt (1974), Cronin (1979) et Guilbault (1980) en mer de Champlain. Une variante appauvrie est rapportée par Bartlett & Molinsky (1972) dans leurs carottes du golfe du Saint-Laurent. Ces diverses occurrences n'ont, bien sûr,

pas toutes le même âge, mais il semble que chaque bassin — à condition d'être suffisamment profond — ait connu, à l'un ou l'autre moment de son évolution, des conditions propres au développement de l'assemblage I.

Quant à l'assemblage II, observé ici dans des sédiments argileux, silteux stratifiés ou encore glacio-marins, il représente des profondeurs réduites et varie considérablement même à l'intérieur de la région de Rivière-du-Loup. Des assemblages similaires ont été décrits en mer de Champlain dans le biofaciès I de Cronin (1979) et dans la zone EH de Guilbault (1980).

La quasi-absence d'informations quant aux diatomées des mers post-glaciaires exclut pareille comparaison. Tout au plus, peut-on relever la présence de *N. cylindrus* en mer de Champlain (O'Brien, 1968) et le peu d'affinités entre les flores quaternaires atlantiques (Lohman, 1939, 1941; Maynard, 1974, 1976) et celles des sédiments goldthwaitiens. Par ailleurs, comme les diatomées vivent essentiellement dans la zone superficielle des eaux, il est possible que les assemblages aient été plus variables que ceux des foraminifères, tous benthiques et liés, en certains cas, à des conditions physico-chimiques plus stables. Sur ce point, il convient de noter que l'assemblage II provient d'échantillons distants de plusieurs kilomètres et témoigne vraisemblablement des conditions qui ont pu exister entre 10 200 et 11 000 ans BP sur une superficie appréciable.

D'autre part, les changements dans les assemblages de diatomées coïncident avec ceux des foraminifères dont les deux premiers ont été reconnus ailleurs. Aussi, les assemblages I et II peuvent-ils être rattachés à la phase pléni-marine de la mer de Goldthwait, et le dernier à la phase régressive. Les sédiments que leur haute altitude (130 m et plus) pourraient rattacher à la phase glacio-marine (12 500-14 000 ans BP) sont quasi stériles², ce qui explique, apparemment, qu'aucune datation n'excède 11 500 ans BP, contrairement aux territoires plus à l'est (Locat, 1977, 1978; Lebus & David, 1977). Fait intéressant, les sédiments de l'assemblage II s'apparentent, à toutes fins pratiques, à des diamictons glacio-marins. Très courants dans le Bas-Saint-Laurent, datés de 10 000 à 11 500 ans BP (tableau IV), ils ont pu être mis en place par des icebergs dérivant depuis le front laurentidien ou encore, plus simplement, par des agents glaciels (Martineau, comm. pers.) Âges radio-carbone et foraminifères tendent à écarter la première hypothèse, mais la

² Par exemple, un diamicton argileux gris recueilli au cœur du complexe morainique de Saint-Antoine n'a livré que de rares *Elphidium excavatum*, un foraminifère tolérant.

TABLEAU IV
Datations ¹⁴C du Bas-Saint-Laurent*

Localité	Numéro de série	Coordonnées géographiques		Altitude (m)	Âge ¹⁴ C	Dépôt et matériel daté	Source
		Long. O.	Lat. N.				
Cacouna	GSC-68	69°27,4'	45°57,3'	16 (46)	9 830 ± 130	Argile; <i>Macoma calcarea</i>	Lee (1962, 1963)
Isle-Verte	GSC-69	69°19,9'	47°58,1'	54,5 (84,5)	9 690 ± 150	Argile; <i>Macoma calcarea</i>	Lee (1962, 1963)
Isle-Verte	GSC-70	69°19,4'	45°57,7'	79 (109)	10 600 ± 170	Argile; <i>Macoma calcarea</i>	Lee (1962, 1963)
Rivière-des-Vases	GSC-112	69°25,5'	47°58,1'	15 (15)	6 970 ± 100	Tourbe	Lee (1962, 1963)
Rivière-du-Loup	GSC-61	69°30,8'	47°49,2'	100 (130)	10 340 ± 130	Lentille d'argile dans un gravier stratifié; <i>Hiatella arctica</i>	Lee (1962, 1963)
Saint-Épiphane	GSC-63	69°19,2'	47°56,3'	94 (124)	11 410 ± 150	Argile; coquillages	Lee (1962, 1963)
Trois-Pistoles	GSC-102	69°07,9'	47°07,7'	98,5 (128,5)	12 720 ± 170	Argile; <i>Portlandia arctica</i>	Lee (1962, 1963)
Rivière-du-Loup	GSC-176	69°28,0'	47°48,0'	106 (106)	9 520 ± 106	Tourbe et gyttja	Lee (1962, 1963)
Anse-à-Persil	GX-1491	69°32,0'	47°52,8'	12 (42)	10 095 ± 160	Argile; coquillages	Dionne (1972)
Saint-Patrice	GX-1492	69°34,7'	47°48,6'	16 (46)	9 865 ± 180	Argile; coquillages	Dionne (1972)
Cacouna	GX-1493	69°29,9'	47°54,4'	38 (43)	9 975 ± 210	Sable fin et vase; coquillages	Dionne (1972)
Saint-Modeste	GSC-1684	49°24,2'	47°50,5'	130 (135)	10 300 ± 150	Sable limoneux; <i>Hiatella arctica</i>	Dionne (1972)
Trois-Saumons	QU-403	70°07,4'	47°19,0'	30 (45)	10 790 ± 120	Diamicton glacio-marin; <i>Balanus</i> spp	Martineau (comm. pers.)
Saint-Aubert	QU-407	70°13,2'	47°10,5'	106 (121)	10 580 ± 120	Diamicton glacio-marin; coquillages	Martineau (comm. pers.)
Saint-Aubert	QU-408	70°16,2'	47°16,4'	94 (109)	10 270 ± 140	Diamicton glacio-marin; fragments de <i>Balanus</i> spp	Martineau (comm. pers.)
Saint-Eugène	QU-448	70°19,2'	47°04,0'	145 (147)	11 050 ± 130	Matière organique dans des sables et graviers stratifiés deltaïques	Martineau (comm. pers.) Mott <i>et al.</i> (1981)
Mont-Carmel	QU-564	69°52,0'	47°27,0'	103 (118)	10 670 ± 90	Diamicton glacio-marin; coquillages	Martineau (comm. pers.)
Mont-Carmel	QU-565	69°52,0'	47°27,0'	103 (118)	10 920 ± 90	Diamicton glacio-marin; coquillages	Martineau (comm. pers.)
Saint-Épiphane	QU-577	69°22,0'	47°54,6'	75 (90)	10 333 ± 140	Diamicton glacio-marin; fragments	Martineau (comm. pers.)
Rivière-Verte	QU-578	69°27,5'	47°47,2'	132 (147)	11 370 ± 150	Diamicton glacio-marin; coquillages	Martineau (comm. pers.)

* L'altitude du niveau marin indiqué entre parenthèses est déterminé suivant la paléobathymétrie attribuée aux argiles (≈ 30 m), diamictons (≈ 15 m) et sables (≈ 5 m).

présence d'une forme comme *N. cylindrus* est compatible avec celle-ci.

PALÉOBATHYMÉTRIE ET COURBES D'ÉMERSION DES TERRES

Deux courbes relatives au relèvement des terres ont été établies pour la rive sud de l'Estuaire. La première (Elson, 1969) se base sur les âges radio-carbone livrés par des macro-fossiles prélevés dans des argiles (Lee, 1963; voir tableau IV) et propose, pour la région de Rivière-du-Loup, une enveloppe (fig. 4) tenant compte du relèvement isostasique et des variations eustatiques suggérées par Curray (1965), puis Milliman & Emery (1968). La deuxième concerne la région de Baie-des-Sables/Trois-Pistoles (Locat, 1976, 1977, 1978) et s'appuie sur des âges radio-carbone obtenus à partir de mollusques cueillis dans des dépôts littoraux marins (plages, terrasses, deltas), permettant ainsi d'assumer avec une certaine précision, l'altitude du niveau marin à l'époque où vivaient les organismes datés et de construire une enveloppe qui englobe toutes les courbes d'émersion possibles (Locat, 1976; voir fig. 5); à l'intérieur de cette enveloppe, l'auteur a établi une courbe unique d'émersion des terres (Locat, 1977, 1978; fig. 5) mais en excluant de ses calculs les variations eustatiques trop difficiles à évaluer dans la région. Une comparaison avec les résultats d'Elson (1969) montre une émersion plus lente et régulière dans la région de Baie-des-Sables/Trois-Pistoles, ce qui peut être attribué, selon Locat (1977), à une diminution de la pente de la courbe d'émersion vers le nord-est, à une stagnation prolongée de la calotte appalachienne jusqu'à 11 000 ans BP et au peu d'informations dont disposait Elson.

Il nous a paru intéressant de reconstruire, pour notre région, une courbe d'émersion des terres

en utilisant des datations radio-carbone plus récentes (Dionne, 1972, 1977; Martineau, comm. pers.) et en nous appuyant sur les paléobathymétries déduites plus haut. Ainsi, l'altitude du niveau marin contemporain de la mise en place des coquilles datées a été obtenue en supposant une profondeur moyenne de 30 m pour les argiles, de 15 m pour les argiles caillouteuses et de 5 m pour les sables et silts. L'altitude des sites datés étant corrigée de la sorte, on obtient une enveloppe des courbes d'émersion possibles à l'intérieur de laquelle nous avons tracé une courbe moyenne (fig. 6). Le type d'approche retenu (altitude du niveau marin déterminé mais non corrigé pour les variations eustatiques) permet une comparaison intéressante avec les résultats de Locat (fig. 5): si on y observe un même ralentissement du taux d'émersion après 9 500 ans BP, l'émersion rapide des terres montre, pour la période antérieure, un discret fléchissement qui confère à cette portion de l'enveloppe une allure légèrement convexe, distincte de celle de Locat mais rappelant celle d'Elson (1969). Cette différence tient sans doute à la rareté des sites fossilifères excédant la côte de 130 m a.n.m. et au peu de datations radio-carbone plus vieilles que 11 500 ans BP mais il est également possible qu'elle reflète un taux d'émersion plus bas lié à l'influence de la calotte appalachienne. D'autre part, les datations provenant des sites les plus occidentaux (Saint-Eugène, Saint-Aubert et Trois-Saumons; en hachuré sur la figure 6) s'intègrent bien à l'ensemble, ce qui paraît indiquer une inclinaison du plan marin négligeable et assigner à la courbe une valeur régionale.

Ceci dit, deux objections principales doivent être soulignées. En premier lieu, le niveau marin attribué aux divers sites a été fixé suivant les paléobathymétries déduites plus haut, alors que

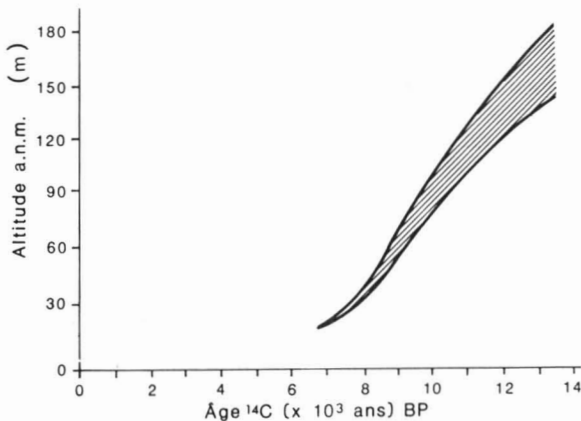


Figure 4. Courbes de relèvement des terres pour la région de Rivière-du-Loup (Elson, 1969). La courbe tient compte des variations du niveau marin suggérées par Curray (1965) et Milliman & Emery (1968).

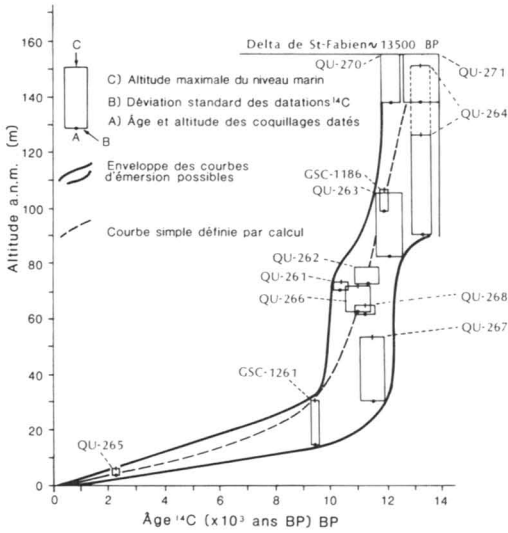


Figure 5. Enveloppe des courbes d'émersion possibles pour la région de Baie-des-Sables/Trois-Pistoles (simplifiée de Locat, 1976) et courbe simple extrapolée par calcul (Locat, 1976, 1977, 1978).

ces valeurs sont évidemment plus ou moins variables, notamment avec les diamictons dont les origines, glacielle ou glacio-marine, impliquent des profondeurs susceptibles de différer significativement. En second lieu, les coquilles datées proviennent de thanatocénoses et ont pu être déplacées vers un point plus bas, même si la configuration de la plateforme appalachienne et les courants actuels suggèrent plutôt un déplacement latéral, sub-parallèle au rivage. Cette remarque s'applique peut-être aux individus datés entre 9 800 et 10 700 ans BP (GSC-68 et 69; GX-1491 et 1492; QU-403) mais dont l'altitude ne dépasse pas 55 m a.n.m. L'observation vaut également pour les micro-fossiles. À cet effet, l'enveloppe et courbe présentées ici (fig. 6) restent approximatives. Cette application des paléobathymétries offre néanmoins une approche intéressante dans l'étude des paléorivages, mais elle ne peut évidemment remplacer un échantillonnage de base soigneux, tel que celui qui a présidé aux résultats de Locat (1976, 1977, 1978).

Conclusions

La convergence des interprétations paléocologiques offertes ici constitue, sans doute, l'aspect le plus remarquable du présent travail. Les faunes de foraminifères et les flores de diatomées ont conduit à des reconstitutions paléoenvironnementales assez semblables. Les deux premiers paléoenvironnements correspondent vraisemblablement à une écostratigraphie régionale dé-

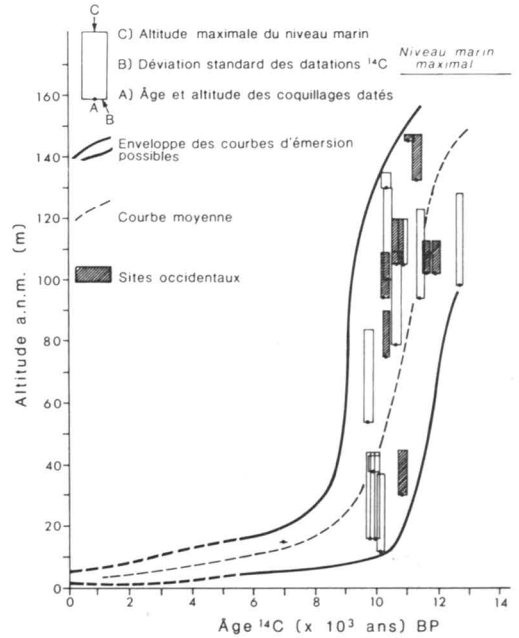


Figure 6. Enveloppe proposée des courbes d'émersion possibles pour la région de Saint-Eugène/Trois-Pistoles (voir tableau IV). Les datations radio-carbone provenant des sites occidentaux (Saint-Eugène, Saint-Aubert et Trois-Saumons) sont indiquées en hachuré.

veloppée pendant la phase pléni-marine de la mer de Goldthwait. Les assemblages de foraminifères qui les représentent sont, en outre, similaires ou encore très comparables à ceux relevés, par exemple, en mer de Champlain.

Une analyse plus fouillée des divers paramètres paléocologiques dévoile quelques divergences. La plus frappante réside peut-être dans la faible représentation des diatomées arctiques. Plus précis que les foraminifères quant aux paléobathymétries et paléosalinités, ces organismes s'en distinguent aussi par leur mode de vie essentiellement restreint à la couche superficielle des eaux. L'interprétation des flores fossiles goldthwaitiennes fait donc appel à un modèle hydrographique plus simple, excluant la couche arctique inférieure plus salée, plus froide et plus stable que peuvent coloniser les foraminifères. Ces derniers gardent l'avantage d'une extraction plus aisée, d'une taxonomie moins lourde, d'une biostratigraphie des mers post-glaciaires mieux connue et d'informations beaucoup plus abondantes sur leur écologie et distribution géographique. À cet égard, l'inventaire des diatomées benthiques de l'Estuaire et du Golfe entrepris récemment (Poulin *et al.*, 1984) apportera précisions et nuances à nos reconstitutions. En dépit

de ces limites actuelles, l'étude conjointe des diatomées et des foraminifères ouvre une perspective nouvelle, susceptible d'améliorer sensiblement notre compréhension de l'évolution des mers post-glaciaires de l'est du Canada.

Remerciements

Les échantillons étudiés ici ont été recueillis dans le cadre d'une cartographie entreprise par le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec et dirigée par G. Martineau: nous remercions très sincèrement ce dernier pour les commentaires, informations et datations radio-carbone qu'il a bien voulu nous communiquer. Les échantillons de forages du M.E.R.Q. nous ont été aimablement transmis par J. Lebuis et J.F. Morin. Notre gratitude s'adresse également à C. Hillaire-Marcel, J. Locat, P.J.H. Richard et A. Cardinal dont les commentaires pertinents nous ont permis d'améliorer le manuscrit. Enfin, nous remercions G. Frumignac pour le dessin des figures.

Références

- BARTLETT, G.A. & L. MOLINSKY, 1972. Foraminifera and the Holocene history of the gulf of St. Lawrence. — *Can. J. Earth Sci.*, 9: 1204-1215.
- BÉLANGER, C. & A. CARDINAL, 1977. Stades initiaux de colonisation de substrats durs dans la Baie-des-Chaleurs, Québec. — *Mar. Biol.* 44: 27-38.
- CRONIN, T.M., 1977. Champlain sea Foraminifera and Ostracoda: a systematic and paleoecological synthesis. *Géog. phys. Quatern.*, 31: 101-122.
- CRONIN, T., 1979. Late Pleistocene benthic foraminifera from the St. Lawrence lowlands. — *J. Paleont.*, 53: 781-814.
- CURRAY, J.R., 1965. Late Quaternary history, continental shelves of the United States. — Pages 723-733 in Wright, H.E. & D.C. Frey (eds.). *Quaternary of the United States*.
- DIONNE, J.-C., 1968. Carte morpho-sédimentologique de la région des Trois-Pistoles. — *Rev. Géogr. Montréal*, 27: 55-64.
- DIONNE, J.-C., 1972. Le Quaternaire de la région de Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles, côte sud du Saint-Laurent, Québec. — *Rapp. Inf. Centre Rech. forest. Laurentides Env. Canada*, Q-F-X-27, 95 p.
- DIONNE, J.-C., 1977. La mer de Goldthwait au Québec. — *Géogr. phys. Quatern.*, 31: 61-80.
- EDSBAGGE, H., 1966. Zur Ökologie der marinen angehefteten Diatomeen. — *Gothenburgensia*, VI, 153 p., 7 pls.
- EDSBAGGE, H., 1968. The composition of the epiphytic diatom flora on the Swedish west coast. — *Bot. mar.*, 11: 68-71.
- ELSON, J. A., 1969. Late Quaternary marine submergence of Québec. — *Rev. Géogr. Montréal*, 23: 446-451.
- FILLON, R. H. & A. L. HUNT, 1974. Late Pleistocene benthic Foraminifera of the southern Champlain sea: paleotemperature and paleosalinity indications. — *Marit. Sed.*, 10: 14-18.
- GUILBAULT, J.-P., 1980. A stratigraphic approach to the study of the late-glacial Champlain sea deposits with the use of Foraminifera. — Thesis of Licentiate Degree, Aarhus (Denmark), 204 p., University Microfilms no. 82-28, 762.
- GUILLARD, R.R.L. & P. KILHAM, 1977. The ecology of marine planktonic diatoms. — Pages 373-469 in D. Werner (ed.). *Biology of diatoms*, Monograph no. 13, Blackwell Publ., Oxford.
- HASLE, G. R., 1965. *Nitzschia* and *Fragilariopsis* species studied in the light and electron microscope. III. The group *Fragilariopsis*. — *Skrifter utgit av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo*, 1, Mat.-Naturv. Klasse, Ny Serie, N21, 81 p., 16 pls.
- HSIAO, S. I. C., 1980. Quantitative composition, distribution, community structure and standing stock of sea ice microalgae in the Canadian Arctic. — *Arctic*, 33: 768-793.
- HUSTEDT, F., 1953. Die Systematik der Diatomeen in ihren Beziehungen zur Geologie und Ökologie nebst einer Revision des Halobien-Systems. — *Svenske bot. Tidskr.*, 47: 509-519.
- LASALLE, P., G. MARTINEAU & L. CHAUVIN, 1977. Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce — Monts Notre-Dame — Parc des Laurentides. — *Dir. gén. Mines Min. Rich. nat. Québec*, DPV 516, 74 p.
- LAUZIER, L. & W. B. BAILEY, 1957. Features of the deeper waters of the Gulf of St. Lawrence. — *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, no. 111, p. 213-250.
- LAUZIER, L., R. W. TRITES & H. B. HACHEY, 1957. Some features of the surface layer of the gulf of St. Lawrence. — *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, no. 111, p. 195-212.
- LEBUIS, J. & P. DAVID, 1977. La stratigraphie et les événements du Quaternaire de la partie occidentale de la Gaspésie, Québec, *Géogr. phys. Quatern.*, 31: 275-296.
- LEE, H. A., 1962. Surficial geology of Rivière-du-Loup/Trois-Pistoles area, Québec. — *Geol. Surv. Canada*, Paper 61-32, 2 p., 1 map (1: 63 000).
- LEE, H. A., 1963. Field trip guide for the Friends of the Pleistocene, 26th ann. meeting, Rivière-du-Loup, Québec. — *Geol. Surv. Canada*, unpubl. manuscr., 29 p.
- LESLIE, R. J., 1965. Ecology and paleoecology of Hudson bay Foraminifera. — *Institut océanographique de Bedford*, Rapport 65-6, manuscrit non publié, 192 p.
- LOCAT, J., 1976. Quaternary geology of the Baie-des-Sables/Trois-Pistoles area, Québec, with some emphasis on the Goldthwait sea clays. M.Sc. thesis, Univ. Waterloo, 214 p.
- LOCAT, J., 1977. L'émersion des terres dans la région de Baie-des-Sables/Trois-Pistoles, Québec. — *Géogr. phys. Quatern.*, 31: 297-306.
- LOCAT, J., 1978. Le Quaternaire de la région de Baie-des-Sables/Trois-Pistoles. — *Dir. gén. Rech. géol. minér. Min. Rich. nat. Québec*, DPV 605, 64 p., 1 carte (1: 50 000).

- LOHMAN, K.E., 1939. Pleistocene diatoms from Long Island, New York, United States. — U.S. Geol. Surv., Professional Paper 189-H, p. 229-239.
- LOHMAN, K.E., 1941. Geology and biology of North Atlantic deep sea cores between Newfoundland and Ireland. Part 3, Diatomaceae. — U.S. Geol. Surv., Professional Paper 196-B, p. 55-86, pl. 12-17.
- LORTIE, G., 1983. Les diatomées de la mer de Goldthwait dans la région de Rivière-du-Loup, Québec. — Géogr. phys. Quatern., 37: 279-296.
- MARTINEAU, G., 1977. Géologie des dépôts meubles de la région de Kamouraska — Rivière-du-Loup. — Dir. gén. Mines Min. Rich. nat. Québec, DPV-545, 17 p., 1 carte (1: 100 000).
- MARTINEAU, G., 1979. Géologie des dépôts meubles de la région du lac Témiscouata. — Rapp. prélim. Dir. Rech. géol. minér. Min. Rich. nat. Québec, DPV-618, 18 p., 1 carte (1: 100 000).
- MARTINEAU, G., 1980. Dépôts meubles de la région de Rimouski — Trois-Pistoles. — Rapp. prélim. Dir. gén. Rech. géol. minér. Min. Éner. Ress. Québec, DVP-717, 10 p., 1 carte (1: 100 000).
- MARTINEAU, G. & P. CORBEIL, 1983. Réinterprétation d'un segment de la moraine de Saint-Antonin, Québec. — Géogr. phys. Quatern., 37: 217-221.
- MAYNARD, N. G., 1974. The distribution of diatoms in the surface sediments of the Atlantic ocean and their relationship of the biological and physical oceanography of the overlying waters. — Ph.D. thesis, Univ. Miami (U.S.A.), 175 p.
- MAYNARD, N. G., 1976. Relationship between diatoms in surface sediments of the Atlantic Ocean and the biological and physical oceanography of overlying waters. — Paleobiol., 2: 99-121.
- MILLIMAN, J.D. & K.O. EMERY, 1968. Sea levels during the past 35,000 years. — Science, 162: 1121-1123.
- MOTT, R. J., T. W. ANDERSON & J. J. MATTHEWS, 1981. Late Glacial paleoenvironments of sites bordering the Champlain. Sea based on pollen and microfossil evidence. — Pages 128-171 in W. C. Manahey (ed.). Quaternary paleoclimate. York University.
- MUDIE, P. J. & J.-P. GUILBAULT, 1982. Ecostratigraphy and paleomagnetic studies of late Quaternary sediments on the northeast Newfoundland shelf. — Recherche en cours, partie B, Comm. géol. Canada, Étude 82-1B, p. 107-116.
- O'BRIEN, N. R., 1968. Electron microscope study of Pleistocene diatoms. — Marit. Sed., 4: 7-10, 2 pls.
- POULIN, A., L. BÉRARD-THERRIAULT & A. CARDINAL, 1984. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 1. Cocconeioideae (Achnanthes, Achnantheaceae). — Naturaliste can., 111:45-61.
- RODRIGUES, C. G. & K. HOOPER, 1982. Recent benthonic foraminiferal associations from offshore environments in the gulf of St. Lawrence. — J. Foramin. Res., 12: 327-352.
- SCHAFER, C. T., F. E. COLE & L. CARTER, 1981. Bathyal zone benthic foraminiferal genera off north-east Newfoundland. — J. Foramin. Res., 11: 296-313.
- SCOTT, D.B. & F. S. MEDIOLI, 1980. Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: implications for sea level studies. — Cushman Found. Foramin. Res., Spec. Publ., no. 17, 58 p.
- SEJRUP, H.-P. & J.-P. GUILBAULT, 1980. *Cassidulina reniforme* and *C. obtusa* (Foraminifera), taxonomy, distribution and ecology. — Sarsia, 65: 79-85.
- SEJRUP, H.-P., T. FJAERAN, M. HALD, L. BECK, J. HAGEN, I. MILJETEIG, I. MORVIK & O. NORVIK, 1981. Benthonic foraminifera in surface samples from the Norwegian continental margin between 62°N and 65°N. — J. Foramin. Res., 11: 277-295.
- SIMONSEN, R., 1962. Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. — Int. Rev. Ges. Hydrobiol., 1: 1-147.
- SLESSOR, D.K., 1970. Benthic foraminiferal ecology in Coverhead bay, Prince Edward Island — a preliminary study. — Marit. Sed., 6: 48-64.
- VICKERS, E., 1980. Spring diatom communities of the St. Lawrence river. — M.Sc. thesis, McGill Univ., Montréal, 130 p.
- VILKS, G., 1980. Postglacial basin sedimentation on Labrador shelf. — Comm. géol. Canada, Étude 78-28, 28 p.
- VILKS, G. & M. A. RASHID, 1976. Post-glacial paleo-oceanography of Emerald Basin, Scotian Shelf. — J. can. Sci. Terre, 13: 1256-1267.
- WILLIAMSON, M. A., 1983. Benthic foraminiferal assemblages on the continental margin off Nova Scotia: a multivariate approach. — Ph.D. thesis. Dalhousie Univ. Halifax, 348 p.

COMMUNICATIONS BRÈVES

DIPLOSTOMUM SPATHACEUM DANS LE SYSTÈME NERVEUX DES POISSONS

M. BOUVRY, P. BRASSARD et M. E. RAU¹

Institute of Parasitology of McGill University
Macdonald College, 21 111 Lakeshore Road
Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec) H9X 1C0

Résumé

Les larves (métacercaires) de *Diplostomum spathaceum* parasitent les yeux d'une grande variété de poissons d'eau douce de l'hémisphère nord. Le ver adulte vit dans le petit intestin des goélands (Laridae). Trois poissons zèbres (*Brachydanio rerio*) furent expérimentalement infestés par voie buccale avec des cercaires de *D. spathaceum*. Une étude histologique a montré que plus de 78% ont atteint les yeux, mais que 21% se retrouvent dans le système nerveux central (5% dans le cerveau et 16% dans le nerf optique). Une aussi forte proportion de métacercaires qui envahit le cerveau et le nerf optique peut être responsable des changements de comportement fréquemment observés chez les poissons après une infestation par ce parasite.

Abstract

The larval stage (metacercaria) of *Diplostomum spathaceum* is parasitic in the eyes of a wide variety of fresh water fishes of the northern hemisphere. The adult fluke lives in the small intestine of gulls (Laridae). In the present study, three zebra fish (*Brachydanio rerio*) were experimentally infected through the buccal cavity with large numbers of *D. spathaceum* cercariae. The majority of the metacercariae (more than 78%) were found in the eyes of the fish host 5 to 24 h post-infection, but 21% were found in nervous tissue (5% in the brain and 16% in the optic nerves). The high proportion of invading metacercariae in such sensitive sites as the brain and optic nerves may account for the pronounced behavioural changes of the fish host which are frequently observed following infection with this parasite.

Introduction

Les larves métacercaires de *Diplostomum spathaceum* parasitent les yeux d'une grande variété de poissons d'eau douce de l'hémisphère nord. Les oiseaux piscivores de la famille des Laridae sont infestés par ces vers plats après avoir ingéré des poissons infestés de métacercaires. Les vers adultes vivant dans l'intestin de l'oiseau pondent des œufs qui sont relâchés dans le milieu avec les fèces de l'oiseau. En milieu aquatique, l'œuf se développe en embryon cilié, appelé *miracidium*. Si cet embryon parvient à infester un escargot de la famille des Lymnaeidae il s'ensuit à l'intérieur de l'escargot une multiplication asexuelle du parasite, qui produira des centaines de larves appelées *cercaires*. Ces cer-

caires s'échapperont de l'escargot; si elles viennent en contact avec un poisson, elles s'y fixeront, pour pénétrer à l'intérieur de ses tissus (Bauer *et al.*, 1969). La plupart des cercaires pénètrent surtout dans la région de la tête, à la fois par la cavité buccale et les branchies (Hoffman & Hoyme, 1958; Erasmus, 1959; Johnson, 1971). Les cercaires migrent ensuite vers l'œil, pour s'y développer en métacercaires au niveau du cristallin. La route précise de migration demeure controversée (Betterson, 1974; Ratanarat-Brockelman, 1974).

Une infestation expérimentale massive peut tuer un poisson directement (Sweeting, 1974; Brassard *et al.*, 1982a). Cependant une infestation non létale semble rendre le poisson vulnérable à la prédation (Crowden & Broom, 1980; Brassard *et al.*, 1982b), par suite de changements de comportement (Davis, 1936; Betterson, 1974; Crowden & Broom, 1980; Brassard *et al.*, 1982b). Ces mo-

¹ Auteur à qui les demandes de tirés à part doivent être adressées.

difications semblent être reliées à une atteinte du système nerveux central et des récepteurs primaires (Holmes & Bethel, 1972). Le but de cette étude est d'évaluer si les cercaires de *D. spathaceum* envahissent les tissus du système nerveux central, où elles pourraient précipiter des changements de comportement chez les poissons infestés.

Matériel et méthodes

Trois poissons zèbres (*Brachydanio rerio*) d'une longueur d'environ 3 cm, furent infestés expérimentalement par la cavité buccale avec des cercaires de *D. spathaceum* provenant du premier hôte intermédiaire (*Lymnaea arctica*). Une suspension de cercaires prélevée à l'aide d'une pipette fut introduit dans la cavité buccale des poissons, afin de limiter la pénétration des cercaires à la seule cavité buccale. Immédiatement après l'infestation, les poissons furent remis dans un aquarium pour observation.

Les poissons furent sacrifiés juste après que des changements majeurs de comportement furent observés. Deux furent tués 5 heures après l'infestation, et un 24 heures après l'infestation. Ils furent fixés dans la formaline (10%), décalcifiés (E.D.T.A.), déshydratés (séries d'éthanol), placés dans du xylène et imprégnés de paraffine. Tous les poissons furent entièrement coupés en sections transversales de 15 μ m.

L'hématoxyline Delafield et l'éosine furent utilisés pour la coloration. Toutes les sections furent examinés au microscope binoculaire (400 X).

Résultats

Plus de 78% des 104 métacercaires observées à l'examen microscopique furent retrouvées dans les yeux, dont 38% dans le cristallin. Ceux qui n'atteignirent pas les yeux furent retrouvées dans les branchies (10%) et dans le système nerveux (21%), dont 16% dans le nerf optique et 5% dans le cerveau. On a trouvé chez les poissons infestés des mouvements spasmodiques, des pertes d'équilibre et une nage circulaire intermittente.

Discussion

La proportion de métacercaires trouvés dans le système nerveux est plus élevée que les proportions mentionnées par Betterton (1974) et Ratanarat-Brockelman (1974), qui sont pour le cerveau respectivement de 1% et de 1,2%. Le niveau d'infestation observé dans des populations naturelles de poissons peut être assez élevé, allant jusqu'à plus de 400 métacercaires au niveau

du cristallin (Rau *et al.*, 1979; Pennycuick, 1971). Même si une faible proportion de ces parasites passent ou restent dans le cerveau ou les nerfs optiques, elle peut avoir des conséquences sérieuses sur le comportement du poisson. Ce serait probablement l'agent étiologique responsable des désordres de nature neurologique observé après une infestation. L'invasion du système nerveux central par des parasites est en effet reconnue pour être accompagnée par des changements de comportement. C'est par exemple le cas des larves d'*Ascaris columnaris* affectant le système nerveux des rongeurs (Tiner, 1953), et des métacercaires de *Dicrocoelium dendriticum* affectant le système nerveux des fourmis (Carney, 1969). Les changements de comportement de ces hôtes intermédiaires semblent souvent faciliter, par prédation, la transmission du parasite aux hôtes définitifs. Les résultats de cette étude suggèrent que *D. spathaceum* opère un effet similaire chez le poisson en le rendant plus vulnérable à la prédation.

Références

- BAUER, O. N., Y. A. MUSSELLIUS & Y. A. STRELKOV, 1969. Diseases of pond fishes. [Translated from the Russian] — Israel Program for Scientific Translation, Jérusalem, 1973.
- BETTERTON, C., 1974. Studies on the host specificity of the eye fluke *Diplostomum spathaceum* in brown and rainbow trout. — *Parasitol.*, 69: 11-29.
- BRASSARD, P., M. E. RAU & M. A. CURTIS, 1982a. Infection dynamics of *Diplostomum spathaceum* cercariae and parasite-induced mortality of the fish host. — *Parasitol.*, 85: 489-493.
- BRASSARD, P., M. E. RAU & M. A. CURTIS, 1982b. Parasite-induced susceptibility to predation in diplostomiasis. — *Parasitol.*, 85: 495-501.
- CARNEY, W. P., 1969. Behavioural and morphological changes in carpenter ants harbouring dicrocoelid metacercariae. — *Am. Midl. Nat.*, 82: 605-611.
- CROWDEN, A. E. & D. M. BROOM, 1980. Effects of the eye fluke *Diplostomum spathaceum* on the behaviour of dace (*Leuciscus leuciscus*). — *Anim. Behav.*, 28: 287-294.
- DAVIS, D. J., 1936. Pathological studies on the penetration of the cercariae of the strigeid trematode *Diplostomum flexicaudum*. — *J. Parasitol.*, 22: 329-337.
- ERASMUS, D. A., 1959. The migration of cercariae «X» Baylis (Strigeida) within the fish intermediate host. — *Parasitol.*, 49: 173-190.
- HOFFMAN, G. L. & J. HOYME, 1958. The experimental histopathology of the «tumor» on the brain of the stickleback caused by *Diplostomum baeri eucaliae* Hoffman & Hundley 1957 (Trematoda: Strigeoidea). — *J. Parasitol.*, 44: 374-387.
- HOLMES, J. C. & W. M. BETHEL, 1972. Modification of intermediate host behaviour by parasites. — Pages

- 123-149 in E.U. Canning & C. A. Wright (ed.). Behavioural aspects of parasite transmission. Academic Press, London, 236 p.
- JOHNSON, K. A., 1971. The migration of *Cotylurus erraticus* cercariae (Trematoda: Strigeidae) in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and their effects on the host. — *J. Parasitol.*, 57: 244-251.
- PENNYCUICK, L., 1971. Frequency distributions of parasites in a population of three spined sticklebacks, *Gasterosteus aculeatus* L., with particular reference to the negative binomial distribution. — *Parasitol.*, 63: 389-406.
- RATANARAT-BROCKELMAN, C., 1974. Migration of *Diplostomum spathaceum* (Trematoda) in the fish intermediate host. — *Z. ParasitenKde.*, 43: 123-134.
- RAU, M. E., D. M. GORDON & M. A. CURTIS, 1979. Bilateral asymmetry of *Diplostomum* infections in the eyes of lake whitefish *Coregonus clupeaformis* (Mitchill) and a computer simulation of the observed metacercarial distribution. — *J. Fish Dis.*, 2: 291-297.
- SWEETING, R. A., 1974. Investigations into natural and experimental infections of freshwater fish by the common eye fluke *Diplostomum spathaceum* Rud. — *Parasitol.*, 69: 291-300.
- TINER, J. D., 1953. The migration, distribution in the brain, and growth of ascarid larvae in rodents. — *J. infect. Dis.*, 92: 105-113.

LA PRÉSENCE DE *CAREX RUFINA* DREJER AU QUÉBEC

J. DESHAYE

Département de biologie et Centre d'études nordiques
Université Laval, Québec G1K 7P4

et

M. BLONDEAU

5010, rue St-Félix, Cap Rouge (Québec) G0A 1K0

Résumé

Carex rufina Drejer est signalé pour la première fois au Québec à partir de deux récoltes provenant des régions boréale et subarctique du Nouveau-Québec. La présence de cette espèce au Canada pourrait être reliée à des formations géologiques d'origine volcanique. Cette espèce devrait être ajoutée à la liste des plantes vasculaires rares du Québec.

Abstract

Carex rufina Drejer is reported for the first time in Québec with two records from boreal and subarctic regions of northern Québec. The occurrence of this species in Canada might be related to the distribution of volcanic rocks. This species should be added to the list of rare vascular plants of Québec.

Introduction

Carex rufina Drejer est un taxon à répartition amphiatlantique qui se retrouve dans les montagnes de Norvège et de Suède, en Islande, au Groenland méridional et au Canada, en quelques points situés de part et d'autre de la limite des arbres (Hultén, 1958; Porsild & Cody, 1980) (fig. 1). Hultén (1958) le dit arctique. Cependant, si on compare la carte de répartition de *Carex rufina* aux zonations de l'Arctique proposées par Young (1971) et Aleksandrova (1980), on remarque que ce taxon se rencontre principalement dans la sous-zone immédiatement au nord de la limite des arbres. Cette sous-zone est qualifiée de subarctique ou de bas-arctique selon les auteurs et a son équivalent dans les régions alpines légèrement plus méridionales comme les hauts sommets de Scandinavie (voir Sjörs, 1963). Nous sommes donc d'accord avec Scoggan (1957) qui l'inclut parmi les éléments subarctiques.

Porsild (1946) a fait une synthèse des caractères morphologiques de cette espèce et a souligné la présence d'un long stipe courbé à la base de la plupart des périgynes matures; cette particularité est unique chez le genre *Carex*. Quant

à son habitat, *C. rufina* croît sur substrat minéral dans les endroits frais, humides ou périodiquement inondés par la pluie ou les variations de niveau des plans d'eau; on le retrouve ainsi sur la rive sableuse ou graveleuse des lacs (Porsild, 1946; Porsild, 1964) ou dans les combes à neige (Böcher, 1954; Porsild, 1964; Øvstedal & Skifte, 1978).

Résultats et discussion

Deux stations nouvelles pour le Canada sont ici mentionnées; des parties de ces récoltes ont été déposées à l'Herbier Louis-Marie de l'Université Laval (QFA).

Nouveau-Québec, lac à l'Eau Claire, île Atkinson, rive centre-nord (56°09'N.-74°30'O.); haut de platière riparienne sur blocs, dans la mousse; exposition nord; 21 juillet 1980.

J. Deshaye et B. Vimard 80-243

Nouveau-Québec, rivière Innuksuac, 6 km au nord-est d'Inukjuak (58°29'52"N.-78°03'15'O.); au bord d'un ruisseau, dans le sable et la boue qu'atteint presque l'eau du ruisseau; touffe d'environ 30 cm de diamètre; 30 juillet 1983.

M. Blondeau 83540

Les autres stations déjà connues au Canada ont été indiquées par Porsild (1943) sur la rivière Tha-ane (sud du Keewatin), par Baldwin (1953) au lac Nueltin (nord du Manitoba) et, plus récemment, par Harms & Hudson (1974) qui citent une récolte effectuée sur la rive sud du lac Athabasca (nord de la Saskatchewan). Cette dernière mention n'est pas confirmée par Maher *et al.* (1979) dans la liste des plantes rares de cette province, le spécimen d'herbier étant apparemment perdu; B. Boivin (comm. pers.) recommande néanmoins de retenir cette localité.

Les deux récoltes au Québec tendent à combler un vide entre le Groenland et l'ouest de la baie d'Hudson. Cette espèce demeure quand même très rare au Canada, peut-être parce que les territoires nordiques canadiens et surtout québécois sont peu explorés ou encore parce que cette petite plante de moins de 10 cm de hauteur échappe souvent au botaniste.

Nous préférons plutôt suggérer, à titre d'hypothèse, que la répartition de ce taxon est liée à

la présence de roches volcaniques non granitiques, du moins en Islande et en Amérique. Par cette hypothèse, nous entendons que *C. rufina* croîtrait sur ou à proximité d'une source de minéraux volcaniques; il n'en demeure pas moins que seules des études autécologiques permettront de vérifier l'affinité de ce taxon pour de tels minéraux.

L'origine volcanique de l'Islande est bien connue, les assises géologiques étant principalement constituées de basalte (Einarsson, 1963); Steindorsson (1963) rapporte que *C. rufina* y est partout commun. Au Groenland, Porsild (1946) et de Molenaar (1976) mentionnent la présence de minéraux tels que le basalte et le tuf volcanique à proximité des sites de *C. rufina*. La région d'Inukjuak, au Québec, est adjacente au géosynclinal des Belcher, formation représentée dans cette région par les îles Hopewell (Kranck, 1951; Dimroth *et al.*, 1970). On rencontre du basalte tout le long de cette formation, plusieurs périodes de volcanisme ayant marqué son histoire. La ré-

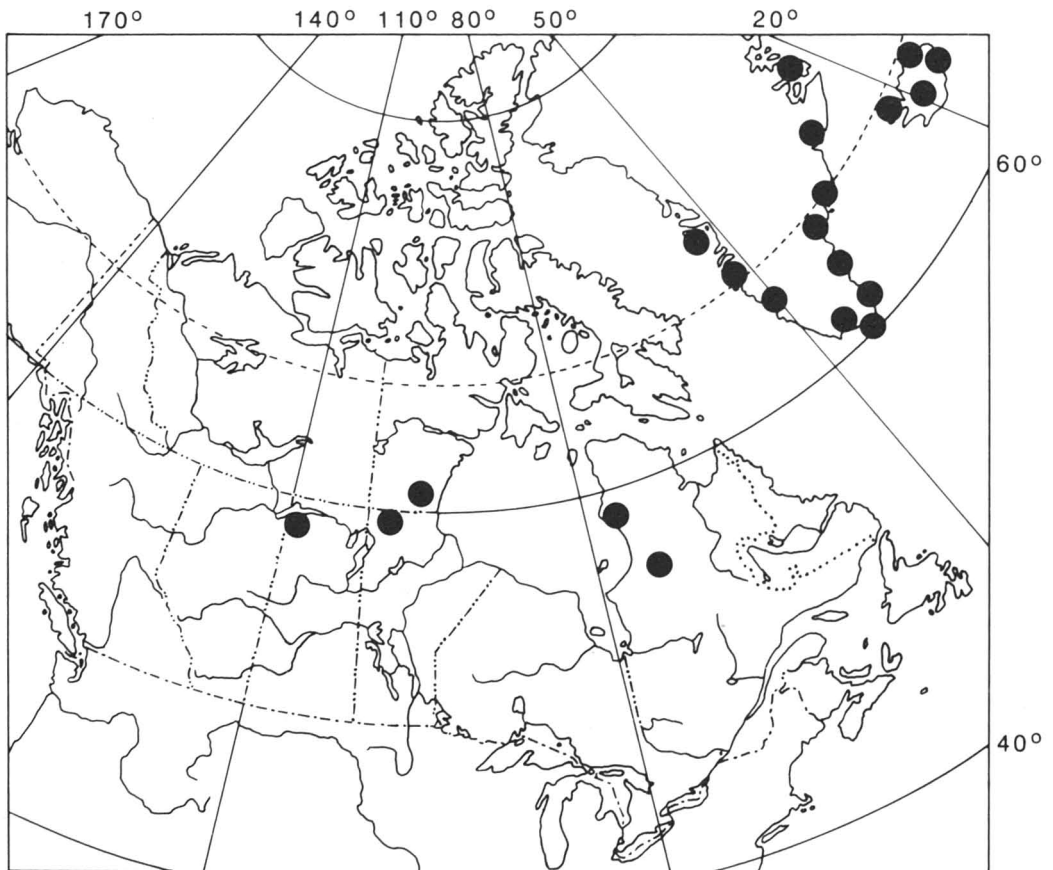


Figure 1. Répartition nord-américaine de *Carex rufina*. Les points hors Québec sont tirés de Harms & Hudson (1974) (Saskatchewan), Baldwin (1953) (Manitoba) et Hultén (1958).

colte de *C. rufina* a été effectuée à quelques kilomètres à l'intérieur des terres, soit en amont du géosynclinal. La région d'Inukjuak, comme toute la côte ouest du Québec, a subi la transgression de Tyrrell (Hillaire-Marcel, 1976). Les paléo-rivages ont alors très bien pu bénéficier d'un apport de longue distance en roches volcaniques provenant des îles Hopewell suite à l'activité glacielle, tel que l'a montré Dionne (1976) pour les rivages de l'est de la baie James. Au lac à l'Eau Claire, l'île Atkinson fait partie d'un archipel volcanique qui s'est formé consécutivement à un impact météoritique (Reimold *et al.*, 1981); les principales roches volcaniques sont la brèche volcanique et la trachyandésite (Bostock, 1969). À l'ouest de la baie d'Hudson, les trois récoltes de *C. rufina* proviennent de territoires susceptibles de renfermer des roches volcaniques. Au Keewatin, la rivière Tha-anne traverse la formation Hurwitz (Bell, 1970; Douglas, 1969; Lord, 1953) où on note des tufs et des roches volcaniques basiques largement répandus en amont du site où a été récolté *C. rufina*. Au Manitoba, *C. rufina* fut trouvé près de la rive ouest du lac Nueltin; c'est dans ce secteur qu'aboutit la formation dite du lac Wollaston où la présence de roches volcaniques a été mise en évidence. Nous ne pouvons cependant en préciser ni la nature ni la teneur (Money *et al.*, 1970). En Saskatchewan enfin, une partie de la rive nord du lac Athabasca est occupée par la formation Martin dans laquelle on trouve du basalte et de l'andésite (Fraser *et al.*, 1970). Il est possible que des débris de cette formation aient été remaniés par l'activité glacielle printanière depuis un certain temps — il y a eu au moins deux stades pro-lacustres — et déposés sur d'autres rivages à la faveur des vents poussant les glaces flottantes. Raup & Argus (1982) signalent d'ailleurs que les vents dominants dans cette région originent de l'ouest et du nord-est; c'est dans cette dernière direction que se trouve la formation Martin par rapport à la baie Thomson, site où a été récolté *C. rufina*.

L'hypothèse reliant la présence de *C. rufina* aux roches volcaniques non granitiques peut sembler faible, surtout dans la région des lacs Athabasca et Nueltin. Il nous apparaît toutefois difficile de suggérer une autre explication, qui tienne raisonnablement compte à la fois des grandes disjonctions d'aire de ce taxon et de sa rareté au Canada. Le long de la limite des arbres, il existe en effet relativement peu de formations géologiques susceptibles de contenir des roches volcaniques basiques (bassins, géosynclinaux, cratères, etc.).

Si on admet cette hypothèse et compte tenu de ses exigences climatiques, les régions du golfe de Richmond et du sud-ouest de la baie d'Ungava

pourraient abriter *C. rufina*, de même que certains secteurs de la côte du Labrador.

Enfin, *C. rufina* devrait être ajouté à la liste des plantes vasculaires rares du Québec (Bouchard *et al.*, 1983).

Remerciements

Nos remerciements s'adressent à M. Jacques Cayouette qui a vérifié nos récoltes. M. Pierre Morisset a bien voulu commenter le manuscrit. Les remarques pertinentes de Mme Kathleen Pryer ont été grandement appréciées.

Références

- ALEKSANDROVA, V.D., 1980. The Arctic and Antarctic: their division into geobotanical areas. — Cambridge University Press, Cambridge, 247 p.
- BALDWIN, W.K.W., 1953. Botanical investigations in the Reindeer-Nueltin lakes area, Manitoba. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 148, p. 110-142.
- BELL, R.T., 1970. The Hurwitz group — A prototype for deposition on metastable cratons. — Pages 159-170 in A.J. Baer (ed.). Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield. Geol. Surv. Canada, Paper 70-40, 265 p.
- BÖCHER, T.W., 1954. Oceanic and continental vegetational complexes in southwest Greenland. — Meddr Grønland, 148: 1-336.
- BOSTOCK, H.H., 1969. The Clearwater Complex, New-Québec. — Bull. geol. Surv. Canada, no. 178, 63 p.
- BOUCHARD, A., D. BARABÉ, M. DUMAIS & S. HAY, 1983. Les plantes vasculaires rares du Québec. — Syllogeus n° 48, 79 p. (avec trad. anglaise et cartes).
- DIMROTH, E., W.R.A. BARAGAR, R. BERGERON & G.D. JACKSON, 1970. The filling of the circum-Ungava geosyncline. — Pages 45-142 in A.J. Baer (ed.). Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield. Geol. Surv. Canada, Paper 70-40, 265 p.
- DIONNE, J.-C., 1976. L'action glacielle dans les schorres du littoral oriental de la baie de James. — Cah. Géogr. Québec, 20: 303-326.
- DOUGLAS, R.J.W., 1969. Carte géologique du Canada. — Comm. Géol. Canada, n°1250A (1: 5 000 000).
- EINARSSON, T., 1963. Some chapters of the Tertiary history of Iceland. — Pages 1-9 in A. Löve & D. Löve (eds.). North Atlantic biota and their history. Pergamon Press, New York, 430 p.
- FRASER, J.A., J.A. DONALDSON, W.H. FAHRIG & L.P. TREMBLAY, 1970. Helikian basins and geosynclines of the northwestern Canadian Shield. — Pages 171-200 in A.J. Baer (ed.). Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield. Geol. Surv. Can., Paper 70-40, 265 p.
- HARMS, V.L. & J.H. HUDSON, 1974. Some new and noteworthy vascular plants records from northeastern Saskatchewan. — Rhodora, 76: 39-44.

- HILLAIRE-MARCEL, C., 1976. La déglaciation et le relèvement isostatique sur la côte est de la baie d'Hudson. — Cah. Géogr. Québec, 20: 185-220.
- HULTÉN, E., 1958. The amphi-atlantic plants and their phytogeographical connections. — Almqvist & Wiksell, Stockholm, 340 p.
- KRANCK, E.H., 1951. On the geology of east coast of Hudson Bay and James Bay. — Acta geogr., 11: 1-71.
- LORD, C.S., 1953. Geological notes on southern District of Keewatin, Northwest Territories. — Geol. Surv. Canada, Paper 53-22, 11 p.
- MAHER, R.V., G.W. ARGUS, V.L. HARMS & J.H. HUDSON, 1979. Les plantes vasculaires rares de la Saskatchewan — Syllogeus n° 20, 58 p. (avec trad. anglaise et cartes).
- MOLENAAR (de), J.G., 1976. Vegetation of the Angmagssalik district, Southeast Greenland. II. Herb and snow-bed vegetation. — Meddr Grønland, 198: 1-266.
- MONEY, P.L., A.J. BAER, B.P. SCOTT & R.H. WALLIS, 1970. The Wollaston Lake Belt, Saskatchewan, Manitoba, Northwest Territories. — Pages 171-200 in A.J. Baer (ed.). Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield. Geol. Surv. Canada, Paper 70-40, 265 p.
- ØVSTEDAL, D.O. & O. SKIFTE, 1978. The ecology of certain *Carex rufina* communities in North Norway. — Astarte, 11: 139-150.
- PORSILD, A.E., 1943. Materials for a flora of the continental Northwest Territories of Canada. — Sargentia, 4: 1-79.
- PORSILD, A.E., 1964. Illustrated flora of the Canadian Arctic Archipelago. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 146, 218 p.
- PORSILD, A.E. & W.J. CODY, 1980. Vascular plants of continental Northwest Territories, Canada. — Natn. Mus. nat. Sci. Canada, 667 p.
- PORSILD, M.P., 1946. Stray contributions to the flora of Greenland XIII-XVII. XVI. On *Carex rufina* Drejer. — Meddr Grønland, 134: 26-36.
- RAUP, H.M. & G.W. ARGUS, 1982. The Lake Athabasca sand dunes of northern Saskatchewan and Alberta, Canada. I. The land and vegetation. — Natn. Mus. nat. Sci. Publ. Bot., no. 12, 95 p.
- REIMOLD, W.U., R.A.F. GRIEVE & H. PALME, 1981. Rb-Sr dating of the impact melt from East Clearwater, Québec. — Contrib. Mineral. Petrol., 76: 73-76.
- SCOGGAN, H.J., 1957. Flora of Manitoba. — Bull. natn. Mus. nat. Sci. Canada, no. 140, 619 p.
- SJÖRS, H., 1963. Amphi-atlantic zonation, Nemoral to Arctic. — Pages 109-125 in A. Löve & D. Löve (eds.). North Atlantic biota and their history. Pergamon Press, New York, 430 p.
- STEINDORSSON, S., 1963. Ice age of refugia in Iceland as indicated by the present distribution of plant species. — Pages 303-320 in A. Löve & D. Löve (eds.). North Atlantic biota and their history. Pergamon Press, New York, 430 p.
- YOUNG, S.B., 1971. The vascular flora of St. Lawrence Island, with special reference to floristic zonation in the arctic regions. — Contr. Gray Herb., no. 201, p. 11-115.

ANACAMPTODON SPLACHNOIDES IN CANADA

R. R. IRELAND

Museum of Natural Sciences, National Museums of Canada
Ottawa (Ontario) K1A 0M8

Résumé

L'auteur apporte des précisions sur la répartition de la «Knothole Moss», *Anacamptodon splachnoides* (Brid.) Brid., au Canada.

Abstract

The distribution of the Knothole Moss, *Anacamptodon splachnoides* (Brid.) Brid., is documented for Canada.

Anacamptodon splachnoides (Brid.) Brid., commonly known as the Knothole Moss, is rare in Canada, where it has a sporadic distribution in the eastern part of the country. Crum (1958), who mapped its North American distribution, listed only one collection from a single locality in northern Nova Scotia and eight collections from four localities in southern Québec. One additional collection was later reported from Québec (Crum & Anderson, 1960) and Ireland & Cain (1975) reported the species from two counties and two districts in Ontario without giving specific locality information. Crum (1958) reported the species from several localities in the United States, where it ranges from Maine to Wisconsin, south to Florida and eastern Texas.

Recent field work and herbarium studies have disclosed the following nine additional localities in Canada that require documentation:

— New Brunswick. Kent County: 4.8 km W of Rexton, ca. 46°38' N, 64°57' W, *Ireland 14195* (CANM). — Nova Scotia. Colchester County: 1.6 km S of Lynn, 45°28' N, 64°06' W, *Ireland 17382* (CANM); Halifax County: Halifax, Brown Road, *Brown 341* (ACAD). — Ontario. Algoma District: Gros Cap, ca. 16 km W of Sault Ste. Marie, 46°32' N, 84°35' W, *Ireland 14858* (CANM); Frontenac County: Glenvale, *Moxley*, September 8, 1946 (CANM); Hastings County: near Madawaska River, 9.6 km N of Hwy 62, 45°25' N, 77°45' W, *Ireland 15902* (CANM); Middlesex County: London Twp., N bank of Thames River at Denfield Rd., «Conc. 3, Lot 28», *Cook 2046* (CANM); Thunder Bay District: Blake Twp., 9.6 km SW of Thunder Bay City S., between Mt. McQuaig and Squaretop Mt., 49°17' N, 89°19' W, *Garton 11551* (CANM). — Québec. Gatineau County: NE of Luskville, top of Luskville Falls, 45°32' N, 76°00' W, *Ireland, Belolio-Trucco & Tan 18180* (CANM).

The present distribution of *Anacamptodon splachnoides* in Canada is shown in Figure 1.

Outside of North America the species is known from "Italy, the Pyrénées and northeastern France through Switzerland, Germany, Poland, Czechoslovakia, and Hungary to the western Caucasus" (Sharp & Anderson, 1981).

The Knothole Moss derives its common name because of its habitat preference for seepy knotholes or furrows primarily in deciduous trees. In Canada it has been found on *Acer*, *Betula*, *Fagus* and *Ulmus*. Crum (1958) also reported it from the United States on *Tsuga*, *Quercus*, *Aesculus*, *Carya*, *Pyrus*, *Juglans*, *Platanus* and "gum". The species is found most often on *Acer* throughout its North American range. In the United States it also has been collected occasionally on stumps, logs, decayed wood, and rarely on old fungi growing on trees and on the forest floor. Recently, Sharp & Anderson (1981) reported its occurrence on moist rock surfaces in the Great Smoky Mountains of Tennessee.

The habitat preference by the moss for certain knotholes and the unfamiliarity with *Anacamptodon* by collectors probably accounts for the apparent rarity of the species in Canada. Another reason may be that the species sometimes occurs several meters high in the trees where it is difficult to see (Solberg, 1977). Good illustrations appear in recent bryological floras (Crum & Anderson, 1981; Ireland, 1982), which should aid collectors to recognize the species. Only intensive searching for the specialized niche may reward collectors for their efforts.

References

- CRUM, H., 1958. *Anacamptodon* in North America. — *Bryologist*, 61: 136-140.

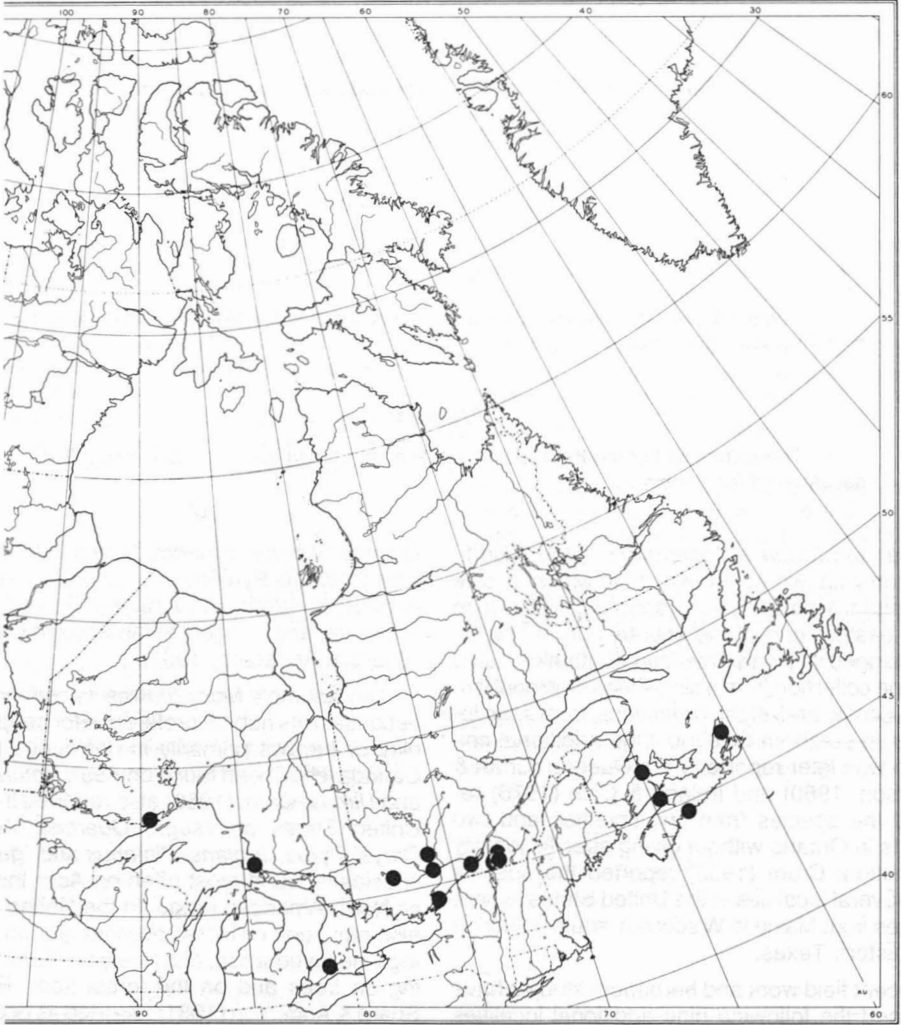


Figure 1. Distribution of *Anacamptodon splachnoides* in Canada based on herbarium specimens and literature citations.

CRUM, H. & L. E. ANDERSON, 1960. A bryological contribution from Florida. — *Bryologist*, 63: 32-46.

CRUM, H. & L. E. ANDERSON, 1981. Mosses of eastern North America. — Columbia Univ. Press, New York, 2 vols., 1328 p.

IRELAND, R. R., 1982. Moss flora of the Maritime Provinces. — *Publ. Bot. natn. Mus. nat. Sci. Canada*, no. 13, 738 p.

IRELAND, R. R. & R. F. CAIN, 1975. Checklist of the mosses of Ontario. — *Publ. Bot. natn. Mus. nat. Sci. Canada*, no. 5, 67 p.

SHARP, A. J. & L. E. ANDERSON, 1981. An unusual substrate for Knothole Moss, *Anacamptodon splachnoides*. — *Bryologist*, 84: 539-542.

SOLBERG, R. M., 1977. *Hygrohypnum closteri* and other noteworthy bryophytes in the Piedmont of North Carolina. — *Bryologist*, 80: 163-164.

MISE AU POINT SUR *CARDAMINE BULBOSA*, UNE CRUCIFÈRE RARE AU QUÉBEC

A. SABOURIN

Groupe de recherches sur les crucifères de la région de Montréal
Société d'animation du Jardin et de l'Institut botanique
4101 rue Sherbrooke est
Montréal H1X 2B2

Résumé

Cardamine bulbosa (Schreb.) BSP. a été trouvé dans quatre nouvelles localités sur les rives alluviales de l'Outaouais et redécouvert dans un bois humide de l'île de Montréal. Ces découvertes permettent de décrire plus précisément son habitat et sa limite septentrionale dans le nord-est du continent. De plus, on fait état des anciennes récoltes québécoises.

Abstract

Cardamine bulbosa (Schreb.) BSP. has recently been found at four new localities on the alluvial shores of the Ottawa River and rediscovered in a mesic woods on Montréal Island. These discoveries permit a better description of the plant's habitat and the northern limit of its range in northeastern North America. The previous records from the province are discussed.

Cardamine bulbosa (Schreb.) BSP. figure sur la liste des plantes rares du Québec (Bouchard et al., 1983) et n'avait été récolté que dans onze localités de l'extrême sud de la province, dont six le long de l'Outaouais, deux sur l'île de Montréal, deux au sud du lac Saint-Louis et une près de la baie Missisquoi. Il est aussi considéré comme rare au Manitoba, au Kansas et au Vermont, et peut-être éliminé au New-Hampshire (White & Johnson, 1980).

Cependant, je l'ai récolté récemment à quatre endroits dans le comté d'Argenteuil et une fois à Ville Émard, sur l'île de Montréal, où la date de la dernière récolte (*E. Roy* 4252, MT) remonte à 1936. Les récoltes justificatrices sont les suivantes (elles se lisent de l'ouest en est sur la figure 1): — Comté de Pontiac: Deschênes, bois marécageux de la rivière des Outaouais, 22 juin 1916, *Fr.R.-Germain* 66 (QFA); — Comté de Hull: Hull, bois marécageux, 26 avril 1878, *J. Fletcher* 123 (DAO); — Comté de Chapleau: East Templeton, sur la rivière des Outaouais, 4 juin 1917, *Fr.R.-Germain* 6130 (DAO, MT). Idem, 24 mai 1922, *FR.R.-Germain* 1353 & 15634 (CAN, DAO, MT, QFA); — Comté d'Argenteuil: Lac de la Graine de Citrouille, sur l'Outaouais à l'est de la rivière Rouge, frênaie noire à aulnes, près d'un ruisseau, 24 avril 1983, *A. Sabourin* 233 (MT). Calumet, frênaie noire à aulnes et cèdres, près

d'un ruisseau et de l'Outaouais, 11 mai 1983, *A. Sabourin* 235 (MT). Grenville, bois rocheux, 1928, *Fr. Cléonique* s.n. (MT). Golf de Saint-André-Est, frênaie noire à aulnes, près d'un ruisseau et de l'Outaouais, 3 mai 1983, *A. Sabourin* 234 (MT). Presqu'île Robillard, Saint-André d'Argenteuil, bois d'alluvions, 8 mai 1982, *A. Sabourin* 230 (MT); — Comté de Vaudreuil-Soulanges: Hudson, saulaie sur la rive du lac des Deux-Montagnes, 31 mai 1952, *L. M. Terrill* 6772 (MTMG); — Comté des Deux-Montagnes: La Trappe d'Oka, marécage, 4 juin 1927, *P. Louis-Marie* 27989 (MT). Idem, Rivière-aux-Serpents, juin 1928, *P. Louis-Marie* 3508 (QFA). Idem, La Baie, saulaie, 10 juin 1935, *P. Louis-Marie* 17486 (QFA). Idem, terrain marécageux près de la pinière, 2 juin 1937, *P. Louis-Marie* s.n. (MTMG). Idem, terrain marécageux, 2 juin 1938, *P. Louis-Marie* s.n. (DAO); — Comté de Beauharnois: Beauharnois, s.n. (MTMG), aucune autre donnée, mais l'étiquette d'herbier possède la même écriture que celle de la récolte de A. F. Holmes, faite à Lachine en 1822: — Comté de Châteauguay: île Saint-Bernard, assez abondant dans un bois de *Acer saccharinum*, *Quercus rubra* et *Salix alba*, 1942, *A. Lafond* et *G. Béchar*d; — Comté de Jacques-Cartier: Lachine, bois, 12 juin 1822, *A. F. Holmes* s.n. (MTMG). Dixie, cédrière marécageuse, 5 juin 1948, *L. M. Terrill* 5212 (DAO, MTMG). Summerlea, en bordure d'une cédrière et d'un ruisseau,

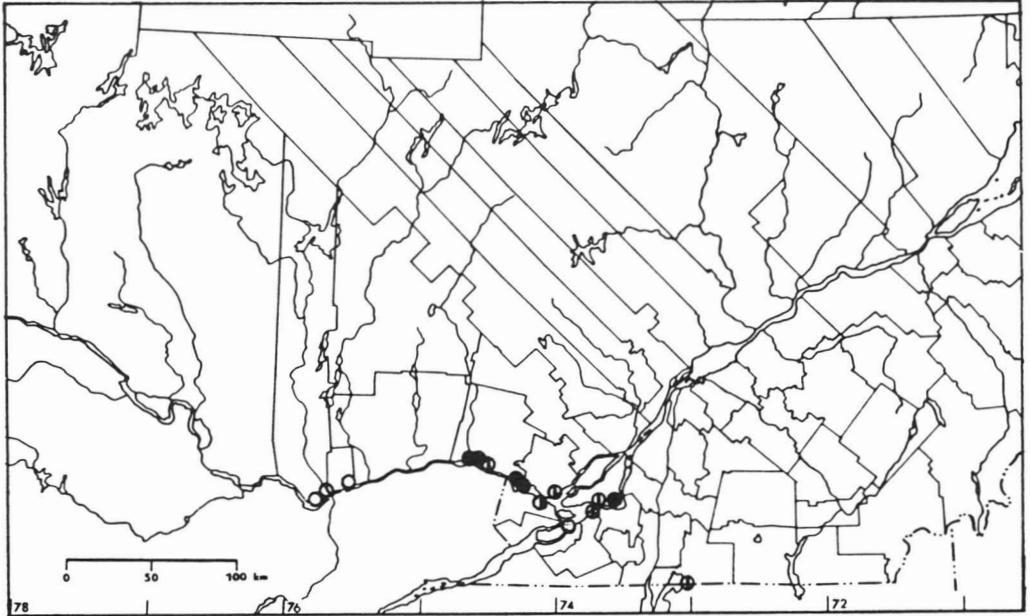


Figure 1. Répartition de *Cardamine bulbosa* au Québec. ○ avant 1925; ◐ de 1925 à 1949; ● de 1950 à 1964; ● depuis 1964. Seule la récolte la plus récente est indiquée pour chaque localité. Sources: CAN, DAO, MT, MTMG, QFA; Lafond & Béchard (1942).

28 mai 1949, L. M. Terrill 5713 (MTMG). N.B.: Ces secteurs de Lachine et Dorval étant urbanisés, et après des recherches infructueuses dans les parcelles boisées restantes, je crois que *C. bulbosa* n'existe plus à ces endroits. — Comté de Saint-Henri (Montréal): Ville Émard, 30 mai 1936, Fr. E. Roy 4252 (MT). Ville Émard, Parc Angrignon, bois humide, 19 mai 1979, A. Sabourin 92 (MT); — Comté de Brome-Missisquoi: Saint-Armand, marécage sur la frontière, 1 juin 1939, M. Raymond 151 (MT). Idem, marais sourceux, 2 juin 1940, FF. M.-Victorin et R.-Germain, M. Raymond 1487 (DAO, MTMG, QFA).

Selon Rousseau (1974), l'habitat de *C. bulbosa* se résume ainsi: «lieux humides; saulaies et marécages, bois rocheux». Quant à Scoggan (1978), cette plante se trouve dans les prairies, les bois humides et les abords des ruisseaux. Mes observations permettent de préciser et d'y ajouter les bois d'alluvions (cédrières et aulnaies) et les frénaias noirs.

Ainsi, dans le comté d'Argenteuil, aux trois stations les plus à l'ouest où je l'ai récolté, *C. bulbosa* se trouve toujours sur les rives de l'Ouataouais et au pied d'un coteau d'où se déverse un ruisselet. Les sols y sont très humides, presque saturés, et composés d'alluvions couvertes de frênes noirs (*Fraxinus nigra*), d'aulnes (*Alnus rugosa*), de saules (*Salix* sp.) et aussi, rarement, de cèdres (*Thuja occidentalis*) comme à la station

de Calumet. À ce sujet, il est bon de rappeler les récoltes de Terrill (5212, 5713, MTMG) dans une cédrière de Lachine. À la Presqu'île Robillard, l'habitat est un peu moins palustre et situé sur de très riches alluvions à surface limoneuse. Les plants de *C. bulbosa* y sont plus nombreux qu'ailleurs (où ils ne dépassent guère quelques centaines d'individus) et s'étalent sur environ deux km, avec comme espèces compagnes: *Matteucia struthiopteris* et *Laportea canadensis* qui sont très abondantes, avec *Acer saccharinum*, *Celtis occidentalis*, *Fraxinus nigra*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Juglans cinerea*, *Tilia americana* et *Ulmus americana*.

Au Parc Angrignon de Ville Émard, il n'y a que quelques dizaines d'individus de *C. bulbosa* et la végétation de ce bois humide se compose surtout de frênes rouges (*Fraxinus pennsylvanica*) et de tilleuls (*Tilia americana*) avec *Acer rubrum*, *Acer saccharinum*, *Juglans cinerea*, *Quercus macrocarpa* et *Ulmus americana*.

En ce qui concerne la limite septentrionale québécoise de *C. bulbosa*, Rousseau (1974) la situait sur l'île de Montréal (Ville Émard, E. Roy 4260, MT). Cependant, sur sa carte de distribution, il y avait déjà indiqué une station plus au nord, soit à Grenville (Fr. Cléonique, s.n., MT). Mes observations déplacent la limite un peu plus au nord, toujours dans le comté d'Argenteuil, à Calumet, (A. Sabourin 235), MT, 45°38'47"N.,

74°37'54"O., altitude 45 m (150 pieds). Il importe de signaler que c'est la limite septentrionale dans le nord-est du continent puisque, selon Scoggan (1978) cette crucifère ne dépasse pas la ville d'Ottawa dans l'est de l'Ontario, et elle est absente des Maritimes et du Maine. Au New Hampshire, elle n'a été trouvée que dans le sud-est, soit dans la région de Hampton Falls, où elle est menacée sinon éliminée puisque la dernière récolte y remonte à 1915 (Storks & Crow, 1978).

Vers l'ouest, elle réapparaît à Pigeon River, au sud de Thunder Bay (nord-ouest de l'Ontario) et au Manitoba, où elle atteint sa limite septentrionale sur le continent à Otterburne, à environ quarante km au sud de Winnipeg (Scoggan, 1978; White & Johnson, 1980). Ses limites méridionales se trouvent en Floride et au Texas.

Enfin, cette plante rare semble avoir échappé aux botanistes parce qu'elle vit dans des habitats très humides, même marécageux, et qu'elle y fleurit de la mi-mai à la fin-juin, moments où ces milieux sont infestés de moustiques. Par contre, les plants sont toujours groupés en petites colonies et les nombreuses feuilles basilaires sont très visibles dès la mi-avril. Ainsi, cette espèce pourrait être recherchée dans des habitats propices du Haut-Richelieu et de la baie Missisquoi, près du

lac Saint-François et sur les rives de l'Outaouais, dans les comtés de Papineau et de Pontiac.

Remerciements

Je remercie les conservateurs des herbiers qui m'ont fourni des renseignements ou des spécimens pour les récoltes citées, et S. Hay, de l'Université de Montréal, qui a commenté une première version du texte et dessiné le fond de carte de la figure 1.

Références

- BOUCHARD, A., D. BARABÉ, M. DUMAIS & S. HAY, 1983. Les plantes vasculaires rares du Québec. — *Syllogeus* n° 48, 79 p.
- LAFOND, A. & G. BÉCHARD, 1942. La carte végétale de l'île Saint-Bernard. — *Ann. ACFAS*, 8: 95-96.
- ROUSSEAU, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. — Les Presses de l'Université Laval, Québec, 799 p.
- SCOGGAN, H. J., 1978. The flora of Canada. — National Museum of Natural Sciences Canada, 1711 p.
- STORKS, I. M. & G. E. CROW, 1978. Rare and endangered vascular plant species in New Hampshire. — The New England Botanical Club, Newton Corner, Massachusetts, 73 p.
- WHITE, D. J. & K. L. JOHNSON, 1980. Les plantes vasculaires rares du Manitoba. — *Syllogeus* n° 27, 53 p.

VARIATIONS DE LA COLORATION DES PÉTALES CHEZ LE *TRILLIUM CERNUUM* L. VAR. *CERNUUM* (LILIACEAE)

R. CAYOUCETTE et J. CAYOUCETTE

Herbier Louis-Marie et Département de phytologie
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation,
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Les auteurs décrivent trois formes nouvelles dans la coloration des pétales du *Trillium cernuum* L. var. *cernuum*, à partir de récoltes faites au Québec (Saguenay et Gaspésie). Il s'agit du *T. cernuum* var. *cernuum* f. **marginatum** Cayouette & Cayouette, f. **viride** Cayouette & Cayouette et f. **lalondei** Cayouette & Cayouette.

Abstract

Three new forms in the color of the petals of *Trillium cernuum* L. var. *cernuum* are described from Québec collections (Saguenay and Gaspé Peninsula). These three new taxa are *T. cernuum* var. *cernuum* f. **marginatum** Cayouette & Cayouette, f. **viride** Cayouette & Cayouette, and f. **lalondei** Cayouette & Cayouette.

Le *Trillium cernuum* L. var. *cernuum* est un taxon boréal de l'est de l'Amérique du Nord. Au Québec, il atteint sa limite septentrionale le long de la rivière Harricana, vers le 51° de latitude nord (Dutilly & Lepage, 1951; Rousseau, 1974). Au sud, il atteint les États du Delaware, du Maryland et se retrouve en quelques stations de la Virginie de l'Ouest et de la Georgie (Eames & Wiegand, 1923; Fernald, 1950). Dans le domaine de la forêt caducifoliée, il est surtout représenté par le var. *macranthum* Eames & Wieg. qui s'étend à partir du Vermont jusqu'au sud-ouest de la Nouvelle-Angleterre, et atteint les États de la Pennsylvanie, l'est du Tennessee, l'Ohio, l'Indiana, l'Illinois, l'Iowa et les montagnes du nord de la Georgie et de l'Alabama (Fernald, 1950; Gleason, 1952). Cette dernière variété côtoie également une espèce affine, le *T. flexipes* Raf. parfois nommé *T. declinatum* (Gray) Gleason ou *T. gleasonii* Fern. Vers l'ouest, les deux variétés du *T. cernuum* atteignent la Saskatchewan (Scoggan, 1978), mais c'est le var. *macranthum* qui est le plus répandu. Cette dernière variété est particulièrement abondante autour des Grands-Lacs (Pringle, 1970). Jusqu'à maintenant le var. *macranthum* n'a pas été signalé au Québec.

Dans l'est du Québec, seul le var. *cernuum* est présent. Il y est relativement commun dans les bois humides à sols organiques ou alluvion-

naires. C'est dans certaines pessières noires, dans des frênaies, dans des érablières rouges ou dans des aulnaies bordant les cours d'eau qu'on a le plus de chances de le rencontrer. Au Québec, c'est la seule espèce du genre *Trillium* qu'on trouve dans des habitats aussi humides.

On a beaucoup étudié les variations mineures de la plupart de nos espèces du genre *Trillium*; celles du *T. cernuum* l'ont moins été. Dans son *Essai de classification des variations mineures du Trille*, le Père Louis-Marie (1941) écrivait: «Le *Trillium cernuum* est trop rare dans le sud du Québec et trop faiblement représenté dans notre herbier et dans ceux de la Province, pour qu'il nous ait été permis de l'étudier de façon critique.» Depuis, grâce à des herborisations printanières dans des régions plus septentrionales, il a été possible de recueillir suffisamment de matériel pour observer certaines variations dans la coloration des pétales du *T. cernuum* var. *cernuum*. Les notes qui suivent sont le fruit de ces observations.

Toutes les flores que nous avons consultées (Britton & Brown, 1913; Marie-Victorin, 1935, 1964; Fernald, 1950; Gleason, 1952; Scoggan, 1978) décrivent la fleur penchée du *T. cernuum* comme ayant des pétales dont la couleur varie entre le blanc, le crème et le rose pâle: c'est le f. *cernuum*. Wherry (1945) a observé des spécimens dont la

fleur était d'un rose plus prononcé que chez le f. *cernuum*; il en a décrit les pétales comme étant «*intense rosea*» et il a nommé cette variante f. *tangerae*. Jusqu'à ce jour, c'était la seule variation connue de la coloration des fleurs de ce taxon. Dans le matériel que nous avons étudié, nous en avons trouvé d'autres.

Chez certains spécimens la coloration rose de la fleur, au lieu d'être uniformément répartie sur toute la surface des pétales, forme une plage irrégulière à la marge de ceux-ci, laissant leur centre blanc. Nous proposons de nommer cette variante:

T. cernuum L. var. *cernuum*
f. *marginatum*
Cayouette & Cayouette f. nov.

A forma cernua differt petalis in centro laminae albis, ceretum roseis, colore ad marginem irregulariter disposito.

HOLOTYPE: Canada, Québec, comté de Gaspé-Ouest, Mont-Saint-Pierre, (49°13'N.-65°49'O.), érablière à bouleau jaune, en flanc de côteau, exposition sud-est, 13 juin 1973, *J. Cayouette et B. Ouattara* 73-145 (QFA).

Isotypes à DAO, MT, CAN, QUE, GH, NY, US, MICH, UAC, TENN, TRT, OAC, CM, UNB, ACAD.

(Les acronymes des herbiers sont ceux de Holmgren et al. (1981)).

Nous avons aussi observé des spécimens dont les fleurs possèdent des pétales verts. On en rencontre ici et là à travers des colonies de plantes à fleurs de couleur normale. Nous proposons de nommer cette variante:

T. cernuum var. *cernuum*
f. *viride*
Cayouette & Cayouette f. nov.

A forma cernua differt petalis viridibus.

HOLOTYPE: Canada, Québec, comté de Saguenay, Ilets-Jérémie, (48°53'N.-68°48'O.), sous-bois de feuillus (*Populus balsamifera* L.), près d'un ruisseau, 12 juillet 1973, *J. Cayouette* 73-418 (QFA). Isotypes à DAO, MT, CAN, QUE, GH, NY, US, MICH, UAC, TENN, TRT, OAC, CM.

PARATYPES: Comté de Saguenay, Ilets-Jérémie, bois de *Populus balsamifera* et de *Betula papyrifera*, 19 juin 1973, *R. Cayouette et R. Royer* 10448 (QUE). — Comté de Gaspé-Ouest, Mont-Louis, (49°15'N.-65°44'O.), sous-bois de feuillus et de conifères au bord de la rivière, 14 juin 1973, *J. Cayouette et B. Ouattara* 73-167 (QFA).

C'est de l'île aux Coulevres, dans le lac Saint-Jean, en face de Roberval, que nous vient la variation la plus spectaculaire dans la coloration des pétales du *T. cernuum* var. *cernuum*. Le spécimen type, un unicat, montre une fleur dont les pétales, les étamines et le pistil sont rouge foncé

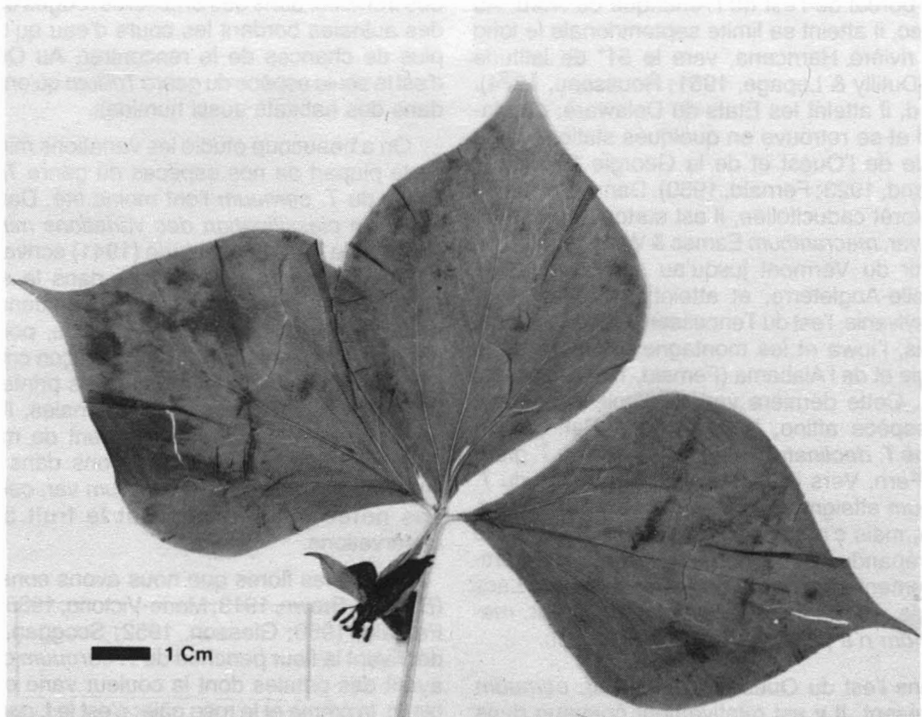


Figure 1. Holotype du *Trillium cernuum* L. var. *cernuum* f. *lalondei* Cayouette & Cayouette.

comme chez le *T. erectum* L.; tous les autres caractères morphologiques réfèrent cependant la plante au *T. cernuum* var. *cernuum* (fig. 1). Une forme semblable à pétales marron a déjà été décrite pour une espèce voisine du *T. cernuum*, le *T. flexipes* Raf. f. *Walpolei* (Farw.) Fern. (Fernald, 1944). Auparavant, Farwell (1920) avait attribué cette forme au var. *declinatum* (A. Gray) Farw. du *T. cernuum*. On range maintenant le var. *declinatum* au rang spécifique et c'est le nom du *T. flexipes* qui prévaut (Fernald, 1944).

Il nous est agréable de dédier cette variante à la mémoire du regretté Père Louis-Marie Lalonde qui a beaucoup étudié le genre *Trillium* au Québec. De plus, il a non seulement été le maître en botanique de l'ainé des auteurs de ce texte mais il l'a aussi honoré d'une profonde et durable amitié.

T. cernuum L. var. *cernuum*
f. *lalondei*

Cayouette & Cayouette f. nov.

A forma cernua differt petalis, staminibus, pistilloque rubiginosis.

HOLOTYPE: Canada, Québec, comté de Lac-Saint-Jean-Ouest, lac Saint-Jean, île aux Couleuvres, (48°30'N.-72°10'O.), aulnaie, 5 juin 1972, N. Chiricota, D. Chabot et P. Beaudoin 16 (QFA) [Sub nom. *T. erectum* L.].

PARATYPE: *Ibid.*, dans une formation de *Corylus cornuta*, 17 juin 1973, R. Cayouette et N. Chiricota 10402 (QUE).

Chez cette dernière récolte recueillie à une date plus tardive, les pétales étaient déjà fanés et leur couleur un peu délavée, mais le pistil et les étamines avaient conservé leur coloration rouge foncé.

Les causes de la variation de la coloration des pétales chez le *T. cernuum* ne sont pas connues. Plusieurs auteurs ont tenté d'expliquer cette variation ainsi que d'autres types d'anomalies chez une autre espèce, le *Trillium grandiflorum* (Michx.) Salisb. Hooper et al. (1971) ont invoqué des causes pathologiques tandis que Hall (1961) et Chinnappa (1982) ont suggéré une réaction à des stress environnementaux. Chinnappa (1982) a observé que les formes à fleurs partiellement ou complètement vertes du *T. grandiflorum* présentaient de nombreuses anomalies méiotiques.

La colonie type du *T. cernuum* f. *marginatum* formait un clone d'une quinzaine d'individus présentant tous le même patron dans la coloration des pétales. Cette observation suggère fortement que, dans le cas du f. *marginatum* tout au moins, la différence serait de nature génétique.

Références

- BRITTON, N.L. & A. BROWN, 1913. An illustrated flora of the northern United States, Canada and the British possessions, vol. 1, 2nd ed. — Charles Scribner's Sons, New York, 680 p.
- CHINNAPPA, C.C., 1982. Cytology of some variegated forms of *Trillium grandiflorum* (Liliaceae). — *Caryologia*, 35: 23-32.
- DUTILLY, A. & E. LEPAGE, 1951. Exploration sommaire de la rivière Harricana. — *Naturaliste can.*, 78: 253-283. [Réimprimé in: Contribution of the Arctic Institute of the Catholic University of America, no. 3F, 1952.]
- EAMES, A.J. & K.M. WIEGAND, 1923. Variations in *Trillium cernuum*. — *Rhodora*, 25: 189-191.
- FARWELL, O.A., 1920. Notes on the Michigan flora. II. — *Rep. Mich. Acad. Sci.*, 21: 345-371.
- FERNALD, M.L., 1944. Overlooked species, transfers and novelties in the flora of eastern North America. — *Rhodora*, 46: 1-21, 32-57.
- FERNALD, M.L., 1950. Gray's manual of botany, 8th ed. — American Book Co., New York, 1632 p.
- GLEASON, H.A., 1952. The new Britton and Brown illustrated flora of the northeastern United States and adjacent Canada, vol. 1 — New York Botanical Garden, 482 p.
- HALL, M.T., 1961. Teratology in *Trillium grandiflorum*. — *Am. J. Bot.*, 48: 803-811.
- HOLMGREN, P.K., W. KEUKEN & E.K. SCHOFIELD, 1981. Index Herbariorum. Part I: the herbaria of the world, seventh edition. — Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht, 452 p.
- HOOPER, G.R., F.W. CASE JR. & R. MYERS, 1971. Mycoplasma-like bodies associated with a flower greening disorder of wild flower, *Trillium grandiflorum*. — *Pl. Dis. Reptr.*, 55: 1108-1110.
- LOUIS-MARIE, P., 1941. Essai de classification des variations mineures du Trille. — Pages 7-58 in P. Louis-Marie. Problèmes de biologie végétale. Institut agricole d'Oka, 135 p.
- MARIE-VICTORIN, F., 1935. Flore laurentienne. — Imprimerie de la Salle, Montréal, 917 p.
- MARIE-VICTORIN, F., 1964. Flore laurentienne, 2^e éd. révisée par E. Rouleau. — Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 925 p.
- PRINGLE, J.S., 1970. The trilliums of Ontario — *Tech. Bull. Royal bot. Gard. (Hamilton, Ontario)*, no. 5, 30 p.
- ROUSSEAU, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. — Les Presses de l'Université Laval, Québec, 799 p.
- SCOGGAN, H.J., 1978. The flora of Canada. Part 2, Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledoneae. — *Publ. Bot. natn. Mus. nat. Sci. Canada*, no. 7, p. 93-545.
- WHERRY, E.T., 1945. A variant of the nodding *Trillium*. — *Bartonia*, 23: 49.

À PROPOS DU NOM SCIENTIFIQUE DE L'ORONGE AMÉRICAINE

R. POMERLEAU

750 Chemin Sainte-Foy (Québec) G1S 4P1

Résumé

Le nom d'*Amanita umbonata* Pomerleau, publié dans «Flore des champignons au Québec» (Pomerleau, 1980), étant un homonyme postérieur (1923), est illégitime et l'auteur le remplace par *Amanita jacksonii* nom. nov. Le nom d'*Amanita pellucidula* Banning ex Peck (1891), placé dans la synonymie d'*Amanita caesarea*, est basé sur des échantillons atypiques ou avortés et il doit aussi être rejeté parce que les auteurs eux-mêmes ne l'acceptaient pas.

Abstract

The name *Amanita umbonata* Pomerleau, published in «Flore des champignons au Québec» (Pomerleau, 1980) being an already used homonym (1923) is illegitimate, and is therefore replaced by *Amanita jacksonii* nom. nov. The name *Amanita pellucidula* Banning & Peck (1891), placed in the synonymy of *Amanita caesarea*, based on aborted atypical specimens, was not accepted by the authors themselves and must also be rejected.

Dans Flore des champignons au Québec (Pomerleau, 1980, p. 516-518), nous avons proposé le nom d'*Amanita umbonata* Pomerleau pour désigner l'entité nord-américaine différente de l'oronge connue en Europe sous le nom d'*Amanita caesarea* (Fr.) Schw. Cependant, l'appellation choisie et valablement publiée en 1980 est illégitime parce qu'elle est un homonyme postérieur à celui publié en 1923 par Sartory & Maire. Or cette combinaison, basée sur *Vaginata umbonata* Sumstine (1914) [= *Armillaria umbonata* (Sumstine) Murrill], est légitime et a priorité, bien que Bas (1965) ait rangé cette entité dans le genre *Squamanita*, créé en 1946 et placé dans la famille des Tricholomataceae. Nous connaissons cette publication de Bas, mais ignorions que Sartory & Maire (1923) avaient transféré cette espèce dans le genre *Amanita*, jusqu'à ce que le Dr Scott Redhead, de l'Institut de recherches biosystématiques d'Ottawa, nous communique obligeamment ce renseignement qu'il tenait de C. Bas du Rijksherbarium, Leiden, Pays-Bas.

Dans la synonymie de l'*Amanita caesarea*, selon Murrill (1913) et Coker (1917), comme nous le signale aussi Redhead, se trouve l'appellation d'*Amanita pellucidula* Banning ex Peck, donné provisoirement par Mary E. Banning à une entité récoltée à Baltimore en 1877. Mais ce nom n'a été publié qu'en 1891 par Peck, qui l'a inclus avec la description de Banning dans un chapitre intitulé «*Fungi of Maryland*» de son rapport annuel. Valablement publié, ce nom, cependant, de l'aveu

même de Banning, désigne une forme avortée ou une variété de l'*A. caesarea* et en diffère notamment par son pied blanc et sa marge lisse; cette forme n'avait pas été retrouvée parmi les carpophores normaux pendant au moins 10 ans. Peck lui-même ne semble pas accepter ce nom puisqu'il ajoute, dans l'introduction de ce chapitre, que cette liste des champignons du Maryland comprend 14 espèces nouvelles, alors qu'en fait il publie les descriptions de 15 «espèces nouvelles» de Banning; on doit en déduire que Peck ne considère pas non plus l'*A. pellucidula* comme une espèce nouvelle. Selon l'article 34.1 du Code international (Stafleu, 1978): «Un nom n'est pas valablement publié s'il n'est pas accepté par l'auteur dans la publication originale.» De toute évidence, l'entité décrite et nommée provisoirement par Banning est une forme aberrante qui paraît à l'occasion, comme celle que nous signalait, à l'aide de diapositives, M. E. Becker de Galesburgh, Michigan, également caractérisée par un pied blanc ou très pâle.

Afin de nous conformer aux articles 64.1 et 33.2 du Code international de nomenclature botanique (Stafleu, 1978), nous proposons de remplacer le nom illégitime *Amanita umbonata* Pomerleau (*in* Flore des champignons au Québec, Pomerleau, 1980, p. 516), et basé sur le même type avec sa description latine, par le suivant: *Amanita jacksonii* nomen novum. Par cette épithète nous désirons honorer M. H. A. C. Jackson (1877-1961), artiste et naturaliste distingué de

Montréal, (Québec) qui a admirablement représenté par une aquarelle cette espèce dont nous lui avons remis des échantillons frais le 26 juillet 1951.

Références

- BAS, C., 1965. The genus *Squamanita*. — *Persoonia*, 3: 331-359.
- COKER, W. C., 1917. The *Amanita* of the eastern United States. — *J. Elisha Mitchell sci. Soc.*, 23 (1-2): 1-86.
- MURRILL, W. A., 1913. The *Amanita* of eastern North America. — *Mycologia*, 5: 72-86.
- PECK, C. H., 1891. Fungi of Maryland. — 44th Ann. Rep. of the State Botanist, N.Y. St. Mus., p. 64-75.
- POMERLEAU, R., 1980. Flore des champignons au Québec. — Les Éditions La Presse, Montréal, 656 p. + 48 pl.
- SARTORY, A. & L. MAIRE, 1923. Compendium Hy-menonycetum: *Amanita*. — Librairie Le François, Paris, Fascicule n° 17, p. 374.
- STAFLEU, F. A. (ed.), 1978. International code of botanical nomenclature. — Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht (Regnum veg., no. 97), 457 p.
- SUMSTIME, D. R., 1914. New or interesting fungi. — *Mycologia*, 6(1): 33.

REVUE DES LIVRES

COLL MORALES, J., 1983. **Acuicultura marina animal.** — Mundi-Prensa Libros, S.A., Madrid, Espagne, 663 p., 16,5 × 23,5 cm.

Le livre du Dr J. Coll Morales est une revue à date de la vaste littérature publiée sur les questions de la mariculture au cours des dernières années. Cet ouvrage est en filiation directe avec le classique, publié en 1972, de J.E. Bardach, J.H. Ryther et W.O. McLarney "Aqua-culture: The farming and husbandry of freshwater and marine organisms". Même si les styles des deux ouvrages sont assez proches, le livre de l'auteur espagnol se démarque de son prédécesseur par une série de chapitres sur la biologie, l'alimentation et l'ingénierie appliquée aux principales espèces marines actuellement en exploitation dans le monde. Ces chapitres d'intérêt général sont suivis par des exemples pratiques de la méthodologie de culture utilisée dans plusieurs laboratoires.

«Acuicultura Marina Animal» incorpore, pour la première fois, la littérature en langue espagnole, dimension qui manquait souvent dans les publications anglophones. Ceci est fort heureux, car cet ouvrage sera ainsi utilisable dans les pays hispanophones qui, souvent, sont ceux qui offrent un fort potentiel de mariculture. Cet ouvrage sera donc apprécié par tous les consultants, de plus en plus nombreux, qui ont à œuvrer dans ces pays; les chercheurs et développeurs hispanophones, pour leur part, n'auront pas à attendre, parfois longtemps, des traductions plus ou moins heureuses des travaux publiés en anglais et en français.

On peut déplorer l'absence quasi totale d'opinions personnelles ou d'informations originales de la part de ceux qui ont contribué à la rédaction de ce livre. Cela lui enlève un peu du piquant qu'on attend d'un ouvrage qui traite d'un domaine en évolution rapide. Cela n'affecte en rien cependant l'exactitude des données retrouvées dans cet ouvrage qui arrive à temps.

J. MORALES et J. DE LA NOÛE

*Groupe de recherche en recyclage
biologique et aquiculture
(GRÉREBA), Université Laval*

CHAUSSADE, J., 1983. **La pêche et les pêcheurs des provinces maritimes du Canada. Contribution à l'étude du sous-développement à l'intérieur d'un pays riche.** — Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 303 p., 18 x 23,5 cm. Broché, 28\$.

L'écologiste des pêches et l'océanographe ne peuvent généralement se désintéresser d'un ouvrage portant sur la pêche et les pêcheurs. Fût-il de géographie humaine, il peut comporter des éléments de toile de fond permettant de mieux comprendre certains des aspects de l'aménagement des ressources marines, et partant, contribuer à mieux définir l'orientation de la recherche

sur ces mêmes ressources. Malheureusement, l'étude de Chaussade n'a guère de qualités inspiratrices pour l'océanographe ou l'écologiste des pêches. La description initiale du cadre physique (topographie, climat, caractéristiques du golfe du Saint-Laurent) est dans l'ensemble grossièrement correcte; elle ignore cependant les travaux des dernières années. Le fleuve Saint-Laurent y est décrit comme un élément perturbateur, surtout parce que ses «eaux saumâtres, déjà soumises à de fortes amplitudes saisonnières, se chargent dès le 15 novembre et jusqu'à la mi-mai d'énormes masses de glaces (sic) qui sont rejetées dans le golfe en même temps que quantité de matières terrigènes, arrachées à ses rives par l'érosion glaciaire, et qui contribuent à l'enrichissement du milieu nourricier du golfe». C'est pour le moins une simplification outrancière, quand on pense aux nombreux travaux portant sur le rôle des débits d'eau douce, les remontées d'eau profonde, le courant de Gaspé, etc. Les références pertinentes apparaissant à la fin de l'ouvrage sont d'ailleurs loin d'être jeunes et les traductions font de plus apparaître des concepts peu communs en océanographie, comme celui de «mixage» (au lieu de «mélange»).

L'auteur passe en revue dans cinq chapitres les différentes pêches. On y inventorie le déroulement, les techniques de prélèvement, l'organisation de l'exploitation et la commercialisation. Bien qu'étant de la simple compilation, ces chapitres sont indiscutablement plus intéressants et plus utiles que les précédents, du moins pour les écologistes peu au fait de l'activité de pêche des Maritimes. On peut cependant regretter que l'auteur soit avare de ses sources d'information. On serait certes plus intéressé de savoir sur quoi l'auteur appuie certaines affirmations (par exemple, que «l'eau de morue répond ... à des normes bien précises...», p. 96) que de lire la jolie histoire intitulée «Le beau coup d'Alphée» (p. 80-81). Il est parfois difficile de faire, dans ce livre, la part de la science et celle de la littérature romanesque.

La pauvreté économique du milieu maritime fait l'objet d'une brève description qui conduit l'auteur à «la recherche des responsabilités», objet de la troisième partie de l'ouvrage. Il s'agit essentiellement d'une analyse historique, du XVI^e siècle à nos jours, se terminant par un examen bien peu critique des politiques récentes (v.g. la zone exclusive de pêche) et des difficultés de la commercialisation. Dans l'ensemble plus intéressante, cette section n'est pas exempte de faiblesses, sinon de naïvetés. Ainsi, le seul exemple cité de modification du milieu naturel est celui de la fermeture du détroit de Canso. Les travaux «de l'océanologue (sic) Louis Lourmais (ancien membre de l'équipe du Commandant Cousteau) (re-sic)» y méritent une longue citation, tirée de Québec-Presses..., mais on ignore d'autres travaux pour le moins aussi intéressants qui ne furent publiés que dans des périodiques scientifiques et sans le patronage de vedettes de la télévision et du cinéma commercial.

Le mérite de tels ouvrages est sans doute d'être simples, synoptiques et faciles. On doit aussi dire qu'ils

sont peu rigoureux, peu crédibles et en général peu féconds.

Guy LACROIX

Département de biologie
Université Laval

LEBRUN, P., H.M. ANDRÉ, A. DE MEDTS, C. GRÉGOIRE-WIBO & G. WAUTHY, 1983. **New trends in soil biology.** — Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 709 p., 17,5 × 25 cm. Broché, environ 80\$ US.

Ce livre est le compte rendu du VIII^e congrès international de biologie du sol tenu à Louvain-la-Neuve en 1982. Le premier de ces congrès a été présenté à Rothamsted en 1958. Depuis la première édition, les thèmes dominants portent sur la zoologie du sol ou pédozoologie. Ainsi, l'appellation *biologie du sol* doit être comprise dans le sens plus restreint de la zoologie, comme l'indique d'ailleurs le titre allemand, plus juste : «Neue Richtlinien der Bodenzologie».

Le colloque comprend quatre sections thématiques et une section pour les affiches. On y dénombre plus d'une centaine de contributions présentées par 175 spécialistes en majorité européens. Les thèmes touchent un grand nombre d'écosystèmes terrestres évoluant sous des climats arctiques, tempérés, tropicaux et désertiques. Les groupes animaux les plus étudiés sont les oligochètes, les acariens, les collemboles, les carabidés et les termites.

La section I traite des cycles d'éléments nutritifs, particulièrement celui de l'azote, dans les écosystèmes forestiers et désertiques. On insiste sur le transfert des modèles établis en microcosme vers la quantification du rôle de la pédofaune comme agent régulateur des cycles nutritifs dans les écosystèmes. La minéralisation de l'azote, par exemple, peut être accélérée considérablement par la pédofaune bactériovore, fongivore ou carnivore. Le cycle d'autres éléments, comme S, P, Na, K, Ca et Mg, sont également influencés par la pédofaune, mais dans une moindre mesure que celui de N. Les pluies acides et la fertilisation azotée peuvent réduire les communautés telluriques. La pédofaune constituerait un médium de fragmentation et de digestion des feuilles et des litières et de mise en circulation ou en réserve de nombreux éléments.

La section II traite des relations fonctionnelles entre les organismes telluriques. L'hypothèse de base est que, malgré une grande diversité des taxons microbiens et une biomasse microbienne très élevée par rapport aux groupes fauniques, l'importance de ces derniers est plus grande que ne le laisse voir leur biomasse. En effet, l'activité faunique modifie l'environnement physique, chimique et biologique des substrats et disperse la microflore. La rhizosphère est le lieu privilégié des études fonctionnelles menées particulièrement sur les interactions entre organismes pathogènes et symbiotiques.

Dans la section III, Vannier introduit un nouveau champ d'activité en pédozoologie : l'écophysologie, science qui traite des interactions entre les organismes

et leur environnement. Vannier y définit également la porosphère, milieu intermédiaire entre les conditions aquatiques et aériennes. Les principales études éco-physiologiques sont menées sur les transferts gazeux entre l'organisme et son milieu, et surtout sur les transferts d'eau, d'oxygène et de gaz carbonique. Cette jeune science souffre d'un manque de standardisation des méthodes. Toutefois, de nouvelles techniques respirométriques et à marquage radioactif se développent.

La section IV porte sur la capacité de régénération des communautés édaphiques. Cependant, la capacité de destruction, ou impact environnemental, y est également abordée. La majorité des exposés rapportent les résultats de 2 ou 3 ans d'observations. On y traite de l'influence des façons culturales, des pesticides, des radiations, du feu, de la sécheresse et de la ville sur les communautés édaphiques. Un modèle informatisé a été mis au point pour décrire la dynamique des populations de vers de terre en savane africaine. La notion de bioindicateur est introduite en fonction de facteurs écologiques spécifiques et de représentativité des groupes d'animaux.

Selon Berthet, ce colloque est particulièrement innovateur dans ses sections I et III. Les physiologistes ont cherché à sortir du laboratoire, tandis que les écologistes ont mené des expériences reproductibles sur le terrain. Sans doute, il sera difficile de «vendre» la pédozoologie si celle-ci ne franchit pas la barrière entre le microcosme et le champ. Cependant, un petit défaut retient l'attention : les résumés sont de qualité très inégale, parfois en anglais, en français ou en allemand, parfois bilingues, très restreints ou élaborés. Mais, dans le contexte de la pédozoologie, ce colloque est une mise à jour des principaux sujets de recherche.

Léon-Étienne PARENT

Station de recherches
Agriculture Canada
St-Jean-sur-Richelieu

NITECKI, M.H. (édit.), 1983. **Coevolution.** — Univ. of Chicago Press, 5801 S. Ellis Ave., Chicago, Illinois, 392 p., 15 × 22,8 cm. Relié, 30\$ US; couverture souple, 17\$ US.

Cet ouvrage contient neuf essais examinant les processus et conséquences de la coévolution à différents points de vue. Trois articles (van Valen, Levin et Slatkin) sont des études théoriques. Selon van Valen, la coévolution peut comprendre la majeure partie de l'évolution; elle peut se produire lorsqu'il y a interaction directe ou indirecte entre deux unités évolutives. D'après lui, cette interaction peut produire une réponse évolutive dans chaque unité. Levin discute du rôle des modèles génotypiques et phénotypiques et de la coévolution diffuse. Ce chapitre est plus difficile mais plus utile que celui de van Valen, qui était vague et superficiel. Le chapitre de Slatkin concerne les modèles de la coévolution mais le volume édité par Futuyama & Slatkin est plus complet (voir le Naturaliste canadien, 110: 369-370).

Schemske discute des relations fourmis-plante, de la pollinisation et de la dispersion des graines des plantes. Il postule que, dans la recherche à venir, l'écologie et

la génétique doivent s'unir afin de produire une approche quantitative.

L'étude de Tomback sur l'interaction entre les « nut-cracker » (Aves : Corvidae) et le pin (*Pinus*) montre un exemple de coévolution (coadaptation?) dans les zones tempérées plus près de chez nous. Mais comme le titre de ce chapitre l'indique, il est souvent impossible de distinguer la coadaptation de la coévolution.

Trois autres chapitres par Timm, Webb et Olson concernent les interactions hôte-parasite, l'évolution (coévolution?) des ongulés en Amérique du Nord pendant le Miocène et la coévolution des vertébrés comme permettent de le constater les caractères dont la variation est transmissible.

Glynn a écrit un long chapitre sur les interactions entre les crustacés et les récifs coralliens. Sa contribution est peut-être l'étude la plus écologique de l'ouvrage. Il discute de la façon dont plusieurs crabes (*Trapezia* et *Tetralia*) et une crevette (*Alphos*) protègent les coraux de la prédation par *Acanthaster* (étoile de mer). Le niveau d'agressivité des protecteurs varie en fonction de l'importance de la menace aux coraux. Malheureusement l'espace disponible ici ne permet pas de décrire ce chapitre comme il le mériterait. Je suis d'accord avec Olson lorsqu'il dit qu'on peut inférer la coévolution mais que les données ne sont pas assez pertinentes ou précises pour tester les hypothèses de coévolution. Ce commentaire s'applique à l'ensemble de ce livre.

En résumé, je ne suis pas particulièrement impressionné par ce volume. Celui de Futuyama & Slatkin est meilleur. L'ouvrage édité par Nitecki me laisse l'impression que la notion de coévolution est plutôt un « buzz word » qui peut être utile pour épater ceux qui lisent les demandes de subventions.

Gérard F. FITZGERALD

Département de biologie
Université Laval

TRELAWNY, J.G., 1983. **Wildflowers of the Yukon and northwestern Canada. Including adjacent Alaska.** — Gray's Publishing Limited, Sidney, British Columbia, 214 p., 14 × 21,5 cm. Couverture souple, 19,95\$.

It is a pleasure to have available a popular illustrated wildflower guide for the Yukon and adjacent areas. As yet, no single comprehensive technical work has been completed for this remote, but floristically interesting part of Canada, although most of the species are included in the floras for Alaska and the Northwest Territories.

Wildflowers of the Yukon is similar to many of the better illustrated guides that have been produced for some of the more southern floristic zones in Canada and the United States. Its compact size (14 × 21.5 cm), durable, soft, glossy cover, quality paper, and generally good photographs make it suitable as a field companion for travellers.

The booklet includes a brief introduction that touches mainly on the arrangement of the contents, style, readership for which it was intended, and area of coverage.

The value of the guide would have been enhanced, however, by some additional introductory comments dealing with general features of the region and its floristic diversity. The user is given no basic information on the size of the Yukon flora (about 1150 species), nor is the actual number of included species mentioned (333 main entries). A map of the area of coverage is included followed by the main subject, the common wildflowers. These are arranged by families in the traditional Englerian sequence that is followed in many floras and herbaria.

Usually two species are treated per page. A colour photograph generally illustrating the plant habit is occasionally supplemented with a close-up of flowers or fruits. The text is written in a very readable style. It includes a brief description, habitat information, range, and frequently comments on the edibility or medicinal and toxic properties of the plants. A comparison is at times also made with similar species, or additional species not illustrated are briefly characterized. Both common and scientific names are given for each species. The author has used updated nomenclature throughout; where more recent binomials are used, the earlier, and perhaps better known name, is also given as a synonym to avoid possible confusion. On occasion, an older name, reflecting a more traditional generic concept, is used (e.g., *Pyrola secunda*), but in deference to those wishing to recognize the more currently held taxonomic opinion in this group, the appropriate synonym is also given (*Orthilia secunda*).

Completing the guide is an illustrated glossary that serves as an aid to those not familiar with some of the terminology that must be used to maintain brevity in a work of this kind. To make this booklet more serviceable as a field guide, the author provides a key based on the grouping of the species into six colour categories that are further subdivided into a maximum of eight morphological units of flower form. These are, however, not referred to elsewhere in the work. A bibliography and index complete the field guide.

This wildflower guide is visually pleasing and has, for the most part, photographs of high quality. It is unfortunate, however, in a guide whose practical value is based, at least in part, on flower colour, that the colour separations are not uniformly consistent. The shift in yellow to varying shades of orange is particularly noticeable and misleading in the numerous yellow-flowered species of *Potentilla*. A novice attempting to use the colour key guide for identification would be confused by the colour discrepancy in many of the photographs. Two species are also incorrectly illustrated. *Sisyrinchium montanum* (p. 8) appears to be represented by a photograph of *S. septentrionale*, judging by the almost white flower colour and shape of the perianth segments. The habit photograph for *Pyrola asarifolia* (p. 103) is unfortunately that of *P. minor*; the close-up of an inflorescence on the same page is, correctly, that of *P. asarifolia*.

In general, the author should be commended for his initiative in undertaking to produce this wildflower guide at a time when no technical flora is yet available. It is a worthwhile contribution to the photographic documentation of the flora of this region, one that should stimulate interest in the flora and serve as a handy

home reference source and guide to the common flowering plants.

Erich HABER

*Botany Division,
National Museum of Natural Sciences,
National Museums of Canada,
Ottawa*

IDSO, S.B., 1982. **Carbon dioxide: friend or foe?** —
IBR Press, Tempe, Arizona, 92 p., 14 x 21,5 cm.
Broché, 9,95\$ US.

L'accroissement du gaz carbonique dans l'atmosphère causé par la combustion des produits pétroliers provoque-t-il un réchauffement ou un refroidissement du climat? Que penser des prédictions de catastrophes que l'on fait depuis quelques années (v.g. la fonte des glaces polaires et les inondations qui s'ensuivraient) et que les organisations officielles les plus respectables des États-Unis prennent à leur compte? L'augmentation des concentrations atmosphériques de gaz carbonique comporte-t-elle seulement des effets négatifs?

Voilà autant de questions qu'aborde ce petit livre, rédigé sur un ton très polémique, en réponse aux assertions alarmistes devenues, selon l'auteur, le credo inattaquable de la science américaine officielle (entre autres, la «National Academy of Sciences»). L'auteur, physicien attaché au «U.S. Water Conservation Laboratory» de Phoenix (Arizona) est partie à ce débat depuis la publication dans *Science* en 1980 d'un article percutant intitulé «The climatological significance of a doubling of earth's atmospheric carbon dioxide concentration» (207: 1462-1463). Il entend ici démontrer que le doublement de la teneur en gaz carbonique atmosphérique (pour l'an 2025?) ne conduira pas forcément, comme on le prétend, à une augmentation de 2 à 4°C de la température moyenne de l'air. Cette prédiction pessimiste qui a rapidement pris valeur d'aphorisme découle des modèles climatiques courants qui souffriraient de nombreuses faiblesses, notamment (1) leur incapacité de prendre sérieusement en charge un système complexe garni de processus non-linéaires, (2) une ignorance quasi complète du rôle interactif possible des nuages, (3) l'incapacité de coupler les modèles atmosphériques à des modèles océanographiques réa-

listes qui tiennent compte quantitativement des mécanismes de mélange vertical et des interactions entre la formation des glaces marines et celle des masses d'eau profondes.

Dans un deuxième temps, S.B. Idso explique comment, selon lui, les « establishment climate modelers » réussissent « to create a false sense of security in their ability to mathematically reproduce reality ». Il y dénonce le procédé de « vérité par association », particulièrement dans les titres des articles scientifiques qui en disent plus et le disent plus fermement que les faits et les conclusions de ces articles. Cette démonstration n'est pas à mon sens particulièrement convaincante. L'auteur retient davantage notre attention quand il signale la difficulté qu'ont souvent les modélisateurs professionnels à retourner au monde réel et leur manque trop fréquent d'humilité face aux faits. L'exposé des *faits* est ici très efficace; le texte est précis et les graphiques présentés sont très éloquents. Il s'agit là, à mon sens, de la partie la plus intéressante de ce qui n'aurait autrement constitué qu'un document pamphlétaire. Le chapitre portant sur les bénéfices d'un enrichissement en gaz carbonique atmosphérique pour l'agriculture a l'avantage d'apporter dans ce débat des éléments que la dramatisation habituelle a tendance à mettre dans l'ombre, sinon à carrément oublier. Les références bibliographiques et les notes placées à la fin de chacun des chapitres peuvent être fort utiles aux lecteurs qui n'auraient pas suivi, dans les périodiques, les différentes phases de la controverse.

Un réquisitoire aussi fougueux que celui de S.B. Idso contre un certain dogmatisme et la science officielle (l'auteur parle de « science by decree ») est un acte intellectuellement et scientifiquement sain. Le fla-fla récent à Washington autour de cette question (v.g. rapport de l'Agence de protection de l'environnement, octobre 1983) n'était pas sans faire penser que de sombres présages à l'échelle cosmique peuvent distraire, au moins momentanément, des problèmes bien réels et plus triviaux des précipitations acides? La science serait alors au service de qui?

Guy LACROIX

*Département de biologie
Université Laval*

LIVRES REÇUS

BARBAULT, R., 1983. **Écologie générale**. — Masson, Paris, 224 p., 13,5 x 21 cm. Broché.

Manuel d'écologie générale destiné aux étudiants de premier cycle de biologie aussi bien qu'au public intéressé à une initiation aux grands principes de l'écologie. Il comprend cinq parties: organisation générale de la biosphère, la population comme pièce élémentaire des systèmes écologiques, les coactions interspécifiques, la structure et le fonctionnement des écosystèmes et l'homme dans la biosphère. Ce livre se termine par une bibliographie générale de près de 250 titres et par un index général. Malgré sa taille réduite, cet ouvrage n'en compte pas moins 108 figures.-G.L.

GOENFLOT, R., 1983. **Biologie végétale. Plantes supérieures. 2. Appareil reproducteur**. — Masson, Paris, 240 p., 13,5 cm x 21 cm. Couverture souple.

Le second volume de cet abrégé de biologie végétale est consacré à l'appareil reproducteur des cormophytes. Il comporte 12 chapitres couvrant les divers aspects de la reproduction dont, notamment, l'organisation et le développement de la fleur des angiospermes, la biologie de la reproduction et la dissémination des espèces. Des classifications et idées phylogéniques différentes sont également présentées afin de sensibiliser le lecteur aux difficultés rencontrées par le botaniste. — C.B.

LOCQUIN, M., 1984. **Mycologie générale et structurale**. — Masson, Paris, 551 p., 16 x 24 cm. Relié, 480 FF.

Traité de mycologie portant sur les méthodes taxonomiques (nomenclature, analyses multivariées, classification), de l'évolution des champignons dans les temps fossilifères, de l'écologie des champignons, des techniques mathématiques d'étude de la morphogénèse, des techniques de laboratoire (étude des constituants fongiques, microanalyse électronique, microscopie photonique, méthodes génétiques et biochimiques) et de la différenciation fongique. L'auteur présente également de l'information sur les odeurs des champignons, l'aéromycologie, les allergies et les hallucinogènes. L'ouvrage comporte 53 figures, un index des noms latins et triviaux des taxons cités et un index général. L'index bibliographique est cependant sélectif. — G.L.

LUOMA, S.N., 1984. **Introduction to environmental issues**. — Macmillan Publishing Company, New York, 548 p., 21 x 24 cm. Relié.

Comme l'indique l'auteur dans sa préface, il s'agit d'un livre écrit pour les débutants dans le domaine des sciences de l'environnement. Il vise à les aider à comprendre et à analyser, à l'aide d'une information scientifique appropriée, les grands problèmes environnementaux. Après avoir présenté dans quatre chapitres ce qu'il considère comme la cause de ces problèmes, la croissance de la population humaine et le développement économique en étant les principaux

ingrédients, l'auteur discute dans les huit chapitres suivants des changements que les humains apportent à la biosphère (v.g. la dégradation des habitats, la contamination par les déchets toxiques, la pollution de l'air, etc.). La question des ressources occupe les huit derniers chapitres. On y présente les caractéristiques de l'agriculture moderne. L'on s'interroge sur les inadéquations entre l'offre et la demande d'aliments, sur les ressources des milieux aquatiques (pêches et aquaculture) et sur les principes en cause dans l'exploitation de ses différentes ressources. Les derniers chapitres sont consacrés à l'énergie sous ses différentes formes: pétrole et gaz, énergie nucléaire, hydro-électricité, énergie géothermique et biomasse.

Chacun des chapitres comporte un résumé, un questionnaire et des suggestions de lecture. — G.L.

MAYO, O., 1983. **Natural selection and its constraints**. — Academic Press, London, 145 p., 15,5 x 23,5 cm. Relié, 19,50\$ US.

Cet ouvrage est constitué de 11 courts chapitres traitant de l'évolution et de la sélection naturelle. L'auteur se demande quelle proportion des changements évolutifs peut être expliquée mieux par la sélection naturelle que par d'autres mécanismes. Il examine les circonstances qui pourraient rendre plus ou moins efficaces les processus de sélection naturelle et cherche à définir dans quelles limites la sélection naturelle est en mesure d'agir. Il s'agit donc d'un essai critique sur la sélection naturelle, à inclure dans le dossier toujours extensible de la théorie de l'évolution. Bien que la chose ne soit pas précisée, les sujets de discussion — sous forme de questions — présentés à la fin de chacun des chapitres donnent à ce livre les traits d'un outil de réflexion destiné aux étudiants de deuxième et troisième cycles. — G.L.

NITECKI, M. H. (édit.), 1984. **Extinctions**. — University of Chicago Press, Chicago, 354 p., 15 x 23 cm. Broché, 16\$ US.

Ouvrage collectif comprenant huit analyses ayant trait aux mortalités massives à différentes échelles, depuis les mortalités massives causées par les changements climatiques jusqu'aux spectaculaires extinctions d'espèces illustrées de façon classique par la disparition des dinosaures. Après un chapitre de caractère plus général sur la disparition de certaines espèces (D.M. Raup), A.H. Knoll traite de l'extinction de plantes vasculaires, S.M. Stanley des mortalités de masse en milieu marin, A. Walker de l'extinction au cours de l'évolution des hominidés, Paul S. Marin des «catastrophes» du Pléistocène, J. M. Diamond des éliminations plus graduelles en contexte insulaire (v.g. populations d'oiseaux éliminées en l'absence de changement écologique important) et B. D. Patterson du cas plus particulier des mammifères du sud des Rocheuses. Un dernier chapitre rédigé par T.E. Lovejoy et des collègues traite de la dégradation de l'écosystème dans la forêt amazonienne. Ces différents travaux découlent du «Field Museum

Spring Systematics Symposium», tenu à Chicago les 13-14 mai 1983. — G.L.

OLIVER, D.R., & M.E. ROUSSEL, 1983. **The insects and arachnids of Canada**. Part II. The genera of larval midges of Canada. Diptera: Chironomidae. — Agriculture Canada, Publication no. 1746, 263 p., 15 x 23 cm. Couverture souple, 11.95\$

Onzième d'une série consacrée aux insectes et araignées du Canada, cette publication porte sur la systématique des larves de chironomides. Les premières sections traitent de la classification, de la distribution géographique et de la biologie des chironomides. Les sections subséquentes comportent les clés d'identification (rédigées en français et en anglais) du dernier stade larvaire de 123 des 133 genres présents au Canada. On y trouve une brève description de la distribution et de l'habitat de chacun des genres décrits. L'ouvrage compte au-delà de 450 microphotographies, un glossaire et une liste de références. — C.B.

RAGOTZKIE, R.A. (édit.), 1983. **Man and the marine environment**. — CRC Press Inc., Boca Raton, Florida (U.S.A.), 180 p., 18 x 26 cm. Relié, 76\$

Le titre de cet ouvrage peut induire en erreur. Il ne s'agit pas d'une étude de nature écologique comme on serait porté à le penser, mais d'un regroupement très hétéroclite de chapitres ayant trait à l'activité humaine en milieu maritime, avec, sans doute en prime, une petite monographie sur les Grands Lacs, présentés comme un «microcosm of the world ocean» (chapitre 9), présumément complément de cet autre chapitre portant sur la navigation dans les Grands Lacs (chapitre 3). Les autres chapitres touchent à l'activité récréative en milieu maritime, à l'ethnologie des peuples pêcheurs, aux travaux sur la mer et sous sa surface (plongée commerciale, industrielle et scientifique), aux modifications naturelles et artificielles du littoral, aux problèmes d'aménagement des côtes américaines et à la législation américaine en ce domaine. — G.L.

ROBERTS, J.R. (édit.), 1984. **2, 4-D: quelques questions actuelles**. — Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Conseil national de recherches du Canada, Publication no 20648, 106 p., 21 x 27 cm. Broché, 5\$

Étude portant sur (1) la relation entre des effets nocifs sur la reproduction et les dioxines contaminant le 2,4-D, (2) les causes des troubles neurologiques signalés chez les travailleurs exposés au 2,4-D, (3) l'exposition de la population à la suite de l'épandage

aérien du 2,4-D et (4) l'importance de la relation entre l'exposition au 2,4-D et la maladie.

Dans le modèle ici utilisé pour simuler l'épandage de préparations au 2,4-D, on a retenu les facteurs d'exposition suivants: la voie d'exposition, les techniques d'épandage, les conditions météorologiques et l'importance de la dérive. Le modèle a permis de constater que les expositions subies par les personnes qui ne se trouvent pas directement sur les lieux d'épandage sont plus faibles pour le 2,4-D que pour l'aminocarbe. — G.L.

TAUB, F.B. (édit.). 1984. **Lakes and reservoirs**. — Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 643 p., 19,5 x 26,5 cm. Relié, 200\$ US.

Il était dans l'ordre des choses que la collection «Ecosystems of the world» consacre l'un de ses plus importants ouvrages des onze publiés jusqu'à présent au vaste domaine des lacs et réservoirs. Ces systèmes sont très nombreux, très diversifiés et présents dans la plupart des régions du monde. Outre l'introduction de F.B. Taub, l'ouvrage comporte trois chapitres de notions fondamentales. Le premier qu'a rédigé F.B. Taub elle-même traite des processus physiques, chimiques et biologiques; le second, des modèles mathématiques (G.T. Orlob) et le troisième de limnologie polaire (J.E. Hobbie). Dix-huit chapitres traitent de limnologie régionale (lacs suédois, britanniques, japonais, africains, australiens, canadiens, etc.). Un chapitre aborde la question de la restauration des lacs dégradés par les processus d'eutrophisation.

Chacun des chapitres comporte ses références bibliographiques. On trouve de plus, à la fin du volume, un index des auteurs cités, un index taxonomique et un index général. — G.L.

WAREING, P.E. & H. SMITH, 1983. **Photoperception by plants**. — The Royal Society of London, 190 p., 21 x 29,5 cm. Broché, 29,35 livres sterling. (D'abord publié dans Phil. Trans. R. Soc., B303: 345-536).

Fruit d'une réunion organisée en mars 1983 par la «Royal Society» sur la photoperception chez les plantes, les quatorze articles réunis dans cet ouvrage font le point sur ce sujet complexe et en plein développement de la physiologie végétale. Certains chapitres (v.g. sur les mouvements induits par la lumière, la perception de l'ombre, les contrôles photiques de la croissance) sont de nature à intéresser les écophysiologistes et les écologistes des plantes désireux de connaître quelques-uns des mécanismes fondamentaux en cause dans les phénomènes qu'ils observent au cours de leurs propres travaux. — G.L.

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

Le *Naturaliste canadien* (*Revue d'écologie et de systématique*) publie des articles inédits, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche en écologie fondamentale et appliquée, en systématique et dans certains domaines apparentés. Tout manuscrit soumis est l'objet d'une évaluation externe par des pairs.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à double interligne sur le recto de feuilles de 21,5 × 28 cm, seront expédiés en quatre exemplaires à l'adresse suivante: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

Les éléments du manuscrit sont les suivants: (1) le titre, le nom de l'auteur, le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur; (2) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces; (3) un résumé français et un résumé anglais; (4) le texte; (5) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains) et les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes).

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant: résumé, *abstract*, introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes: (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italique; (2) les notes inframarginales doivent être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement; (3) pour les unités de mesure, on doit utiliser le SI (système international d'unités).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles sont indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles sont citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant de la présentation suivante:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidées et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des don-

nées écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 in M. L. Cody & J. M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Les titres des périodiques doivent être abrégés selon «World List of Scientific Periodicals».

ILLUSTRATIONS

Les photographies doivent être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupe, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numérotiser proprement et lisiblement au coin droit. Quatre séries sont requises.

Les dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage doit être fait à l'aide d'un appareil à dessin ou l'équivalent (mais non à la machine à écrire ou par l'imprimante d'un ordinateur). Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 2 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir trois copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12,5 × 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

FRAIS

La revue n'impose aucune charge aux auteurs, mais elle invite ceux qui le peuvent à contribuer aux frais de publication.

Par ailleurs, la Direction de la revue limite ses frais de clichage à trois clichés par article. Les clichés additionnels, les hors-textes, les tableaux démesurés ou trop denses, de même que les corrections d'auteur, sont entièrement à la charge des auteurs.

TIRÉS À PART

La revue offre gracieusement vingt-cinq tirés à part de chaque article.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

EDITORIAL POLICY

Are considered for publication in "*Le Naturaliste canadien*" (Revue d'écologie et de systématique) manuscripts in French or in English, based on *original research* in basic and applied ecology, systematics, and related sciences. Every manuscript will be subjected to normal reviewing process by external referees.

GENERAL PRACTICES

Manuscripts should be typewritten in *double* spacing throughout, on one side of bond paper 21.5 × 28 cm, and submitted *in four copies* to: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

The sequence of material should be: (1) title, author's name, author's affiliation and address; (2) a running head of no more than 60 letters and spaces; (3) a French and an English abstract; (4) the manuscript proper; (5) on separate pages, Tables (numbered consecutively in Roman numerals) and Figure captions (numbered consecutively in Arabic numerals).

MANUSCRIPT DETAILS

The arrangement of the contents should generally be as follows: *Résumé*, Abstract, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References.

In preparing copy please take the following remarks into account: (1) underscore only where italics are intended; (2) footnotes are to be avoided as far as possible, but if they must be used they should be numbered consecutively; (3) SI units should be used.

REFERENCES

Literature references in the text should be by author, followed by year of publication. All papers referred to in the manuscript should be listed alphabetically by first author, according to the following examples:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 *in* M. L. Cody & J.M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Abbreviations for titles of periodicals should follow the "World List of Scientific Periodicals".

ILLUSTRATIONS

Prints of *photographs* should be made on glossy paper with a wide range in tone. They should be cropped, mounted with rubber cement on white cardboard, and clearly numbered at the right corner of each photograph. Four complete sets of photographs must be submitted.

Drawings should be made with black india ink on white drawing paper. All lettering should be made with a lettering system (but no part of it type-written nor computer-printed). All lettering must be sufficiently large to be at least 2 mm on final reproduction. One original and three clean copies of each drawing should be submitted.

Drawings and photographs must be made to a scale allowing reduction to an area not exceeding 12.5 × 20 cm inclusive of captions.

Captions should be typed in paragraph form on a separate page. Each illustration should be clearly labelled on the back, giving the name of the author and the figure number.

CHARGES

There is no systematic page charges, but any contribution toward cost of publication is welcomed.

The first three figures of each paper are free of charge. However, additional Figures, Tables or Figures requiring a fold-out leaf, broad or unusually dense Tables, as well as alterations in proof are fully charged to the author.

REPRINTS

Twenty-five reprints are offered free of charge.

POMERLEAU, R. À propos du nom scientifique de l'orange américaine	329-330
--	---------

REVUE DES LIVRES

J. MORALES & J. DE LA NOÛE Acuicultura marina animal (J. Coll Morales)	331
LACROIX, G. La pêche et les pêcheurs des provinces maritimes du Canada. Contribution à l'étude du sous-développement à l'intérieur d'un pays riche (J. Chaussade)	331-332
PARENT, L.-E. New trends in soil biology (P. Lebrun, H.M. André, A. De Medts, C. Grégoire- Wibo & G. Wauthy)	332
FITZGERALD, G.F. Coevolution (M.H. Nitecki, édit.)	332-333
HABER, E. Wildflowers of the Yukon and northwestern Canada. Including adjacent Alaska (J.G. Trelawny)	333-334
LACROIX, G. Carbon dioxide: friend or foe? (S.B. Idso)	334
LIVRES REÇUS	335-336

Recherches sur la baie d'Hudson et la baie James. — *Naturaliste canadien* (*Revue d'écologie et de systématique*) vol. 109, nos 3-4, 1982. 725 pages, 28\$.

Soixante articles découlant de recherches récentes, dans différentes disciplines sur la baie d'Hudson et la baie James.

Expédier votre chèque ou mandat à :

Le Naturaliste canadien
Revue d'écologie et de systématique
Département de biologie, Pavillon Vachon
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

Scientific studies on Hudson and James Bays. — *Naturaliste canadien* (*Revue d'écologie et de systématique*), vol. 109, nos. 3-4, 1982. 725 pages, \$28.

Sixty papers from recent inter-disciplinary scientific studies on Hudson and James bays.

Send your cheque or money order to :

Le Naturaliste canadien
Revue d'écologie et de systématique
Département de biologie, Pavillon Vachon
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) G1K 7P4

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111

NUMÉRO 3

1984

RILEY, S.C., A.T. BIELAK & G. POWER The Atlantic salmon stock of the Grand Watshishou River (Québec) — a historical perspective	219-228
LEVESQUE, C. & G.-Y. LEVESQUE Abondance relative et activité saisonnière de Leiodidae et Staphylinidae (Coleoptera, Staphyloidea) de biotopes forestiers décidus des Laurentides (Québec)	229-233
EIDT, D.C. & C.A.A. WEAVER The fenitrothion and aminocarb content and the distribution of the aquatic plant <i>Ceratophyllum demersum</i> relative to forest spraying in New Brunswick and Nova Scotia	235-239
GAUTHIER, R. & J.-P. DUCRUC Contribution à la connaissance des sphaignes (<i>Sphagnum</i>) du Québec-Labrador, 1. Première mention du <i>Sphagnum aongstroemii</i> C. Hartm. au Québec	241-244
CAUBOUÉ, M. Exemple d'utilisation de l'analyse en composantes principales et de l'analyse discriminante en phytoécologie	245-261
CAYOUILLE, J. Additions et extensions d'aire dans la flore vasculaire du Nouveau-Québec	263-274
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 2. Tabellarioideae et Diatomoideae (Fragilariales, Fragilariaceae)	275-295
LORTIE, G. & J.-P. GUILBAULT Les diatomées et les foraminifères de sédiments marins post-glaciaires du Bas-Saint-Laurent (Québec): une analyse comparée des assemblages ..	297-310
COMMUNICATIONS BRÈVES	
BOUVRY, M., P. BRASSARD & M.E. RAU <i>Diplostomum spathaceum</i> dans le système nerveux des poissons	311-313
DESHAYE, J. & M. BLONDEAU La présence de <i>Carex rufina</i> Drejer au Québec	315-318
IRELAND, R.R. <i>Anacamptodon splachnoides</i> in Canada	319-320
SABOURIN, A. Mise au point sur <i>Cardamine bulbosa</i> , une crucifère rare au Québec	321-323
CAYOUILLE, R. & J. CAYOUILLE Variations de la coloration des pétales chez le <i>Trillium cernuum</i> L. var. <i>cernuum</i> (Liliaceae)	325-327

(Suite au verso)

(Continued on inside back cover)

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111
NUMÉRO 4
1984



UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

LE NATURALISTE CANADIEN

Revue d'écologie et de systématique

CN ISSN 0028-0798

RÉDACTEUR

GUY LACROIX

RÉDACTEUR-ADJOINT

PIERRE MORISSET

ADMINISTRATEUR

NORBERT LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

CYRILLE BARRETTE, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval*

ANDRÉ BOUCHARD, *Institut botanique, Université de Montréal*

CARL M. BOYD, *Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax*

EDWIN BOURGET, *Département de biologie, Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Département des sciences biologiques, Université de Montréal*

JEAN-MARC DESCHÊNES, *Station de recherches, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec*

FERNAND M. GAUTHIER, *Direction générale de la recherche et de l'enseignement, Ministère de l'Agriculture du Québec*

PIERRE LEGENDRE, *Département de sciences biologiques, Université de Montréal*

WILLIAM C. LEGGETT, *Département de biologie, Université McGill*

JEREMY MCNEIL, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD J. R. PHILOGÈNE, *Département de biologie, Université d'Ottawa*

Publication trimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) publie des articles *inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche en écologie, en systématique et dans certains domaines apparentés. La revue s'intéresse également aux aspects appliqués, notamment dans la perspective des ressources agricoles, forestières et halieutiques du Québec et du Canada oriental et nordique.

LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) est placé sous la responsabilité des doyens de trois facultés de l'Université Laval: Faculté des sciences et de génie, Faculté de foresterie et de géodésie et Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Il est publié grâce à des subventions du Fonds F.C.A.C. du Québec pour l'aide et le soutien à la recherche et du Conseil de la recherche en sciences naturelles et en génie du Canada.

Toute demande concernant les droits de reproduction doit être soumise à: L'Administrateur, LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

Toute correspondance touchant les abonnements doit être adressée aux Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4. L'abonnement annuel est de \$17 (personnel), \$19 (personnel, étranger) et \$34 (collectif, multi-user). Le numéro régulier se vend \$5.

Répertorié dans Biological Abstracts, Asher's
Guide, Botanical Periodicals, RADAR et Périodex

Courrier de la deuxième classe — Enregistrement n° 1768

Dépôt légal — Troisième trimestre 1984. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

URCHIN FEEDING AND MACROALGAL DISTRIBUTION IN NEWFOUNDLAND, EASTERN CANADA

J. H. HIMMELMAN

GIROQ et Département de biologie
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

En laboratoire, l'oursin vert (*Strongylocentrotus droebachiensis*) est très sélectif dans son alimentation et son taux de consommation varie beaucoup, selon l'espèce d'algue et la saison. L'oursin est très abondant dans l'infralittoral rocheux, à Terre-Neuve. Les algues qu'il préfère — espèces à forte croissance et fécondité élevée (type sélectif *r*) — sont en retrait en eau moins profonde, où l'action des vagues empêche le broutage. La frange des algues est petite ou presque absente aux endroits peu exposés, mais très grande aux endroits exposés. Elle est d'ailleurs variable selon la saison. En hiver, elle s'étend aux endroits protégés et atteint de plus grandes profondeurs aux endroits exposés, en raison des faibles taux de consommation de l'oursin, des limites imposées au broutage par les fortes vagues et, probablement aussi, du taux élevé de croissance d'*Alaria* et de *Laminaria*. Les principales algues de la zone à oursins en eau profonde sont les moins recherchées par les oursins (type sélectif *K*), par suite de leur goût peu agréable ou de leur coriacité. L'oursin s'accommode mal des zones sur-broutées quant à la croissance et à la production des gamètes, qui y sont presque nulles. Les oursins qui montent brouter en eau peu profonde s'en tirent mieux, mais à un coût énergétique plus grand et avec des risques de mortalité plus élevés. Il y a peu de recrutement dans la population d'oursins. Malgré une faible production de gamètes, plusieurs adaptations en période de carence leur permettent d'avoir une progéniture tardive lorsque la nourriture redevient disponible.

Abstract

Laboratory studies demonstrated that the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, is highly selective in its choice of algal foods. Further, when given an excess of one alga, its consumption rate varies greatly depending on the algal species and on the season. In the rocky subtidal zone in Newfoundland, urchins are usually very abundant and the preferred algae, which are the more *r*-selected species (with higher growth and fecundity rates) are largely restricted to a refuge in shallow water where wave action impedes urchin grazing. The width of this subtidal refuge is greatest in exposed locations and small or nil in moderately exposed to protected areas. It also varies seasonally. In the winter, it extends to more protected locations and to greater depths in exposed locations. This extension is favoured by the urchin's low winter consumption rates, the limitation of urchin grazing by frequent heavy wave conditions, and probably by an accelerated algal growth rate (*Alaria*, *Laminaria*). The fringe is subsequently reduced by urchin grazing during the spring and summer. The main algae in the deeper urchin-dominated zone are the non-preferred, *K*-selected species, which escape urchin grazing due to their unpalatability or to their grazing resistant (calcareous) structure. The fitness of urchins in overgrazed barrens is very low, their rates of growth and gamete production being almost nil. Urchins moving up to graze in shallow water have increased fitness but encounter greater energetic costs and greater risks of mortality. Urchin recruitment is infrequent and their numerous adaptations for surviving (although without producing gametes) through periods of food shortage may permit them to produce offspring at a later time when food becomes available.

Introduction

Sea urchins have a pervasive influence on the structure of shallow water marine communities (Propp, 1966; Lawrence, 1975; Foreman, 1977; Glynn *et al.*, 1979; Pearse & Hines, 1979; Hay, 1981; Breen *et al.*, 1982; Sammarco, 1982). Indeed, this is the case in eastern Canada where over extensive areas of coastline, the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, occurs at densities greater than 100-m^{-2} and algal abundance is very low (Himmelman, 1969; Wharton & Mann, 1981; Himmelman *et al.*, 1983b). Experimental studies by Breen & Mann (1976) in Nova Scotia and by Himmelman *et al.* (1983a) in Québec have shown that when urchins are removed the community rapidly becomes dominated by algae. Thus, the negative relationship between general algal abundance and urchin abundance is well documented. However, there is little precise understanding of how urchin grazing affects different types of algae. For example, are different algae equally susceptible to urchin attacks or are some species either less desirable or less available as urchin foods? There is also little known about dynamic relationships between urchins and algae related to seasonal biological cycles of the two and to changes in physical conditions.

In the present paper, I describe the general distribution of macroalgae in the shallow water zone in eastern Newfoundland in relation to the distribution of sea urchins. Also, laboratory observations on various aspects of urchin feeding, including food preferences, consumption rates on different algae, and seasonal variations in feeding, are reported. These data, together with observations on urchin grazing in the field, are used to discuss: (1) the effect of urchin grazing in the field, (2) the strategies used by various algal species to limit urchin grazing, and (3) the adaptations of urchin populations to the severe food shortages brought about by their intensive grazing.

Methods

Qualitative observations using SCUBA were made on the distribution of macroalgae and urchins at 17 locations along the west coast of Newfoundland (Port au Port Peninsula to Flowers Cove) and at 22 locations along the south coast (St. Mary's Bay to Port aux Basques) during the summer of 1967. Emphasis was placed on the occurrence and depth distribution of algal beds and of urchin-dominated areas lacking algae. In addition, during 1968 and 1969, detailed observations were made on seasonal changes in algal distribution and of urchin aggregations at certain

locations on the Avalon Peninsula, particularly at Logy Bay, Portugal Cove and Holyrood Bay. Based on these observations, a general model for the distribution of algae and urchins in the rocky coastal zone in relation to depth and wave exposure was developed.

The laboratory observations on urchin food preferences and consumption rates on different algae were made at the Marine Sciences Research Laboratory of Memorial University of Newfoundland using urchins collected at either Logy Bay or Portugal Cove. In the food preference experiments, an equal bulk of 12 different species of algae was placed equidistantly along the edge of large shallow tanks ($170 \times 84 \times 8$ cm) containing urchins and the number of urchins in contact with each alga and the rate of disappearance of the various algae were recorded. One test was made using 110 urchins measuring 20 mm (± 2 mm) in diameter and a second was made using 42 urchins measuring 50 mm.

To obtain the rate at which urchins ingest different algae, a weighed portion of each alga (damp dried) was placed in a tank with urchins of a specific size (± 2 mm). Thus, the consumption rate in the absence of a choice was measured. The amount consumed each day was divided by the number of urchins present to give the g consumed·urchin⁻¹·day⁻¹. Each experiment was run for 7 to 12 days. For urchins measuring 40 to 60 mm in diameter, 5 to 10 urchins were used in each test tank, whereas the number of urchins was increased to 12 to 30 urchins per tank when the consumption rate of smaller urchins was examined. Measurements were made during three different periods in the year, February, May and December, during which the experimental temperatures in the laboratory were close to those of Logy Bay. Detailed information on the experimental set up, temperature and light conditions, numbers of urchins used, and variations in the results are given by Himmelman (1969, p. 34-39, 86-97, Appendices 6 and 7).

Results and discussion

GENERAL DISTRIBUTION OF MACROALGAE AND URCHINS

A general scheme for the distribution of the major benthic species on the rocky shores of Newfoundland in relation to depth and wave exposure is shown in Figure 1. In the intertidal region, there was a distinct zonation pattern resulting from the defined vertical limits of barnacles and furoid algae. Further down there was a distinct shallow water algal fringe with the principal species being *Alaria esculenta*. In exposed locations the *Alaria* zone extended from 1 m or more above

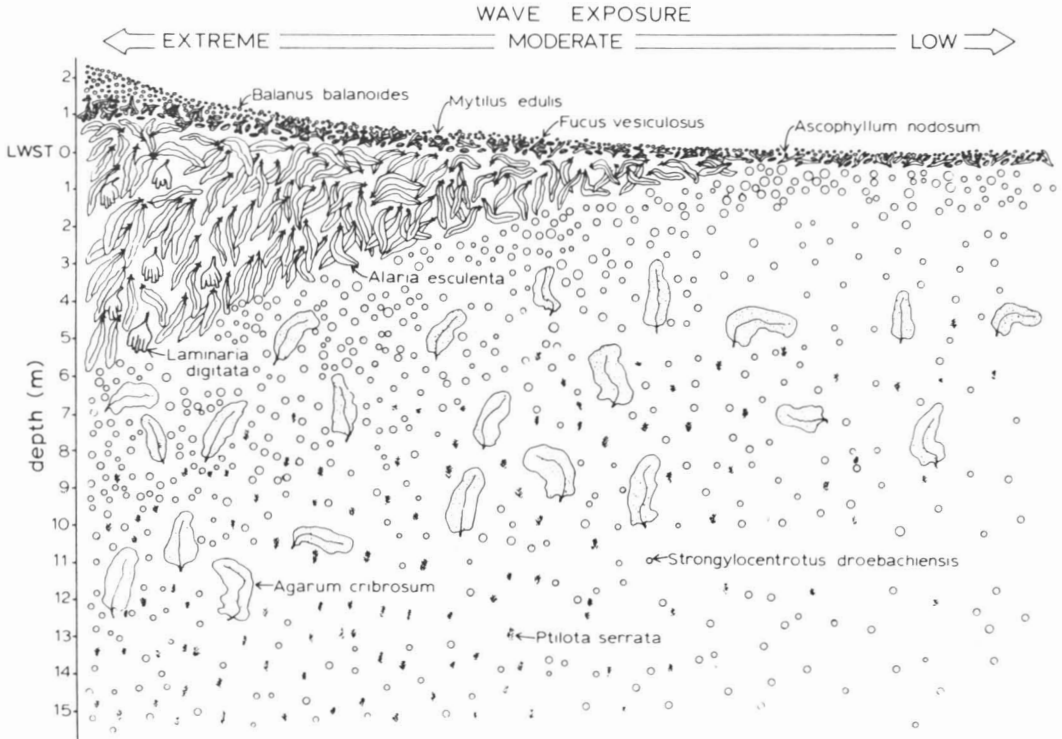


Figure 1. Schematic sketch showing the distribution of the major organisms on rocky shores of Newfoundland in relation to exposure.

lowest water of spring tides (LWST) to a depth of about 6 m (and exceptionally 10 m) below LWST. This zone decreased in width with decreasing wave exposure and was absent in protected areas. The reduction in the width of the *Alaria* zone could also be observed along the sides of small inlets and bays in exposed locations. *Laminaria digitata* was a common constituent of the subtidal algal fringe in exposed locations but it rapidly disappeared as exposure decreased. The red alga, *Halosaccion ramentaceum*, was a characteristic understory species in the upper part of the *Alaria* fringe. Urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*, were rare in the algal fringe and usually restricted to crevices.

Below the subtidal algal fringe and usually extending to the lower limit of rocky substratum, there was a community dominated by urchins. In general, their density and biomass was greatest just below the algal fringe, or near the level of LWST in protected areas where the fringe was absent, and there was a decrease in urchin density, biomass and size with increasing depth. In addition, urchin numbers increased with increasing wave exposure, but smaller urchins become more frequent. Thus, protected locations had low

densities of large urchins and exposed locations very dense populations of mainly small urchins. Detailed data on the abundance and size-structure of urchin populations at Logy Bay, Portugal Cove and Holyrood Bay on the Avalon Peninsula, eastern Newfoundland, representing an exposed, moderately exposed and protected location, respectively, are given by Himmelman (1969). Crustose coralline algae cover most stable rock substrates within the urchin-dominated zone. Smooth crusts of *Clathromorphum* were common in exposed areas and nodular incrustations of *Lithothamnium glaciale* predominate in more protected locations. By contrast, non-calcareous macrophytes were not abundant. The most conspicuous species was *Agarum cribriformum*. It was usually scattered in its distribution but occasionally formed beds. Associated with *Agarum* were a number of small red algae, *Ptilota serrata*, *Phycodrys rubens* and *Callophylis cristata*. *Ptilota* was the most common understory species and in certain situations, as on ridges, it formed dense beds without *Agarum*. The above pattern applied to shores where the substratum was either bedrock, stable boulders, or cobbles and the pattern became interrupted when the predominant substratum was pebbles or sand. The latter types of

substratum became increasingly abundant as exposure decreased.

FOOD PREFERENCE

The food preference experiments demonstrated that urchins select food in a non-random manner. In the test with 20 mm urchins during the first four days of the experiment, large numbers of urchins were grazing on *Petalonia fascia*, *Alaria esculenta* and *Halosaccion ramentaceum* and these algae disappeared rapidly (Table I). *Laminaria longicuris* and *Chorda tomentosa* disappeared on the sixth day. As the preferred algae disappeared, there was an increase in the number of urchins in contact with algae of intermediate preference. Throughout the experiment only a small number of urchins were in contact with *Agarum cribrosum* and *Ptilota serrata* and these algae remained in the tank for several weeks after all other species had been consumed. Similar results were obtained in the experiment using 50 mm urchins (Table II). *Laminaria*, *Alaria*, *Petalonia*, *Chorda* and *Halosaccion* disappeared in the first

4 to 6 days, and *Agarum* was present for two weeks after all other algae had been consumed.

FEEDING RATES ON DIFFERENT SPECIES OF ALGAE

The consumption rates of 10, 30 and 50 mm urchins on eight species of algae presented individually were measured (Fig. 2). The rates for 10 mm urchins are approximations due to the difficulty in measuring the small amount consumed daily. For 30 and 50 mm urchins there were striking differences in the rates at which the various algae were consumed (analysis of variance, $P < 0.001$), and *Laminaria* and *Alaria* were ingested at significantly higher rates than the other algae (Duncan's Multiple Range Test, $\alpha = 0.05$). In the tests with 50 mm urchins, *Ptilota* was consumed at a significantly lower rate than the other algae (Duncan's Test, $\alpha = 0.05$), while in the tests with 30 mm urchins, *Agarum* and *Ptilota* were consumed at significantly lower rates than all the other algae except for *Ascophyllum* and *Fucus* (Duncan's Test, $\alpha = 0.05$). Similar feeding rates are reported by Keats *et al.* (1983) in Newfoundland and Larson

TABLE I
Food preference of urchins measuring 20 mm in test diameter*

	May														June										
	6 ¹	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	21	26	27	29	30	3	5	9	16	19	20	25	26
<i>Petalonia fascia</i>	16	16	16	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Alaria esculenta</i>	14	15	15	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Halosaccion ramentaceum</i>	20	21	21	19	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Laminaria longicuris</i>	8	9	10	11	8	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chorda tomentosa</i>	4	7	13	14	26	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rhodymenia palmata</i>	11	9	9	9	11	11	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chondrus crispus</i>	10	7	2	3	5	12	22	26	27	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ulva sp.</i>	6	8	8	10	8	8	8	15	22	29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Fucus vesiculosus</i>	3	3	4	7	10	13	12	10	9	7	7	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ascophyllum nodosum</i>	8	8	10	8	7	5	5	2	2	4	14	19	13	10	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Agarum cribrosum</i>	8	4	1	0	0	2	0	3	1	3	1	1	4	4	11	7	5	5	5	1	1	—	—	—	—
<i>Ptilota serrata</i>	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	2	1	4	1	0	0	0	2	3	1	1	1	—	—
Urchins not feeding	2	3	1	2	16	28	47	53	48	41	87	79	92	92	93	98	105	105	103	106	109	109	109	110	—

* At the beginning of the experiment, an equal quantity of 12 algal species was placed equidistantly along the edge of a large shallow tank containing 100 urchins, and subsequently a daily record was made of the number of urchins in contact with each alga. The dashes commence when each alga had been completely consumed.

¹ Start.

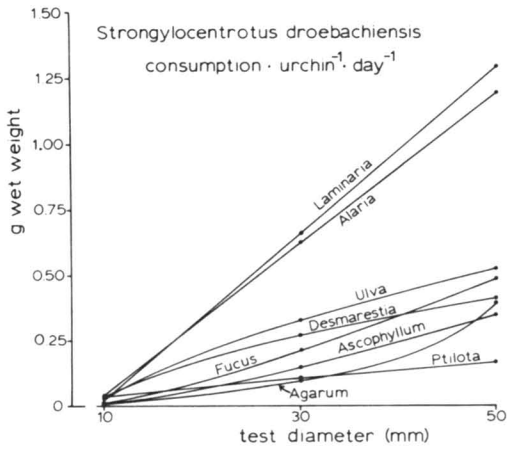


Figure 2. Consumption rates of *Strongylocentrotus droebachiensis*, measuring 10, 30, and 50 mm in test diameter, on *Laminaria longicruris*, *Alaria esculenta*, *Ulva* sp., *Desmarestia viridis*, *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, *Ptilota serrata*, and *Agarum cribrosum* during September.

et al. (1980) in Maine. *Agarum*, *Ptilota* and *Lithothamnium glaciale* were eaten at a very low rate while *Laminaria*, *Saccorhiza dermatodea*, *Desmarestia* spp., *Fucus edentatus* and *Chondrus*

crispus were eaten at a much higher rate. Thus, urchins consume different algae at very different rates even when there is no choice of food available.

SEASONAL RATE OF CONSUMPTION

The urchins' consumption rate, as well as varying with the type of food eaten, showed significant seasonal variations ($P < 0.01$; Fig. 3). There was a sharp increase in the consumption of *Laminaria longicruris* between February and May followed by a decline during the summer. The caloric intake of urchins fed on *Laminaria* shows a similar pattern (Miller & Mann, 1973). From a minimum in February and March, there is a sharp increase to a peak in June and July and then a gradual decline during the summer and autumn. Keats *et al.* (1983) also observed a decline in feeding rates during the late summer and autumn for urchins feeding on *Saccorhiza* and *Desmarestia* but for urchins feeding on *Agarum*, *Ptilota* and *Lithothamnium* the feeding rate was low and showed no seasonal change. Larson *et al.* (1980) further showed a seasonal cycle in the amount which urchins eat, with lowest values in the autumn and winter. Furthermore, they indicate that the difference is the most pronounced

TABLE II

Food preference of urchins measuring 50 mm in test diameter*

	May														June						
	6 ¹	7	8	9	10	11	12	13 ²	14	15	16	20	21	26	27	29	30	3	5	9	
<i>Laminaria longicruris</i>		2	3	1	4	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Alaria esculenta</i>		5	5	3	3	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Petalonia fascia</i>		3	5	6	4	7	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chorda tomentosa</i>		4	4	4	7	3	1	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Halosaccion ramentaceum</i>			5	6	4	4	4	2	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Rhodymenia palmata</i>		2	2	3	4	3	2	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Desmarestia viridis</i>		5	4	5	2	3	3	+	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Chondrus crispus</i>		3	3	3	4	3	4	+	3	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ulva</i> sp.		5	5	6	6	5	11	+	5	2	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Fucus vesiculosus</i>		3	3	4	4	4	5	+	6	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ascophyllum nodosum</i>		3	2	1	0	0	7	+	8	7	7	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Agarum cribrosum</i>		1	0	0	0	0	0	+	0	2	0	0	3	3	2	3	2	1	1	—	—
Urchins not feeding		1	0	2	0	10	7	42	17	26	18	39	37	39	40	39	40	41	41	42	—

* At the beginning of the experiment, an equal quantity of 12 algal species was placed equidistantly along the edge of a large shallow tank containing 42 urchins, and subsequently a daily record was made of the number of urchins in contact with each alga. The dashes commence when each alga had been completely consumed.

¹ Start.

² Water stopped and urchins discontinued feeding.

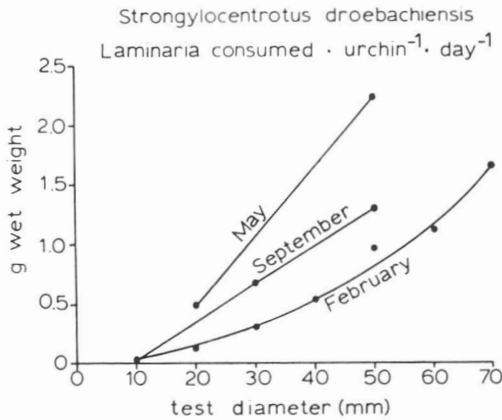


Figure 3. Consumption rate of *Strongylocentrotus droebachiensis* on *Laminaria longicuris* during February, May and September.

for urchins feeding on preferred algae. Field observations in Washington indicate that there is a decrease in the percentage of urchins feeding during the winter (Vadas, 1977). Feeding rates do not appear to be directly related to temperature. For example, in my experiments there was a doubling of the feeding rate between February and May when the experimental temperature changed only from 1.0-1.5°C to 1.3-2.0°C, while in September, when the temperature reached 11-13°C, the feeding rate was reduced. By contrast, the feeding rate of *S. droebachiensis* does appear to be related to its annual reproductive cycle. Spawning occurs during late March or April (Himmelman, 1975, 1978) and thus coincides with a period when consumption increases markedly. The gonads of urchins are enlarging and developing in the late summer and autumn when the consumption rate is decreasing. Fuji (1967) noted a similar inverse relationship between feeding and gonadal development in *Strongylocentrotus intermedius* and for this species spawning and the marked increase in feeding occurred in the autumn. He also noted that small urchins, which are not sexually mature, do not have a seasonal cycle in feeding. The above observations show that for these urchins there is a tight coordination between feeding activity and the reproductive cycle. The spring phytoplankton bloom, the food of urchins' larvae, is the environmental cue for spawning in *S. droebachiensis* (Himmelman, 1975, 1978) and could also be the signal for increased feeding in the spring.

URCHIN GRAZING IN THE FIELD

The great abundance of urchins in the shallow subtidal zone suggested that their grazing could

have a marked impact on the structure of the subtidal community. An estimate of the grazing potential was made using size-frequency data for urchin populations (Himmelman, 1969) and the feeding rates as measured in the laboratory (Figs. 2, 3). In the region just below the *Alaria* fringe in the bedrock areas of Logy Bay and Portugal Cove, urchins could potentially consume about 100 g of *Alaria* or *Laminaria*·m⁻²·day⁻¹ during September. In February, about 60 g of *Laminaria*·m⁻²·day⁻¹ would be consumed and about 160 g·m⁻²·day⁻¹ in May. A rough estimate for the year would be about 110 kg·m⁻². The potential consumption rate would be much lower at greater depths where urchin numbers and sizes are much less. For example at 9 to 12 m on bedrock at Portugal Cove, where there are 110 urchins·m⁻² of which only a third are larger than 20 mm in diameter, approximately 28 g of *Laminaria* or *Alaria* could be consumed·m⁻²·day⁻¹. *Agarum* and *Ptilota* which grow at these depths where urchins are abundant could be consumed at a rate of 5 to 6 g·m⁻²·day⁻¹ but the food preference experiments demonstrated that these would only be eaten when other algae were not present. Once an area was denuded of algae, a very low density of urchins would probably prevent algal colonization. For example, Leighton *et al.* (1966) estimate that for the related urchin, *Strongylocentrotus purpuratus*, which is similar in size to *S. droebachiensis*, a density of 10·m⁻² or greater would prevent the establishment of algae. If the feeding rates in the laboratory are at all indicative of the grazing ability of urchins in the field, the impact of urchin grazing is considerable.

Drift algae

Whenever pieces of macrophytes break away from the intertidal region or subtidal algal fringe and drift to the bottom at greater depths, they are rapidly found and eaten by urchins, primarily individuals larger than 20 mm in test diameter. One commonly finds aggregations of urchins feeding on drift algae especially after stormy periods (pers. observ.; Propp, 1966). On one occasion I anchored a large clump of *Ascophyllum nodosum*, and another of *Fucus vesiculosus* (each weighing approximately 2-3 kg) at 15 m on the *Lithothamnium* encrusted bottom at Portugal Cove. Here there was an urchin density of 200·m⁻², 90% of which were < 20 mm in diameter, and the potential feeding rate of this population based on the September curves (Fig. 2) would be about 11 g of *Ascophyllum* or 14 g of *Fucus*·m⁻²·day⁻¹. After a few days, larger urchins covered this material to the extent that it was barely visible, and after 6 days only fragments of the algae remained. The rate of grazing was much greater than that estimated using the urchin population data for the

area, since large urchins in the vicinity had congregated on the anchored algae. The keen ability of urchins to sense and locate preferred algae was noted in the laboratory. When an urchin was kept in a 20 L aquarium without food it remained stationary most of the time. However, within minutes of placing a piece of *Laminaria* in the aquarium the urchin's podia became active and it began searching for the food, which it usually found within 10-15 min. Kuznetsov (1946) on the basis of gut analyses of urchins from the eastern Murman, states that drift algae, originating from shallow water, become particularly important in the diets of urchins in the autumn and winter.

Wave action and urchin grazing

Potential grazing rates, as estimated from population data and laboratory feeding rates, are probably rarely realized in the field since other factors may interfere with the urchins' feeding activities. The importance of wave action in limiting

grazing was noted while diving. This was vividly demonstrated in the case of *Desmarestia viridis* growing on vertical rock faces at Logy Bay (Fig. 4). It is an annual phaeophyte which becomes established during the winter. It has a very delicate structure which allows it to be washed about by even slight wave action. While during the summer urchins were abundant and relatively evenly distributed on vertical faces from the edge of the *Alaria* fringe to 20 m deep, urchins were notably absent on surfaces touched by *Desmarestia* as it moved about in a rotating fashion with the incoming and outgoing surge. A similar urchin-free area was observed around other algae, for example *Alaria*, *Agarum* and *Desmarestia aculeata*, when they were being moved about by waves. When there were calm periods, the urchins approached such algae and began grazing (Fig. 5). Usually many urchins attack a plant at the same time. As a group they can anchor the alga and prevent further movement of the alga if increases in wave action are only light. Thus, urchins move away when they are being abraded by moving objects, and the movement of algae fronds by wave action deters urchin grazing. Breen & Mann (1976) also noted that large phaeophytes were attacked by groups of urchins and they estimate that an urchin biomass of $2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ or more is necessary before urchins can cause a recession of *Laminaria* beds.

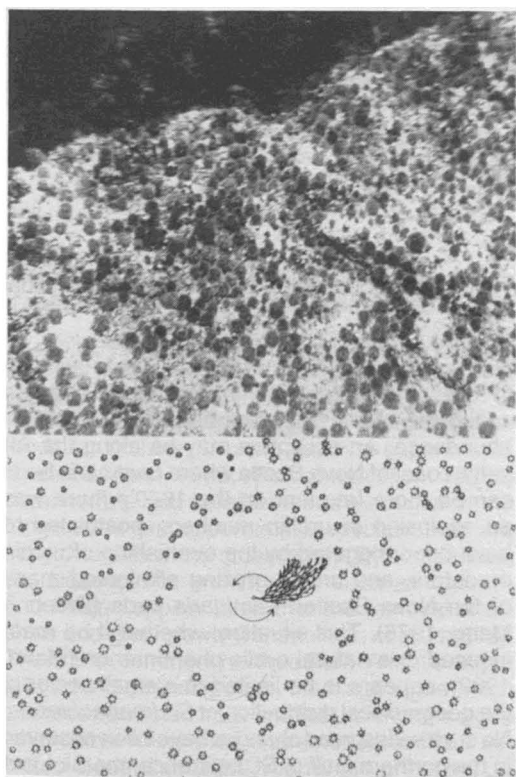


Figure 4. Above: *Strongylocentrotus droebachiensis* on a rock face at 6 m deep at Logy Bay, Newfoundland. Below: Sketch showing the conspicuous absence of urchins in the area touched by *Desmarestia viridis* as it moves about with the incoming and outgoing wave surge.

ANNUAL CHANGES OF THE SUBTIDAL ALARIA FRINGE

A high density of *Alaria* sporelings appeared during the winter of my studies in Newfoundland (1968-1969). In exposed locations the *Alaria* fringe extended to greater depths and into small inlets and channels where it had previously been absent. In more protected locations, where there was no *Alaria* during the previous summer, a shallow zone of *Alaria* was established. Thus, there was a vertical and horizontal increase in the distribution of *Alaria*. The sporelings grew rapidly during February, March, and April. During April, May and June, when there were calm periods, high densities of larger urchins ($> 20 \text{ mm}$) were seen in shallow water feeding on the new *Alaria* plants. There was often a front of urchins, 15-35 cm in width, at the lower edge of the *Alaria* zone (Fig. 6). When there was increased wave activity, the urchins dispersed downwards and the grazing activity was interrupted. By late June, the new growth of *Alaria* had nearly been eliminated in most locations, and at Portugal Cove urchins were grazing in the lower fucoid zone. Older *Alaria* were attacked during the summer (Fig. 7). Their tougher stipes offer some protection against urchin grazing, but on calm days their blades sank to the bottom and were anchored and devoured by groups of urchins.

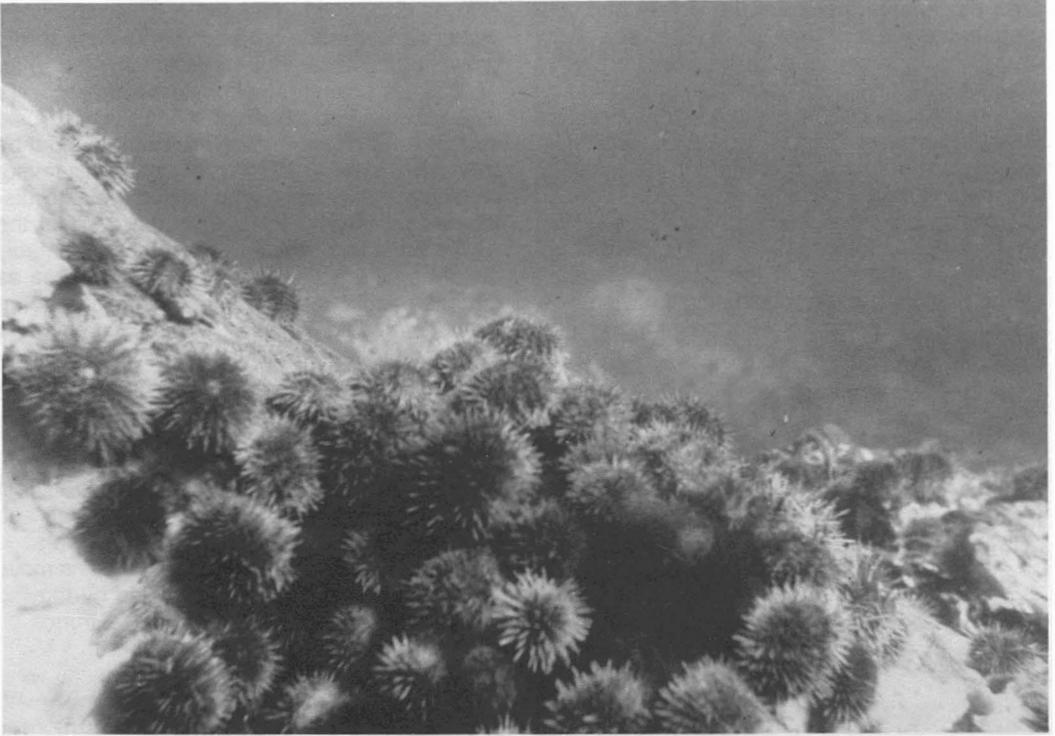


Figure 5. *Strongylocentrotus droebachiensis* grazing on *Desmarestia viridis* at Portugal Cove, Newfoundland, during a calm period in August.

In some instances urchins climbed and grazed on the stipes.

Thus, a vertical and horizontal extension of the *Alaria* zone occurs during the winter when the urchin's consumption rate is the lowest and when urchin feeding is further reduced by the heavy wave conditions (Fig. 8). Buggeln (1974) shows a marked increase in the growth rate of *Alaria* during October and November and its continuation through the winter. These factors favour the extension of the *Alaria* zone during the winter. In March and April, coinciding with the spawning of *S. droebachiensis*, there is a marked increase in urchin feeding (Fig. 8). This combined with the increased frequency of calm conditions, allows urchins to increase their foraging and results in a reduction of the distribution of *Alaria*. A similar type of annual shift in the boundary between the subtidal algal fringe and the urchin-dominated community is also described by Propp (1966) for the eastern Murman. Himmelman *et al.* (1983a) demonstrated that when urchins are removed from shallow water in areas where there is no algal fringe, an *Alaria* zone develops within a 4 to 5 month-period. Thus, urchin grazing determines

the presence of, and the lower limit of, the subtidal fringe.

CO-EVOLUTION OF URCHINS AND ALGAE

Over the majority of the eastern Canadian coastline, urchin grazing strongly limits algal abundance. An exception may be along the Atlantic coast of Nova Scotia where *Laminaria* beds can be more frequent. In the 1970's there was an explosion in urchin numbers, postulated to have been triggered by the overfishing of urchin predators, and urchin grazing eliminated many of the Nova Scotian *Laminaria* beds (Breen & Mann, 1976). This situation, whether it be man-induced or a natural cyclic phenomenon (Mann, 1982), appears to be limited to a small sector of the geographical distribution of *S. droebachiensis*. No such widespread changes have been observed in the northern Gulf of St. Lawrence, the St. Lawrence Estuary or in Newfoundland and Labrador, rather, the urchin-dominated situation prevails and appears to be stable (Himmelman *et al.*, 1983b). If an over-abundance of urchins has prevailed over extensive areas and over long periods of time, urchin grazing has probably been an im-



Figure 6. Grazing front of *Strongylocentrotus droebachiensis* at the lower edge of the zone of young *Alaria esculenta* at Portugal Cove, Newfoundland, in May.

portant selective factor in the evolution of the algae of the northeastern Atlantic region.

There is a striking difference between the algal species characteristic of the subtidal fringe and those of the urchin-dominated zone in respect to their life cycle strategies and their desirability as foods for urchins. Urchins removal experiments (Breen & Mann, 1976; Himmelman *et al.*, 1983b) demonstrate that *Laminaria* and the algae of the fringe zone are opportunistic species: they are early colonists which grow rapidly. By comparison, the algae of the urchin zone, such as *Agarum* and *Ptilota*, appear later after the removal of urchins and grow slowly (Himmelman *et al.*, 1983a). Thus, the common northeastern Atlantic algae fall into two distinct groups: the fringe algae which possess *r*-selected traits and the urchin zone algae which have *K*-selected characteristics. The *r*-selected algae (*Laminaria*, *Alaria*) are preferred urchin foods and urchins when maintained on these algae have high somatic and gonadal growth, whereas the *K*-selected species (*Agarum*, *Ptilota*, *Lithothamnium*) are non-preferred urchin foods which support negligible growth (see Keats *et al.*, 1983 for growth data). Two such groups of algae

are also described by Vadas (1968, 1977) for the northeastern Pacific.

The *r*-selected species escape from grazing in space and time because of their high fecundity and rapid colonization abilities whereas species which are *K*-selected have evolved structural or chemical defences to limit urchin grazing (Vadas, 1977). In eastern Canada, the shallow water zone is an important refuge for *r*-selected algae because here wave action impedes urchin attacks. As I described, the boundary between the algal fringe and the urchin zone is not fixed but fluctuates over the year. The coincidence of peak recruitment and growth for *Alaria* and *Laminaria* and many of the ephemeral species with the period of minimal urchin grazing suggests that urchin grazing has been a selective factor in algal evolution. During the winter when severe wave action, and in some situations ice abrasion, cause urchins to move to greater depths, various *r*-selected algae such as *Alaria*, *Desmarestia* spp., *Chorda tomentosa* and ulvoid algae, often become established in localized areas below the *Alaria* fringe. Sometimes *Alaria* sporelings develop on the blades of *Agarum*. This invasion of the urchin-dominated zone is

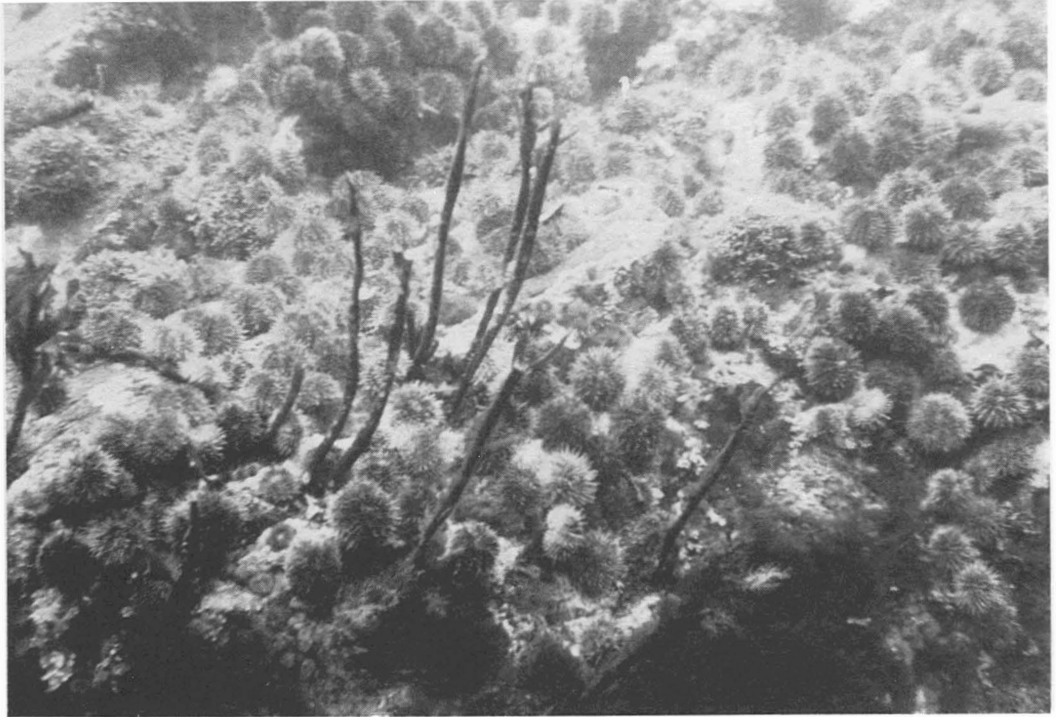


Figure 7. High density of *Strongylocentrotus droebachiensis* (biomass $\approx 3\text{-}4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) at 3 m deep at Portugal Cove, Newfoundland, in September. Older *Alaria esculenta* plants have been eaten except for the grazing resistant stipes, which, nevertheless show grazing scars.

temporary and these algae disappear during the summer.

Crustose coralline algae are particularly abundant in the urchin-dominated zone and are K-selected algae which use structural defence against grazing. Although they are a consistent part of urchin diets (Himmelman & Steele, 1971), their calcareous structure must greatly reduce the rate at which they are eaten. Indeed, Keats *et al.* (1983) observed in the laboratory that *Lithothamnium glaciale* is consumed at a very low rate. Vadas (1977) states that *Agarum cribrosum* typifies plants which produce secondary chemicals against grazing. No such chemicals have been identified, and an alternate explanation is that they, like coralline algae, are structurally difficult to eat. My experiments demonstrated that *Ptilota serrata* is a non-preferred urchin food and Keats *et al.* (1983) show that urchins maintained on a diet of *Ptilota serrata* or *Ptilota rugulosum* cannot support gonadal or somatic growth. Thus, *Ptilota* spp. may also have chemical or physical properties which deter grazing. The presence of other algae, *Phycodrys rubens*, *Callophyllis cristata* and *Turnerella pennyi* in the urchin-dominated zone sug-

gests that they may be further examples of algal species which have evolved defences against grazing.

Vadas (1977) proposes that the urchin's preferential feeding on algae which are rapidly eaten, efficiently absorbed, and support good somatic and gonadal growth enables the urchin to maximize its energy intake and thus obtain the greatest possible fitness. Over the extensive urchin dominated barrens along the eastern Canadian coastline, intensive urchin grazing limits primary production to those slow growing species which are unfavourable urchin foods. Due to the low quantity and quality of food available, the somatic and gonadal growth of the urchin is depressed. Consequently, the fitness of urchins on barrens is low: they can contribute few offspring to future generations. Such populations exhibit strong intraspecific competition. For example, when the numbers of urchins on a barren are greatly reduced, there is a colonization by favourable algal food species and the growth rate of the urchin becomes accelerated (Himmelman *et al.*, 1983b). If in natural communities urchin numbers were lower, permitting the existence of patches of rapidly

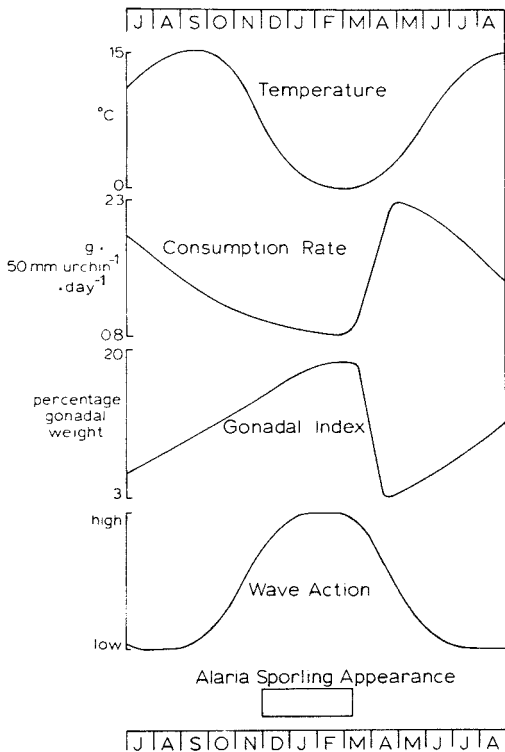


Figure 8. Summary of seasonal changes in factors influencing the feeding of *Strongylocentrotus droebachiensis* and the distribution of *Alaria esculenta*.

growing and more nutritive algae, it is probable that gamete production of urchin populations would be much greater.

S. droebachiensis and other urchins, while not being able to grow or produce gametes when food is scarce have a remarkable ability to survive through long periods. Algae are not the only food source for urchins, since they can directly absorb amino acids from the water column (Pearse & Pearse, 1971) and are reported to be able to capture zooplankton with their pedicelaria (Leighton & Jones, 1968). Further, urchins can conserve energy by reducing their metabolic rate (Johansen & Vadas, 1967). Field observations and gut analyses show that urchins do feed on non-preferred algae when favourable foods are not available (pers. observ.). Successful recruitment of *S. droebachiensis* (Himmelman *et al.*, 1983b) and other urchins (Ebert, 1983) is infrequent, probably due to oceanographic factors, and the entire gamete production of several successive years may be unsuccessful. While Vadas (1977) states that feeding on non-preferred algae contributes nothing to the urchin's fitness, individuals which use non-preferred and alternate food sources to survive

through periods of food shortage will be able to produce offspring when favourable foods become available. Consequently, increased longevity and adaptations for tolerating low food abundance may be necessary adaptations for survival.

Urchins are usually most abundant in shallow water and their abundance usually decreases with depth and distance from the zone of high macroalgal production. Considering how strongly urchins are attracted to their preferred foods, it is probably the abundance of such foods in shallow water that accounts for this region's high concentration of urchins. Proximity to the shallow water algal zone permits a higher growth rate, however, due to the wave turbulence there is a greater risk of mortality. Further, if urchins move into the shallow subtidal and low intertidal zones, they may fall victim to bird predation (Himmelman & Steele, 1971). Ebert (1982) shows that in shallow water urchins produce stronger (thicker) tests and repair spines more often: thus, there is a greater expenditure of energy for maintenance. In spite of these increased risks and costs, urchins which through their chemosensory capacities move to shallow water to forage grow more rapidly and produce larger gonads. They, thus, have a greater chance of producing offspring.

Acknowledgments

I would like to thank Dr. Donald H. Steele for his helpful suggestions and support during the course of this work and Drs. Constance MacFarlane and Robin South for encouraging my interests in algae. The recent analysis was supported by a NSERC grant to J.H.H. Critical reading of the text by Helga Guderley was much appreciated.

References

- BREEN, P.A. & K.H. MANN, 1976. Destructive grazing of kelp by sea urchins in eastern Canada. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 33: 1278-1283.
- BREEN, P.A., T.A. CARSON, J.B. FOSTER & E.A. STEWART, 1982. Changes in subtidal community structure associated with British Columbia sea otter transplants. — *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 7: 13-20.
- BUGGELN, R.G., 1974. Physiological investigations on *Alaria esculenta* (L.) Grev. (Laminariales). I. Elongation of the blade. — *J. Phycol.* 10: 283-288.
- EBERT, T.A., 1982. Longevity, life history, and relative body wall size in sea urchins. — *Ecol. Monogr.*, 52: 353-394.
- EBERT, T.A., 1983. Recruitment in echinoderms. — Pages 169-203 in J. Lawrence & M. Tangoux (eds.). *Echinoderm studies*. A.A. Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- FOREMAN, R.E., 1977. Benthic community modification and recovery following intensive grazing by *Stron-*

- gylocentrotus droebachiensis*. — Helgoländer wiss. Meeresunters., 30: 468-484.
- FUJI, A., 1967. Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz). — Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ., 15: 83-160.
- GLYNN, P. W., G. M. WELLINGTON & C. BIRKELAND, 1979. Coral reef growth in the Galapagos: limitation by sea urchins. — Science, 203: 43-49.
- HAY, M. E., 1981. Herbivory, algal distribution, and the maintenance of between-habitat diversity on a tropical fringing reef. — Am. Nat., 118: 520-540.
- HIMMELMAN, J. H., 1969. Some aspects of the ecology of *Strongylocentrotus droebachiensis* in eastern Newfoundland. — M.Sc. thesis, Memorial Univ., St. John's, Newfoundland, 159 p.
- HIMMELMAN, J. H., 1975. Phytoplankton as a stimulus for spawning in three marine invertebrates. — J. exp. mar. Biol., Ecol., 20: 199-214.
- HIMMELMAN, J. H., 1978. Reproductive cycle of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. — Can. J. Zool., 56: 1828-1836.
- HIMMELMAN, J. H. & D. H. STEELE, 1971. Foods and predators of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Newfoundland waters. — Mar. Biol., 9: 315-322.
- HIMMELMAN, J. H., A. CARDINAL & E. BOURGET, 1983a. Community development following removal of urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis*, from the rocky subtidal zone of the St. Lawrence Estuary, eastern Canada. — Oecologia, 59: 27-39.
- HIMMELMAN, J. H., Y. LAVERGNE, F. AXELSEN, A. CARDINAL & E. BOURGET, 1983b. Sea urchins in the St. Lawrence Estuary: their abundance, size-structure, and suitability for commercial exploitation. — Can. J. Fish. aquat. Sci., 40: 474-486.
- JOHANSEN, K. & R. L. VADAS, 1967. Oxygen uptake and responses to respiratory stress in sea urchins. — Biol. Bull. 132: 16-22.
- KEATS, D. W., D. H. STEELE & G. R. SOUTH, 1983. Food relations and short term aquaculture potential of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in Newfoundland. — Memorial Univ. Mar. Sci. Res. Lab. Tech. Rep. no. 24, 24 p.
- KUZNETZOV, V. V. 1946. Nutrition and growth of herbivorous marine invertebrates in the eastern Murman. — Bull. Acad. Sci. USSR, Biol., 4: 431-452 [in Russian].
- LARSON, B. R., R. L. VADAS & M. KESER, 1980. Feeding and nutritional ecology of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Maine, U.S.A. — Mar. Biol., 59: 49-62.
- LAWRENCE, J. M., 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. — Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev. 13: 213-286.
- LEIGHTON, D. L. & L. G. JONES, 1968. Ecological investigations of sea urchin populations along the Palos Verdes Peninsula. — Pages 39-62 in Annual Report 1967-1968, Kelp Habitat Improvement Project, Calif. Inst. Tech., 123 p.
- LEIGHTON, D. L., L. G. JONES & W. J. NORTH, 1966. Ecological relationships between giant kelp and sea urchins in southern California. — Pages 141-153 in E. G. Young & J. L. McLachlan (eds.). Proceedings of the fifth international seaweed symposium, Halifax, Canada. Pergamon Press, Oxford, 424 p.
- MANN, K. H., 1982. Kelp, sea urchins and predators: a review of strong interactions in rocky subtidal systems in eastern Canada. — Neth. J. Sea Res., 16: 414-423.
- MILLER, R. J. & K. H. MANN, 1973. Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. III. Energy transformations by sea urchins. — Mar. Biol., 18: 99-114.
- PEARSE, J. S. & A. H. HINES, 1979. Expansion of a central California kelp forest following the mass mortality of sea urchins. — Mar. Biol., 51: 83-91.
- PEARSE, J. A. & V. B. PEARSE, 1971. Uptake of label from tritiated and carbon-14 labeled amino acids by juvenile sea urchins (*Strongylocentrotus purpuratus*). — Pages 91-107 in Annual Report 1970-1971, Kelp Habitat Improvement Project, Calif. Inst. Tech., 150 p.
- PROPP, M. V., 1966. Bottom composition of *Laminaria* and *Lithothamnium* in the upper sublittoral of the eastern Murman. In Composition and distribution of plankton and benthos in the southern part of the Barrents Sea. — Akademia Nauk USSR, Murman Marine Biological Institute, 11 (15): 92-114 [in Russian].
- SAMMARCO, P. W., 1982. Echinoid grazing as a structuring force in coral communities: whole reef manipulations. — J. exp. mar. Biol. Ecol., 61: 31-55.
- VADAS, R. L., 1968. The ecology of *Agarum* and the kelp bed community. — Ph.D. thesis, Univ. Washington, Seattle, 282 p.
- VADAS, R. L., 1977. Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins. — Ecol. Monogr., 47: 337-371.
- WHARTON, W. G. & K. H. MANN, 1981. Relationship between destructive grazing by the sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, and the abundance of American lobster, *Homarus americanus*, on the Atlantic coast of Nova Scotia. — Can. J. Fish. aquat. Sci., 38: 1339-1349.

LES DIATOMÉES BENTHIQUES DE SUBSTRATS DURS DES EAUX MARINES ET SAUMÂTRES DU QUÉBEC

3. FRAGILARIOIDEAE (FRAGILARIALES, FRAGILARIACEAE)¹

M. POULIN², L. BÉRARD-TERRIAULT et A. CARDINAL

GIROQ, Département de biologie
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Cet article porte sur la sous-famille des Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae) représentée par les genres *Delphineis* Andrews, *Dimeregramma* Ralfs in Pritchard, *Fragilaria* Lyngbye, *Hannaea* Patrick, *Opephora* Petit, *Rhaphoneis* Ehrenberg, *Thalassionema* Grunow et *Trachysphenia* Petit. La description des 29 taxons est accompagnée de références, d'illustrations en microscopie optique ou en microscopie électronique à balayage, de données biométriques et d'informations sur la répartition régionale. Des nouvelles combinaisons nomenclaturales sont aussi proposées pour cinq taxons de *Fragilaria*.

Abstract

This paper deals with the subfamily Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae) represented by *Delphineis* Andrews, *Dimeregramma* Ralfs in Pritchard, *Fragilaria* Lyngbye, *Hannaea* Patrick, *Opephora* Petit, *Rhaphoneis* Ehrenberg, *Thalassionema* Grunow and *Trachysphenia* Petit. Descriptions of 29 taxa are presented with selected references, illustrations under light or scanning electron microscope, biometric data and regional distributions. New nomenclatural combinations are also proposed for five *Fragilaria* taxa.

Introduction

La sous-famille des Fragilarioideae (Hustedt, 1930) présente un ensemble morphologique relativement homogène, certains caractères précis permettant d'en séparer les différents genres. Toutefois, les genres *Fragilaria* et *Synedra*, fort importants tant par leur abondance que par leur diversité spécifique et leur cosmopolitisme, posent un sérieux problème sur le plan de la systématique.

À l'origine, *Fragilaria* et *Synedra* n'étaient séparés que selon leur habileté ou non à former des filaments. Ce critère n'est toutefois pas suffisant pour permettre la séparation des deux genres si bien que présentement, plusieurs auteurs s'accordent sur la nécessité d'en entreprendre une étude approfondie afin de parvenir

à une classification plus claire (Hustedt, 1931-1959; Patrick & Reimer, 1966; Round, 1979, 1984; Lange-Bertalot, 1980; Hasle & Syvertsen, 1981).

Dans son étude du genre *Synedra*, Round (1979), en accord avec les critères déjà établis, suggère d'ajouter les détails de la bande intercalaire afin de caractériser davantage ce groupe taxonomique. Toutefois, Lange-Bertalot (1980), après avoir étudié un certain nombre de taxons d'eau douce appartenant au genre *Synedra*, en propose le transfert au genre *Fragilaria*. Il justifie ces changements nomenclaturaux au moyen de formes homologues de *Synedra* («Doppelgänger») retrouvées chez *Fragilaria*. En choisissant l'angle morphologique et structural, on peut clarifier ce complexe simplement et avec pertinence. À la suite de l'étude de Lange-Bertalot (1980) et de nos propres observations, nous proposons les nouvelles combinaisons nomenclaturales suivantes: *Fragilaria arctica* (Grunow), *F. camtschatica* (Grunow), *F. camtschatica* var. *finnmarchica* (Cleve et Grunow), *F. pulchella* var. *lanceolata* (O'Meara) et *F. pulchella* var. *macrocephala* (Grunow in Cleve & Grunow).

¹ Contribution au programme du GIROQ (Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec)

² Adresse actuelle: Musée national des sciences naturelles, Division de la botanique, Ottawa (Ontario), K1A 0M8

Matériel et méthodes

Après une première contribution sur les Fragilariales (Poulin *et al.*, 1984b), nous traitons de la dernière sous-famille, les Fragilarioideae, représentée sur les côtes marines et estuariennes du Québec par les genres *Delphineis* Andrews, *Dimeregramma* Ralfs in Pritchard, *Fragilaria* Lyngbye, *Hannaea* Patrick, *Opephora* Petit, *Rhaphoneis* Ehrenberg, *Thalassionema* Grunow et *Trachysphenia* Petit. L'aire géographique échantillonnée (fig. 1) et la méthodologie expérimentale sont explicitées dans Poulin *et al.* (1984a). L'information taxonomique est présentée pour 29 taxons au moyen de descriptions complètes et illustrées. La synonymie a été vérifiée dans VanLandingham (1969, 1971, 1978a, 1978b). L'ensemble des collections et des préparations microscopiques est pour l'instant conservé au laboratoire de A. Cardinal à l'Université Laval. Les abréviations MO et MEB désignent l'emploi des microscopes optique et électronique à balayage.

Taxonomie

Ordre Fragilariales
 Famille Fragilariaceae
 Sous-famille Fragilarioideae

Frustules principalement caractérisés par l'absence de septa et de côtes.

Genre *Delphineis* Andrews

Valves de forme elliptique à linéaire-elliptique. Apex entouré de stries fines. Stries ponctuées et croisées. Absence de champ apical. Présence d'un processus labié situé à chacune des extrémités des valves. Présence de deux pores minuscules situés à chacun des apex (MEB).

Delphineis surirella (Ehrenberg) Andrews
 var. *surirella*
 (fig. 2, 3)

Andrews (1981), p. 83, pl. 1, fig. 1-5, pl. 2, fig. 6, 7. *Rhaphoneis surirella* (Andrews, 1975, p. 212,

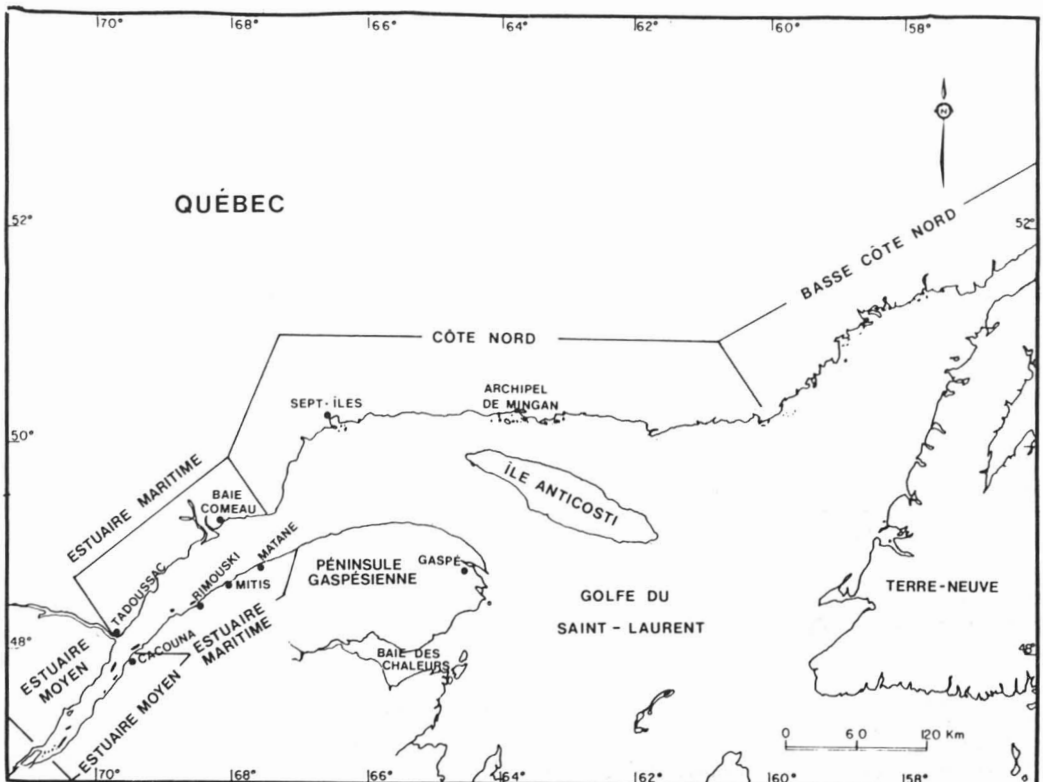


Figure 1. Carte présentant les limites des régions maritimes du Québec.

pl. 3, fig. 35-37; Hustedt, 1931-1959, p. 173, fig. 679a-679c).

Valves de elliptiques-lancéolées à orbiculaires. Apex plutôt largement arrondis. Aire axiale distincte, linéaire et évasée en un espace arrondi ou ovoïde près de l'apex. Stries grossièrement ponctuées, opposées, parfois faiblement alternes, progressivement courbées et radiantes vers les extrémités de la valve. Arrangement des ponctuations selon un patron longitudinal graduellement arqué vers les marges de la valve. Présence d'un anneau marginal constitué d'une ornementation plus fine. Présence d'un processus labié à chacune des extrémités de la valve, disposés diagonalement à l'axe apical.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
8	12-30 µm	8-19 µm	7-9

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive nord; Côte-Nord (très rare).

Genre *Dimeregramma* Ralfs in Pritchard

Valves de linéaires à linéaires-lancéolées. Stries habituellement distinctement ponctuées.

Dimeregramma minor var. *nana*
(Gregory) Van Heurck
(fig. 4)

Hustedt (1931-1959), p. 119, fig. 641. Hendey (1964), p. 156. John (1983), p. 46, pl. 17, fig. 6, 7. *Denticula nana* (Gregory, 1857, p. 495, pl. 10, fig. 34). *Dimeregramma gregoriana* (Grunow, 1862, p. 376, pl. 7, fig. 21-23).

Valves lancéolées. Apex étroitement arrondis. Aire axiale distincte et lancéolée. Stries très finement ponctuées et légèrement radiantes. Ponctuations disposées en rangées longitudinales faiblement arquées. Présence d'un champ apical fortement réfringent à chacun des apex. Processus labié non observé.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
2	19-31 µm	12 µm	12

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Genre *Fragilaria* Lyngbye

Frustules généralement linéaires-lancéolés, réunis en colonies rubanées, en zigzag ou en rosettes. Aire axiale présente sur chacune des valves. Aire centrale présente ou absente. Stries ponctuées ou aréolées. Présence (1 ou 2 par valve) ou absence de processus labié, de champ apical, et d'épines marginales. Regroupe des espèces marines et d'eau douce.

Fragilaria arctica (Grunow) nov. comb.
(fig. 8, 9)

Synedra arctica (Grunow, 1862, p. 401, pl. 8, fig. 3a, 3b).

Valves étroites et linéaires. Apex arrondis. Aire axiale très étroite et rectiligne. Aire centrale très largement développée en un bandeau occupant près de 50% de la surface valvaire. Stries grossièrement ponctuées, parallèles et croisées. Champ apical présent à chacun des apex. Les frustules se présentent surtout en vue cingulaire; nous avons toutefois pu observer la présence de deux processus labiés.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
15	23-69 µm	4-4,5 µm	11-12

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Fragilaria camtschatica (Grunow)
nov. comb. var. *camtschatica*
(fig. 34, 35)

Synedra camtschatica (Grunow, 1862, p. 404, pl. 8, fig. 6; Hustedt, 1931-1959, p. 214, fig. 708a, 708b; Rao & Lewin, 1976, p. 183, fig. 72). *S. kamtschatica* var. *genuina* (Cleve-Euler, 1953, p. 69, fig. 391a).

Valves étroites, allongées et de forme plutôt linéaire-lancéolée. Apex arrondis. Aire axiale large, bien développée et lancéolée. Aire centrale quadrangulaire et dilatée transversalement en un bandeau distinct. Stries courtes et marginales. Processus labié présent à chacun des apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
19	86-298 µm	6,5-8 µm	12-14

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (rare).

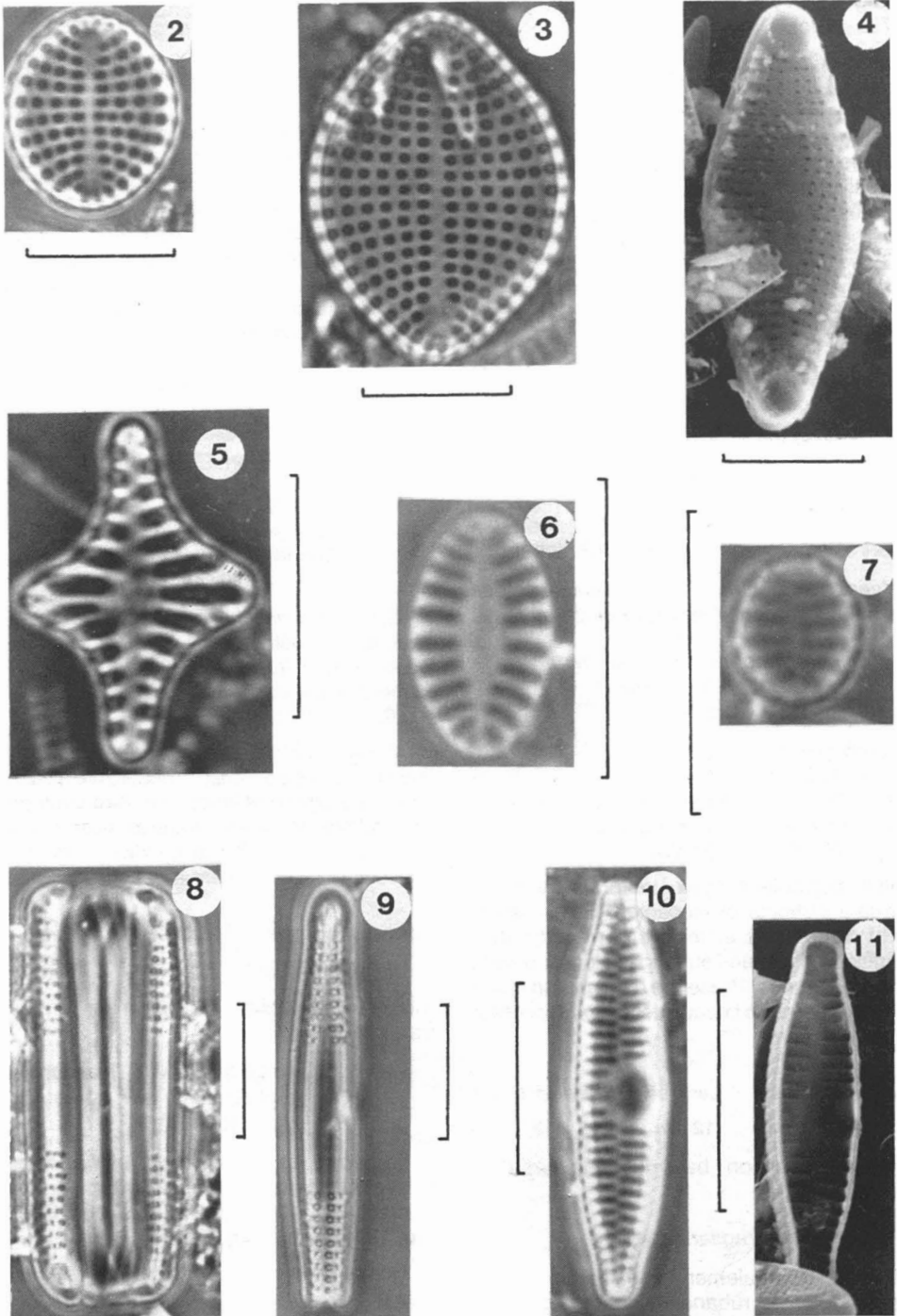
Fragilaria camtschatica var. *finnmarchica*
(Cleve et Grunow) nov. comb.
(fig. 36)

Synedra camtschatica var. *finnmarchica* (Cleve & Grunow, 1880, p. 106, pl. 6, fig. 113; Hustedt, 1931-1959, p. 216, fig. 708c; Rao & Lewin, 1976, p. 183, fig. 73).

Diffère de la variété nominale par une striation plus dense.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
2	152-296 µm	8 µm	16

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; baie des Chaleurs (très rare).



Figures 2-11. Figures 2, 3. *Delphineis surirella*, variations morphologiques. Figure 4. *Dimeregramma minor* var. *nana*, MEB, vue externe. Figure 5. *Fragilaria leptostauron*, vue valvaire. Figure 6. *Fragilaria construens* var. *venter*, vue valvaire. Figure 7. *Fragilaria elliptica*, vue valvaire. Figures 8, 9. *Fragilaria arctica* (fig. 8 vue cingulaire; fig. 9 vue valvaire). Figures 10, 11. *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (fig. 10 vue valvaire; fig. 11 MEB, vue interne). Échelles: 10 μ m.

Fragilaria capucina var. *vaucheriae*
(Kützing) Lange-Bertalot
(fig. 10, 11)

Lange-Bertalot (1980), p. 728, 747, pl. 1, fig. 26-38, pl. 4, fig. 82-94, 97-102, pl. 10, fig. 214, 215, pl. 11, fig. 216-224, pl. 12, fig. 225-233. *Synedra vaucheriae* (Hustedt, 1931-1959, p. 194, fig. 689a-689c). *Fragilaria vaucheriae* (Patrick & Reimer, 1966, p. 120, pl. 3, fig. 14, 15).

Valves petites et plutôt linéaires-lancéolées. Apex généralement rostrés. Aire axiale étroite et linéaire. Aire centrale asymétrique, présente sur un seul côté de la valve. Stries finement ponctuées, de parallèles à légèrement radiantes vers les extrémités et écourtées au centre de la valve. Un processus labié par valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
13	15-22 µm	3-5 µm	12-15

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord (très rare).

Fragilaria construens var. *venter*
(Ehrenberg) Grunow
(fig. 6)

Patrick & Reimer (1966), p. 126, pl. 4, fig. 8.

Valves elliptiques-lancéolées. Aire axiale large et également lancéolée. Stries parallèles au centre, radiantes sur le reste de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
2	8 µm	5 µm	14-15

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord (très rare).

Fragilaria elliptica Schumann
(fig. 7, 12-16)

Haworth (1975), p. 76, fig. 14-21. Rosen & Lowe (1981), p. 293, fig. 1.

Valves de linéaires-elliptiques à orbiculaires. Aire axiale très étroite et linéaire. Stries alternes faiblement radiantes et constituées d'une rangée de fines ponctuations. Présence d'épines marginales aplaties ou spatulées à leurs extrémités. Absence de processus labié et de champ apical.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
24	5-26 µm	3,5-5,5 µm	14-16,5

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; baie des Chaleurs (rare).

Fragilaria famelica (Kützing) Lange-Bertalot
(fig. 17-22)

Lange-Bertalot (1980), p. 734, 749, pl. 5, fig. 135-146, pl. 6, fig. 147-154, pl. 13, fig. 243-

245, pl. 14, fig. 246-257. *Synedra famelica* (Hustedt, 1931-1959, p. 210, fig. 701). *S. minuscula* (Hustedt, 1931-1959, p. 210, fig. 700).

Valves généralement très étroites et linéaires-lancéolées. Apex parfois allongés, légèrement subrostrés ou arrondis. Aire axiale très étroite et linéaire. Aire centrale absente ou présente et asymétrique. Stries très finement ponctuées, légèrement alternes, de parallèles à légèrement radiantes vers les extrémités de la valve. Présence d'un processus labié par valve. Champ apical présent aux deux extrémités.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
36	11-54 µm	2-4 µm	16-26

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Fragilaria fasciculata (Agardh)
Lange-Bertalot var. *fasciculata*
(fig. 23-25, 32, 33, 46)

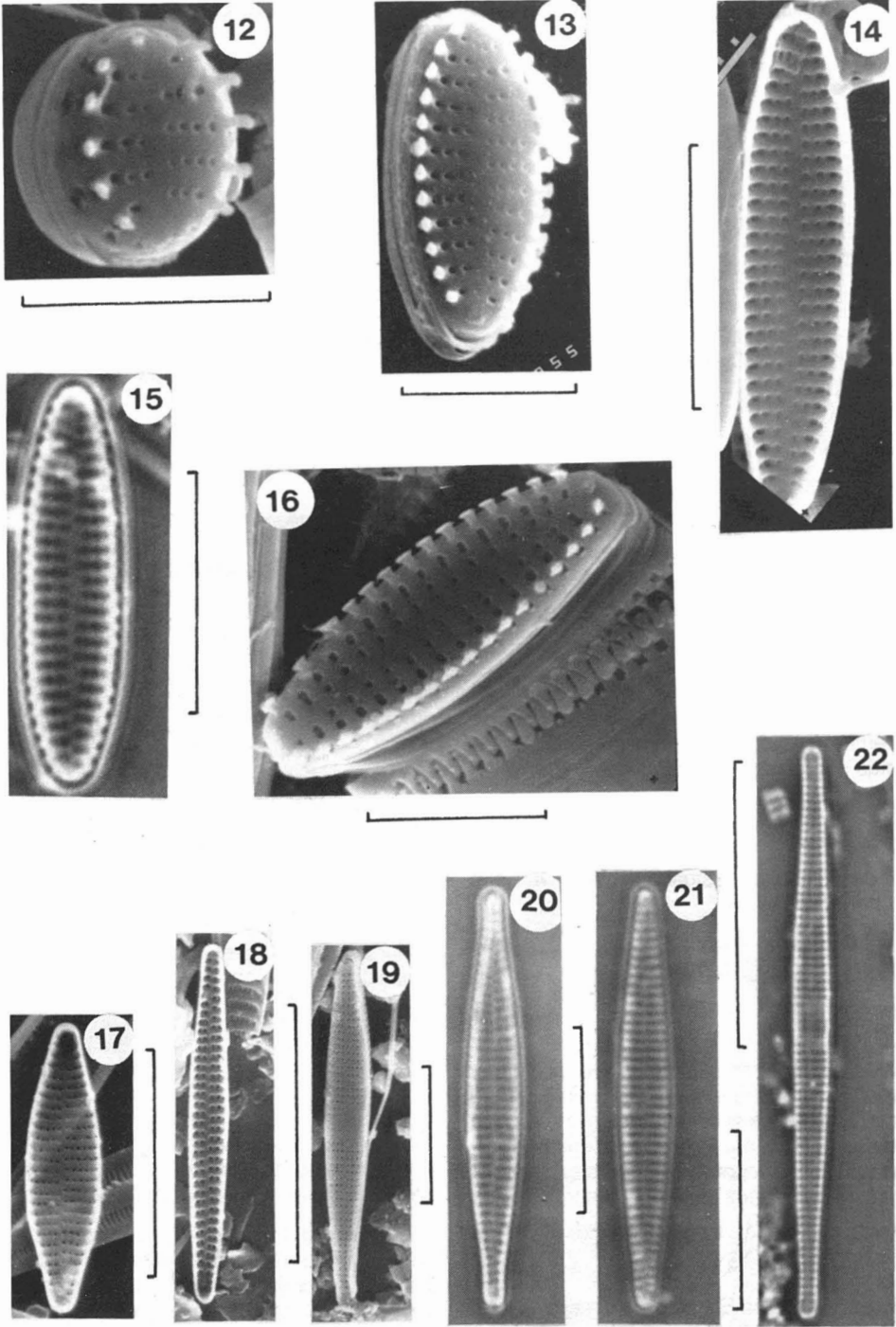
Lange-Bertalot (1980), p. 738, 750, pl. 6, fig. 155-173, pl. 16, fig. 268-276. *Synedra tabulata* (Hustedt, 1931-1959, p. 218, fig. 710a-710d). *S. fasciculata* (Patrick & Reimer, 1966, p. 141, pl. 5, fig. 17, 18; John, 1983, p. 56, pl. 22, fig. 6-14).

Valves linéaires montrant parfois un léger élargissement vers la région centrale. Apex étroitement arrondis ou subrostrés. Aire axiale linéaire-lancéolée et de largeur variable. Absence d'aire centrale. Stries alvéolées, plus ou moins allongées, opposées et parallèles. Présence ou absence de «supports siliceux» (Lange-Bertalot, 1980, p. 738) à l'intérieur des alvéoles. Aire dépourvue de stries à chacune des extrémités. Un ou deux processus labiés par valve. Champ apical présent à chaque extrémité.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
112	40-205 µm	4-9 µm	9-15

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (très commun).

Discussion: Cette espèce qui se rencontre dans une multitude d'habitats présente une forte plasticité morphologique. Plusieurs des caractères importants pour son identification sont très variables: l'étendue de taille des valves est très considérable et la largeur de l'aire axiale peut varier de façon importante. La striation, elle aussi variable, montre à l'occasion une ultrastructure caractéristique (supports siliceux des alvéoles) ainsi qu'une densité qui peut aller du simple au



Figures 12-22. Figures 12-16. *Fragilaria elliptica* (fig. 12, 13, 16 MEB, vue externe; fig. 14 MEB, vue interne; fig. 15 vue valvaire). Figures 17-22. *Fragilaria famelica* (fig. 17, 18 MEB, vue interne; fig. 19 MEB, vue externe; fig. 20-22 vue valvaire). Echelles: 5 µm (fig. 12, 13, 16), 10 µm (fig. 14, 15, 17-22).

double. Le nombre de processus labiés peut être d'un ou deux par valve.

Fragilaria fasciculata var. *parva*
(Kützing) Lange-Bertalot
(fig. 26, 39-45)

Lange-Bertalot (1980), p. 750. *Synedra tabulata* var. *parva* (Hustedt, 1931-1959, p. 219, fig. 710m, 710n).

Valves petites, de forme elliptique-lancéolée à étroitement elliptique. Apex arrondis ou sub-rostrés. Aire axiale lancéolée et de largeur très variable. Absence d'aire centrale. Stries alvéolées, opposées, de parallèles au centre à légèrement radiantes vers les extrémités de la valve. Alvéoles constituées de ponctuations disposées en quinconce et sans supports siliceux. Aire dépourvue de stries à chacune des extrémités. Un seul processus labié situé à une extrémité de la valve. Champ apical présent à chacun des apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
45	9-37 μm	4-6 μm	17-22

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord (rare).

Discussion: Ce taxon se distingue de la var. *fasciculata* et des autres variétés par sa forme, sa taille plus petite, ainsi que par un nombre plus élevé de stries en 10 μm .

Fragilaria fasciculata var. *truncata*
(Greville) Lange-Bertalot
(fig. 27-31, 37, 38)

Lange-Bertalot (1980), p. 751. *Synedra tabulata* var. *fasciculata* (Hustedt, 1931-1959, p. 218, fig. 710i-710j). *S. fasciculata* var. *truncata* (Patrick & Reimer, 1966, p. 142, pl. 5, fig. 16; John, 1983, p. 57, pl. 23, fig. 1-13).

Diffère de la variété nominale par une valve généralement linéaire-lancéolée, des apex tronqués et arrondis et une aire axiale généralement plus étroite.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
57	18-77 μm	4-8 μm	9-13

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (commun).

Discussion: *Fragilaria fasciculata* var. *truncata* pose certains problèmes de distinction avec la variété nominale. Les critères morphologiques ne sont pas suffisamment caractéristiques pour permettre une séparation nette entre ce taxon et la variété nominale: les dimensions des valves

ainsi que le nombre de stries en 10 μm étant équivalents, une grande partie de l'identification repose sur la forme de la valve et des apex qui sont eux aussi variables. De plus, certains spécimens de petite taille sont très semblables à ceux du *F. investiens* (W. Smith) Cleve-Euler. Ce complexe mériterait indéniablement une étude approfondie.

Fragilaria hyalina (Kützing) Grunow
(fig. 51-53)

Sullivan (1979), p. 243, fig. 2. Hasle & Syvertsen (1981), p. 115, fig. 24-44.

Valves petites et étroitement linéaires. Apex arrondis. Aire axiale indistincte. Stries non visibles en microscopie optique, très finement ponctuées et parallèles sur toute la valve. Présence d'un ou deux processus labiés par valve. Champ apical présent à chacun des apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
12	4,5-12 μm	2-3 μm	65-80

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Plusieurs des spécimens observés en MEB présentaient un processus labié à chacun des apex. Sa localisation sur la valve ainsi que sa morphologie sont identiques à celles données par Hasle & Syvertsen (1981). Nous n'avons jamais observé d'épines marginales.

Fragilaria investiens (W. Smith) Cleve-Euler
(fig. 47-50)

Cleve-Euler (1953), p. 44, fig. 354. Lange-Bertalot (1980), p. 752. *Synedra investiens* (Hustedt, 1931-1959, p. 209, fig. 699).

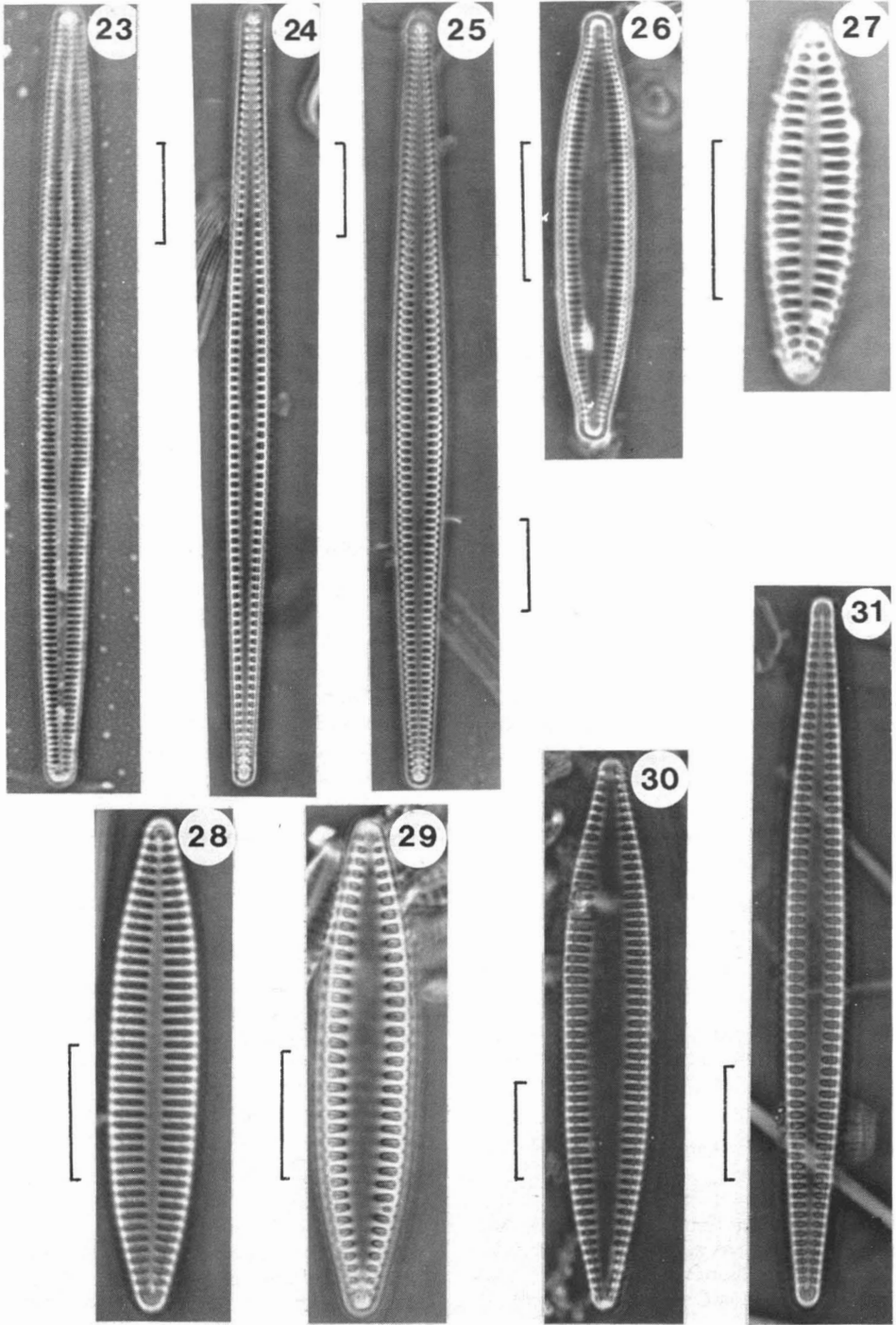
Valves très étroites, de linéaires à linéaires-lancéolées. Apex étroitement arrondis. Aire axiale plutôt large, parallèle au contour de la valve. Stries opposées ou légèrement alternes, alvéolées (avec ou sans supports siliceux) et marginales. Présence d'un ou deux processus labiés par valve. Champ apical présent à chacun des apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
69	14-70 μm	2,5-4,5 μm	7-10

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (commun).

Fragilaria leptostauron (Ehrenberg) Hustedt
(fig. 5)

Hustedt (1931-1959), p. 153, fig. 668a-668f. Patrick & Reimer (1966), p. 124, pl. 4, fig. 2.



Figures 23-31. Figures 23-25. *Fragilaria fasciculata*, vue valvaire. Figure 26. *Fragilaria fasciculata* var. *parva*, vue valvaire. Figures 27-31. *Fragilaria fasciculata* var. *truncata*, vue valvaire. Échelles: 10 μ m.



Figures 32-38. Figures 32, 33. *Fragilaria fasciculata*, MEB, vue interne. Figures 34, 35. *Fragilaria camtschatica* (fig. 34 demi-valve; fig. 35 MEB, vue interne). Figure 36. *Fragilaria camtschatica* var. *finmarchica*, vue valvaire. Figures 37, 38. *Fragilaria fasciculata* var. *truncata*, MEB, vue interne. Échelles: 10 μ m.

Valves présentant un renflement marqué au centre lui donnant l'apparence d'une croix. Apex arrondis. Aire axiale distincte, linéaire et présentant une légère dilatation de forme lancéolée au centre. Stries robustes, alvéolées, radiantées et souvent de longueur inégale au centre de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
7	14-24 μm	10-15 μm	7-10

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud; Basse-Côte-Nord; baie des Chaleurs (rare).

Fragilaria pulchella (Ralfs ex Kützing)
Lange-Bertalot var. *pulchella*
(fig. 57, 58)

Lange-Bertalot (1980), p. 740, 749. *Synedra pulchella* (Hustedt, 1931-1959, p. 191, fig. 688a; Patrick & Reimer, 1966, p. 146, pl. 6, fig. 10, 12; John, 1983, p. 61, pl. 25, fig. 9-12).

Valves fortement silicifiées, généralement étroitement lancéolées, parfois très allongées. Apex arrondis, subrostrés ou subcapités. Aire axiale distincte, étroite et linéaire. Aire centrale développée en un bandeau, bordé par un épaississement siliceux. Stries finement ponctuées, parallèles, parfois légèrement radiantées à l'apex et croisées. Processus labié et champ apical présents à chacune des extrémités.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
30	50-137 μm	5-8 μm	14-23

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (commun).

Fragilaria pulchella var. *lanceolata*
(O'Meara) nov. comb.
(fig. 54, 59, 60)

Synedra pulchella var. *lanceolata* (O'Meara, 1876, p. 304, pl. 28, fig. 20; Peragallo & Peragallo, 1897-1908, p. 318, pl. 80, fig. 32; Hustedt, 1931-1959, p. 192, fig. 688f, 688g; Patrick & Reimer, 1966, p. 147, pl. 6, fig. 13, 14).

Se distingue de la variété nominale par une plus petite taille des valves qui sont proportionnellement plus larges et par une forme passant de linéaire-lancéolée à lancéolée, les marges de la valve s'atténuant plus brusquement que celles de la variété nominale.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
34	23-61 μm	5-8,5 μm	14-19

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (commun).

Fragilaria pulchella var. *macrocephala*
(Grunow in Cleve et Grunow) nov. comb.
(fig. 55, 56)

Synedra pulchella var. *macrocephala* (Grunow in Cleve et Grunow, 1880, p. 107; Hustedt, 1931-1959, p. 192, fig. 688b).

Diffère de la variété nominale et des autres variétés par des apex très distinctement capités.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
16	76-125 μm	6-8 μm	15-18

Aire de distribution: baie des Chaleurs (rare).

Fragilaria striatula Lyngbye
(fig. 61-67)

Hustedt (1931-1959), p. 150, fig. 663. Hasle & Syvertsen (1981), p. 111, fig. 1-23. *Fragilaria virescens* var. *quebecensis* (Poulin et al., 1982, p. 279, fig. 1a, 3-6).

Valves de linéaires, linéaires-elliptiques à largement elliptiques, plutôt faiblement silicifiées sauf pour la région strictement apicale. Apex très variables: atténués, arrondis, subrostrés, rostrés ou capités. Aire axiale étroite et rectiligne. Aire centrale variable, de bien définie à absente, avec tous les intermédiaires possibles entre ces deux types: stries masquées à un degré très variable par une couche siliceuse. Stries très finement ponctuées, parfois irrégulièrement espacées, parallèles ou radiantées et alors redevenant parallèles et même légèrement convergentes vers les extrémités de la valve. Processus labié présent à un des apex, près de l'aire axiale. Champ apical présent aux deux extrémités.

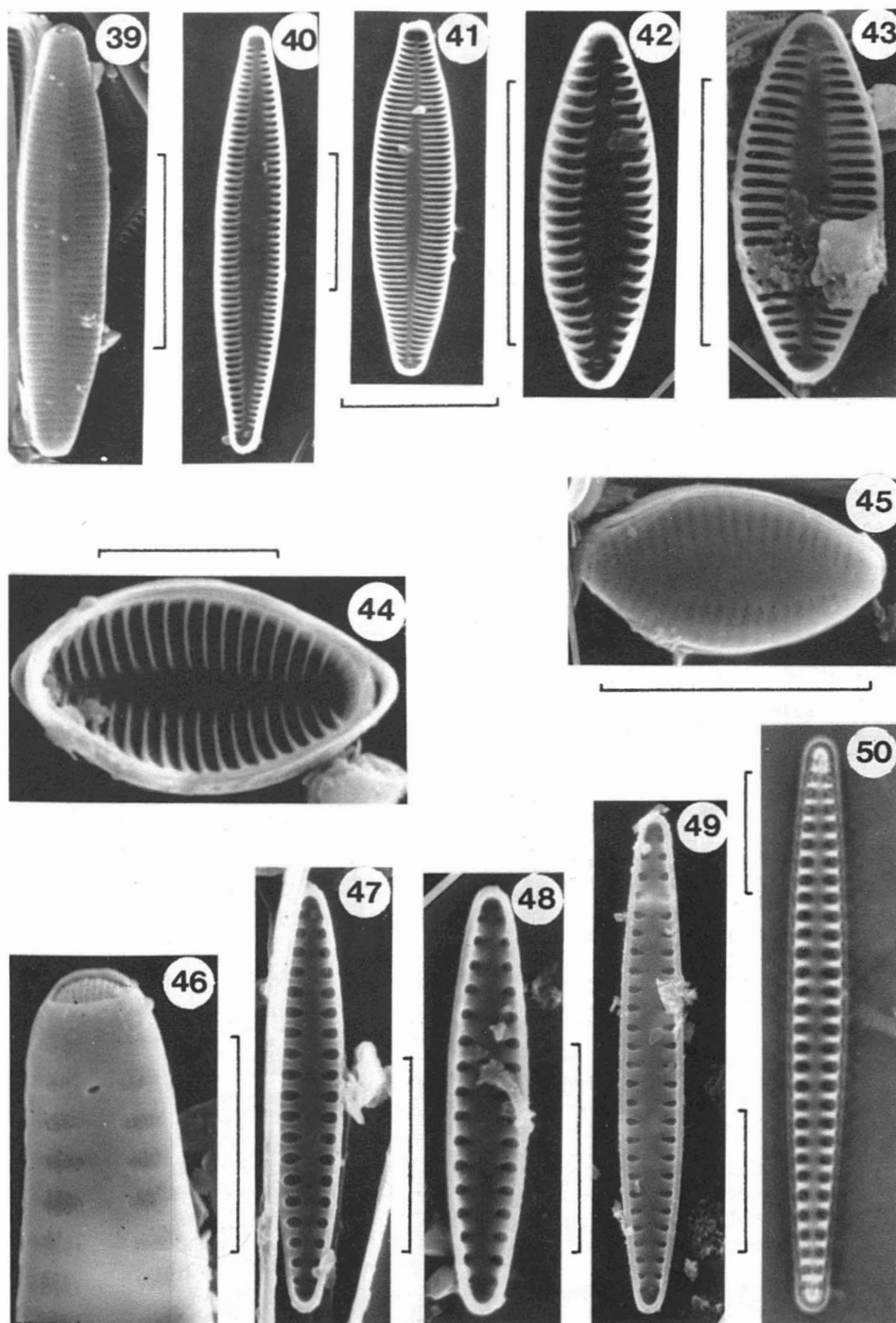
Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
67	11-86 μm	5-8 μm	11-30

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (très commun).

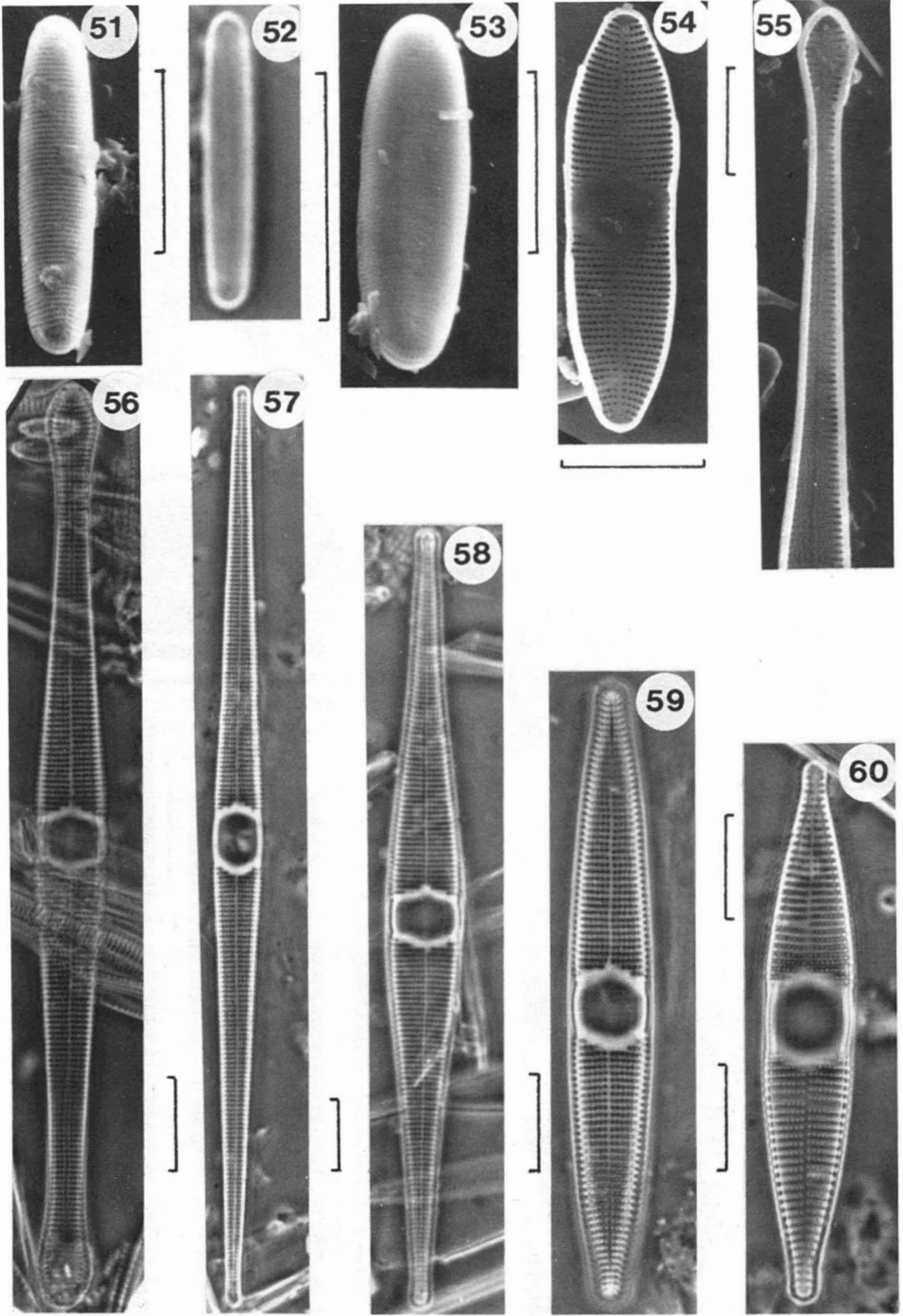
Fragilaria virescens var. *oblongella*
f. *clavata* Grunow in Van Heurck
(fig. 68-71)

Grunow in Van Heurck (1880-1885), pl. 44, fig. 4. Cleve-Euler (1953), p. 50, fig. 361t, 361u. *Fragilaria schulzi* (Carter & Bailey-Watts, 1981, p. 565, pl. 24, fig. 16). *Opephora schulzi* (Simonsen, 1962, p. 33, pl. 1, fig. 3, 4).

Valves petites et cunéiformes. Apex arrondis. Aire axiale indistincte (rudiment d'aire axiale chez certains spécimens). Stries ponctuées et parallèles sur toute la valve. Absence de processus labié. Champ apical présent à chaque extrémité.



Figures 39-50. Figures 39-45. *Fragilaria fasciculata* var. *parva*, variations morphologiques (fig. 39, 45 MEB, vue externe; fig. 40-44 MEB, vue interne). Figure 46. *Fragilaria fasciculata*, MEB, vue externe, apex. Figures 47-50. *Fragilaria investiens* (fig. 47-49 MEB, vue interne; fig. 50 vue valvaire). Échelles: 5 µm (fig. 44, 46), 10 µm (fig. 39-43, 45, 47-50).



Figures 51-60. Figures 51-53. *Fragilaria hyalina* (fig. 51, 53 MEB, vue externe; fig. 52 vue valvaire). Figure 54. *Fragilaria pulchella* var. *lanceolata*, MEB, vue interne. Figures 55, 56. *Fragilaria pulchella* var. *macrocephala* (fig. 55 MEB, vue interne, demi-valve; fig. 56 vue valvaire). Figures 57, 58. *Fragilaria pulchella*, vue valvaire. Figures 59, 60. *Fragilaria pulchella* var. *lanceolata*, vue valvaire. Échelles: 5 μm (fig. 51, 53), 10 μm (fig. 52, 54-60).

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
14	10-31 μm	5-7 μm	14-16

Aire de distribution : Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Discussion : *Fragilaria virescens* var. *oblongella* Grunow in Van Heurck se distingue de la variété nominale par sa forme nettement oblongue-elliptique (Hustedt, 1931-1959; Mölder & Tynni, 1970). Par contre, la f. *clavata* se caractérise par une hétéropolarité marquée de la valve, c'est-à-dire valve franchement cunéiforme. D'autre part, la présence d'une aire axiale plus ou moins distincte, d'un champ apical à chaque extrémité ainsi que de stries ponctuées nous apparaissent comme des caractères plus spécifiques au genre *Fragilaria* qu'au genre *Opephora* Petit. En somme, nous considérons *O. Schulzi* (Brockmann) Simonsen comme étant synonyme du *Fragilaria virescens* var. *oblongella* f. *clavata*.

Fragilaria virescens var. *subsalina*
f. *oviformis* Cleve-Euler
(fig. 72-75)

Cleve-Euler (1953), p. 50, fig. 361uu (non fig. 361u, erreur de transcription à la fois dans le texte et la légende des figures?).

Valves très petites et étroitement cunéiformes. Apex arrondis. Aire axiale absente. Stries très finement ponctuées, parallèles et légèrement radiantes aux extrémités. Stries apicales en éventail; base de la valve dépourvue de stries. Absence de processus labié et de champ apical.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
17	7-10 μm	2-3 μm	19-24

Aire de distribution : Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Discussion : L'hétéropolarité valvaire de la f. *oviformis* la caractérise bien par rapport à la var. *subsalina* Grunow in Van Heurck; la présence d'épines marginales ayant de plus été mise en évidence pour la var. *subsalina* (Stabell, 1981). D'autre part, la f. *oviformis* se distingue clairement de la f. *clavata* par la taille plus réduite des valves, la densité plus grande des stries ainsi que par la présence de stries rayonnantes à l'apex. Les illustrations du *Opephora schulzii* (Stabell, 1981) correspondraient à la f. *oviformis* (valve claviforme, aire axiale distincte en vue interne, stries apicales rayonnantes, absence de processus labié). Nous n'avons cependant pu observer avec certitude la présence d'un champ apical à la base de la valve.

Genre *Hannaea* Patrick

Valves arquées présentant une marge dorsale convexe et une marge ventrale concave. Léger

renflement présent au niveau de l'aire centrale de la marge concave de la valve. Stries finement ponctuées.

Hannaea arcus (Ehrenberg) Patrick var. *arcus*
(fig. 77, 78)

Patrick & Reimer (1966), p. 132, pl. 4, fig. 20. *Ceratoneis arcus* (Hustedt, 1931-1959, p. 179, fig. 684a, 684b).

Valves arquées avec une marge dorsale convexe et lisse. Marge ventrale concave présentant un léger renflement au niveau de l'aire centrale unilatérale. Apex généralement subrostrés. Aire axiale étroite et arquée. Aire centrale distincte et en position ventrale. Stries passant de parallèles à radiantes aux extrémités de la valve. Processus labié et champ apical présents à chacun des apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
16	38-104 μm	5-7 μm	15-17

Aire de distribution : Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; baie des Chaleurs (rare).

Hannaea arcus var. *amphioxys*
(Rabenhorst) Patrick
(fig. 76)

Patrick & Reimer (1966), p. 133, pl. 4, fig. 21. *Ceratoneis arcus* var. *amphioxys* (Hustedt, 1931-1959, p. 179, fig. 684d).

Se distingue de la variété nominale par une cambrure plus prononcée de la valve et une ondulation plus évidente de la marge ventrale produisant une marge quelque peu tri-ondulée.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
4	23-32 μm	5-7 μm	15-16

Aire de distribution : baie des Chaleurs (très rare; taxon surtout présent en eau douce).

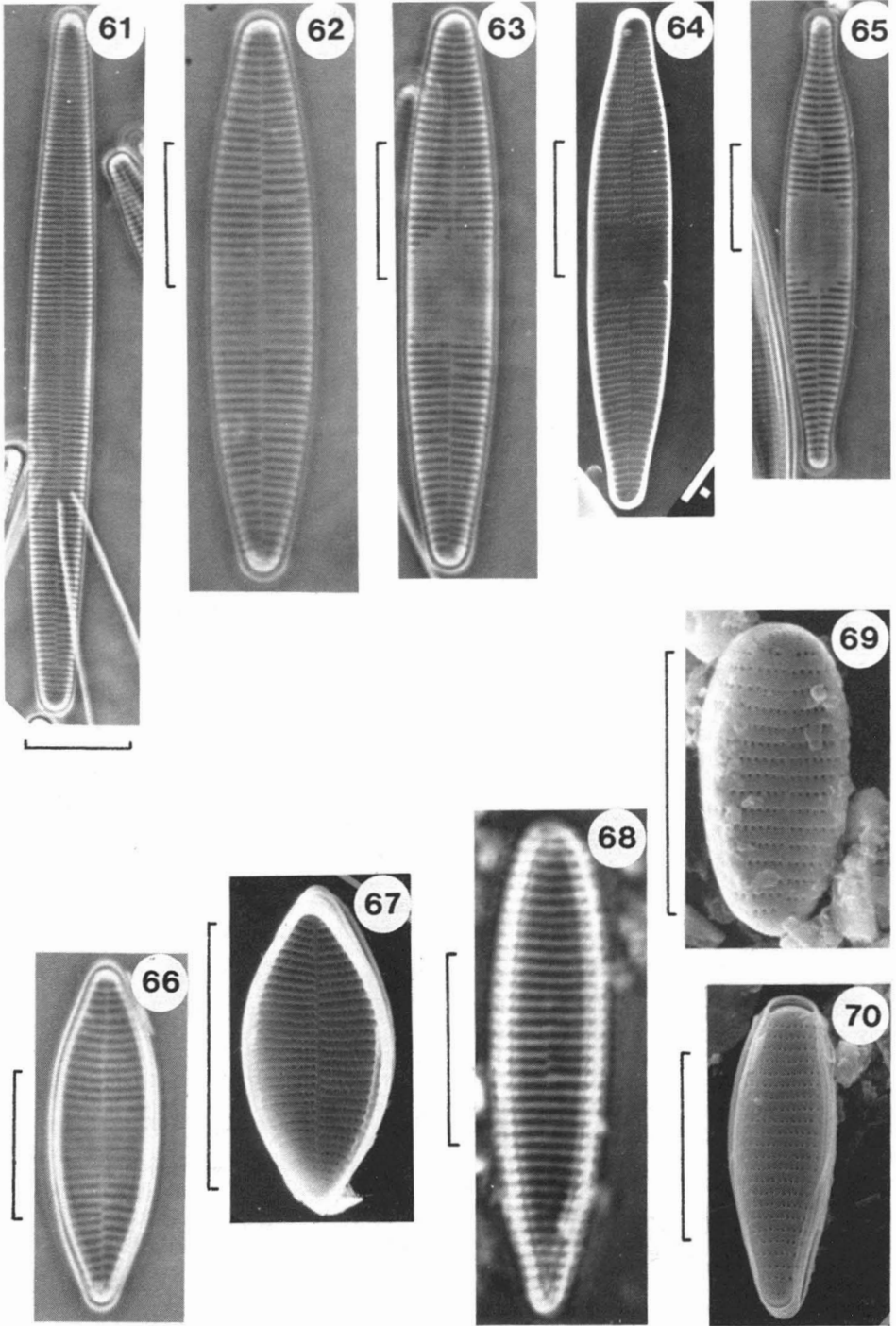
Genre *Opephora* Petit

Valves cunéiformes avec marges convexes ou linéaires. Apex arrondis. Aire axiale distincte et de largeur variable. Stries larges et souvent linéées. Absence de processus labié.

Opephora marina (Gregory) Petit var. *marina*
(fig. 79-81)

Hustedt (1931-1959), p. 136, fig. 656.

Valves cunéiformes allongées. Apex étroitement arrondis. Aire axiale large et lancéolée. Stries linéées, alternes, courtes et parallèles sur toute la valve.



Figures 61-70. Figures 61-67. *Fragilaria striatula*, variations morphologiques (fig. 61-63, 65, 66 vue valvaire; fig. 64, 67 MEB, vue interne). Figures 68-70. *Fragilaria virescens* var. *oblongella* f. *clavata* (fig. 68 vue valvaire; fig. 69, 70 MEB, vue externe). Échelles: 10 μm .

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
14	17-40 μm	4-6 μm	7,5-9

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord (rare).

Opephora olsenii Møller
(fig. 82-86)

Møller (1950), p. 197, fig. 4. Hendeby (1964), p. 160.

Valves étroitement cunéiformes. Extrémité basale légèrement subrostrée et extrémité apicale étroitement arrondie. Aire axiale étroite. Stries linéées, alternes et parallèles sur toute la valve. Épines marginales présentes sur les stries. Champ apical observé uniquement à l'extrémité basale.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
30	6-27 μm	3-5 μm	8-11

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Ce taxon se distingue du *Opephora martyi* Héribaud principalement par une taille plus réduite ainsi que par un nombre supérieur de stries en 10 μm . D'autre part, il existe une grande similarité entre *O. olsenii* et *Fragilaria pinnata* Ehrenberg, forme hétéropolaire (Hargraves & Levandowsky, 1971). La différence se situe notamment au niveau des stries, radiantes aux extrémités chez *F. pinnata* et par la forme et la position des épines marginales.

Genre *Rhaphoneis* Ehrenberg

Valves montrant une grande variabilité morphologique, de linéaires à orbiculaires, mais plus souvent de forme lancéolée ou rhomboïde. Stries ponctuées et croisées. Champ apical présent (pseudo-ocelle). Présence de processus labiés.

Rhaphoneis nitida (Gregory)
Grunow var. *nitida*
(fig. 89)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 330, pl. 83, fig. 31-33. Hustedt (1931-1959), p. 177, fig. 683a, 683b. Andrews (1975), p. 217, pl. 3, fig. 52, 53.

Valves largement elliptiques. Aire axiale distincte et quelque peu lancéolée. Stries grossièrement ponctuées, alternes, devenant plus fortement radiantes et courbées vers les extrémités de la valve. Disposition des ponctuations selon un patron longitudinal plutôt arqué et légèrement ondulé. Présence de quelques stries marginales écourtées et intercalées. Couronne marginale très finement ponctuée.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
2	24-27 μm	18-20 μm	7

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord (très rare).

Rhaphoneis rhombica
(Grunow in Van Heurck) Andrews
(fig. 87, 88)

Andrews (1975), p. 210, pl. 2, fig. 33, 34. *Rhaphoneis amphiceros* var. *rhombica* (Grunow in Van Heurck, 1880-1885, p. 147, pl. 36, fig. 20, 21).

Valves généralement très largement elliptiques. Apex larges, subrostrés et arrondis. Aire axiale rectiligne et étroitement lancéolée. Stries grossièrement ponctuées, sauf aux apex, alternes et passant de parallèles à courbées et radiantes aux extrémités de la valve. Arrangement longitudinal des ponctuations selon un patron arqué, plus serré près des marges de la valve. Présence de quelques stries marginales écourtées et intercalées. Présence d'un processus labié à chaque apex, en position diagonale l'un par rapport à l'autre et légèrement distant de l'aire axiale (fig. 87).

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
6	24-42 μm	16-19 μm	9-11

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Discussion: Hustedt in Schmidt (1874-1959) considère *Rhaphoneis amphiceros* var. *rhombica* comme un synonyme de la variété nominale. Andrews (1975) élève au rang spécifique la var. *rhombica* d'après les variations morphologiques observées.

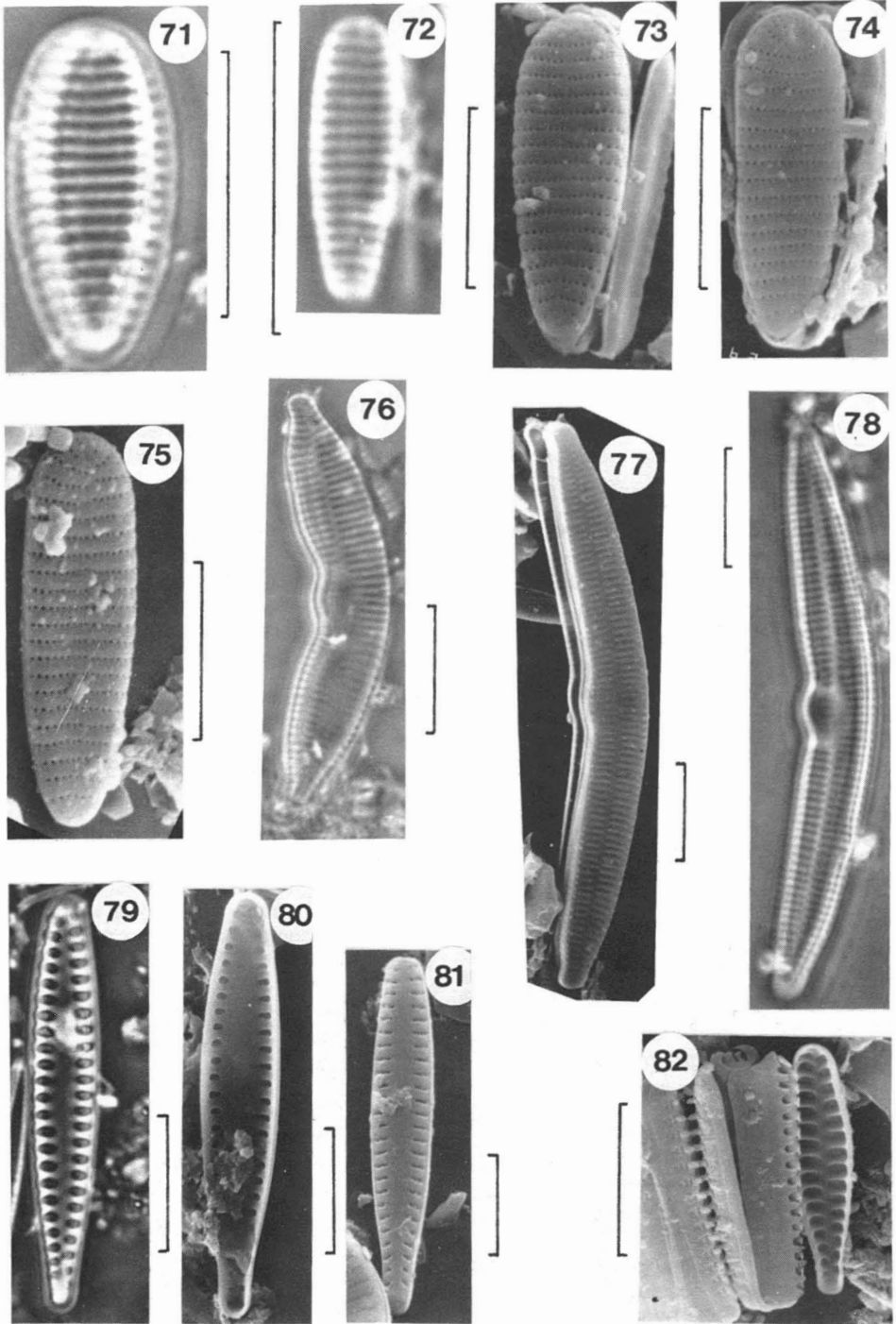
Genre *Thalassionema* Grunow

Valves linéaires. Stries marginales finement ponctuées. Présence d'un processus labié à chacun des apex.

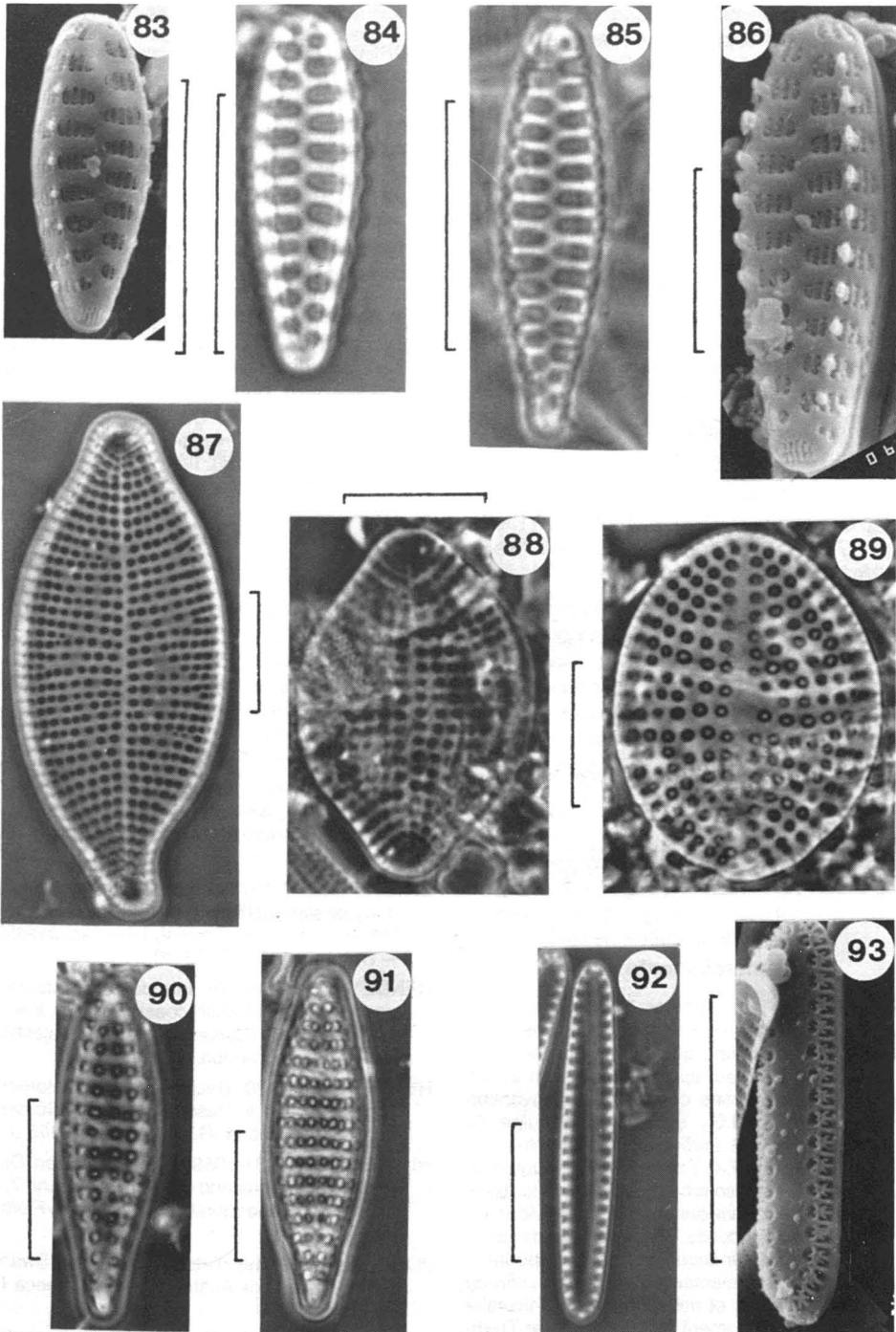
Thalassionema nitzschioides (Grunow)
Hustedt var. *nitzschioides*
(fig. 92, 93)

Hustedt (1931-1959), p. 244, fig. 725. Hasle & de Mendiola (1967), p. 111, fig. 5, 11-17, 27-34, 39-44. *Synedra nitzschioides* (Grunow, 1862, p. 403, pl. 8, fig. 18).

Valves étroites et linéaires avec des marges parallèles. Apex arrondis. Aire axiale large et linéaire. Stries marginales et ponctuées. En MEB, les ponctuations correspondent à une dépression dans la valve et le manteau. Ces dépressions sont recouvertes de minces filaments siliceux



Figures 71-82. Figure 71. *Fragilaria virescens* var. *oblongella* f. *clavata*, vue valvaire. Figures 72-75. *Fragilaria virescens* var. *subsalina* f. *oviformis* (fig. 72 vue valvaire; fig. 73-75 MEB, vue externe). Figure 76. *Hannaea arcus* var. *amphioxys*, vue valvaire. Figures 77, 78. *Hannaea arcus* (fig. 77 MEB, vue externe; fig. 78 vue valvaire). Figures 79-81. *Opephora marina* (fig. 79 vue valvaire; fig. 80 MEB, vue interne; fig. 81 MEB, vue externe). Figure 82. *Opephora olseni*, MEB, vue interne. Échelles: 5 μm (fig. 73-75), 10 μm (fig. 71, 72, 76-82).



Figures 83-93. Figures 83-86. *Opephora olsenii* (fig. 83, 86 MEB, vue externe; fig. 84, 85 vue valvaire). Figures 87, 88. *Rhaphoneis rhombica*, variations morphologiques. Figure 89. *Rhaphoneis nitida*, vue valvaire. Figures 90, 91. *Trachysphenia australis*, vue valvaire. Figures 92, 93. *Thalassionema nitzschioides* (fig. 92 vue valvaire; fig. 93 MEB, vue externe). Échelles: 5 μm (fig. 86), 10 μm (fig. 83-85, 87-93).

arqués constitués de plusieurs branches. Les intervalles, entre les dépressions marginales, apparaissent comme des côtes. Présence d'une épine et d'un processus labié à chacun des apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
21	12-33 μm	2,5-4 μm	10-13

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud; Côte-Nord; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (commun).

Genre *Trachysphenia* Petit

Valves généralement cunéiformes, montrant ainsi une asymétrie transapicale. Stries ponctuées et croisées.

Trachysphenia australis Petit var. *australis* (fig. 90, 91)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 331, pl. 83, fig. 35. Hendey (1964), p. 160. John (1983), p. 64, pl. 27, fig. 10. *Sceptroneis australis* (Karsten, 1928, p. 257, fig. 328).

Valves plutôt claviformes. Apex très légèrement subrostrés et arrondis, base plutôt tronquée. Aire axiale distincte, étroite et rectiligne. Stries grossièrement ponctuées, croisées, opposées et passant de parallèles au centre de la valve à faiblement radiantes aux extrémités.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
4	19-27 μm	6-7 μm	7-8

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord (très rare).

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements au Conseil des recherches en sciences naturelles et en génie du Canada de même qu'au ministère de l'Éducation du Québec pour leur appui financier tant à A.C. (subvention pour dépenses courantes et subvention thématique du C.R.S.N.G., subvention d'équipe du M.E.Q.) qu'au G.I.R.O.Q. (subventions d'infrastructure du C.R.S.N.G. et du M.E.Q.) dans le cadre duquel ce travail a été réalisé. Nous sommes également redevables au ministère des Approvisionnements et Services du Canada qui, grâce à l'appui du Musée national d'histoire naturelle, acceptait de financer une partie importante de ce projet. Nos remerciements s'adressent enfin au Département des mines et métallurgie de l'Université Laval, et plus particulièrement à M. Jean-Pierre Tremblay, qui a mis à notre disposition un microscope électronique à balayage, de même qu'à M. Guy Plante pour l'excellent travail d'impression des multiples microphotographies qui illustrent ce travail. Enfin, nous sommes reconnaissants au Dr Georges W. Andrews et à un examinateur anonyme pour leur évaluation critique de ce manuscrit.

Références

- ANDREWS, G.W., 1975. Taxonomy and stratigraphic occurrence of the marine genus *Rhaphoneis*. — *Nova Hedwigia*, Beih., 53: 193-228.
- ANDREWS, G.W., 1981. Revision of the diatom genus *Delphineis* and morphology of *Delphineis surirella* (Ehrenberg) G.W. Andrews, n. comb. — Pages 81-92 in R. Ross (ed.). Proceedings of the sixth symposium on recent and fossil diatoms. Otto Koeltz, Koenigstein, 487 p.
- CARTER, J.R. & A.E. BAILEY-WATTS, 1981. A taxonomic study of diatoms from standing freshwaters in Shetland. — *Nova Hedwigia*, 33: 513-630.
- CLEVE, P.T. & A. GRUNOW, 1880. Beiträge zur Kenntniss der arctischen Diatomeen. — *K. svenska VetenskAkad. Handl.*, 17: 1-121.
- CLEVE-EULER, A., 1953. Die Diatomeen von Schweden und Finnland.-K. svenska VetenskAkad. Handl., Fjärde Ser., 4: 1-158, figs. 292-483.
- GREGORY, W., 1857. On new forms of marine diatomaceae found in the Firth of Clyde and in Loch Fyne. — *Trans. R. Soc. Edinburgh*, 21: 473-542.
- GRUNOW, A., 1862. Die österreichischen Diatomaceen. — *Verh. zoo.-bot. Ges. Wien*, 12: 315-588.
- HARGRAVES, P.E. & M. LEVANDOWSKY, 1971. Fine structure of some brackish-pond diatoms. — *Nova Hedwigia*, 21: 321-332.
- HASLE, G.R. & B.R.E. de MENDIOLA, 1967. The fine structure of some *Thalassionema* and *Thalassiothrix* species. — *Phycologia*, 6: 107-125.
- HASLE, G.R. & E.E. SYVERTSEN, 1981. The marine diatoms *Fragilaria striatula* and *F. hyalina*. — Pages 110-118 in L.-K. Königsson and K. Paabo (eds.) *Florilegium Florinis Dedicatum. Striae*, Vol. 14, Uppsala.
- HAWORTH, E.Y., 1975. A scanning electron microscope study of some different frustule forms of the genus *Fragilaria* found in Scottish late-glacial sediments. — *Br. phycol. J.*, 10: 73-80.
- HENDEY, N.I., 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). — Her Majesty's Stationery Office, London, 317 p., 45 pl.
- HUSTEDT, F., 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). — Pages 1-466 in A. Pascher (ed.). *Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas*. G. Fisher, Jena, 466 p.
- HUSTEDT, F., 1931-1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Band 7, Teil 2, Lief. 1.6. L. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora, Leipzig, 845 p.
- JOHN, J., 1983. The diatom flora of the Swan River Estuary, Western Australia. — *Bibliotheca Phycologia*, 64: 1-359.
- KARSTEN, G., 1928. Abteilung Bacillariophyta (Diatomeae). — Pages 105-303 in A. Engler and K. Prantl (eds.). *Die natürlichen Pflanzenfamilien*, Band 2. Wilhelm Engelmann, Leipzig, 345 p.
- LANGEBERTALOT, H., 1980. Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. — *Nova Hedwigia*, 33: 723-787.

- MÖLDER, K. & R. TYNNI, 1970. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen IV. — Bull. geol. Soc. Finland, 42: 129-144.
- MØLLER, M., 1950. The diatoms of Praestø fiord. — Folia geogr. dan., 3: 187-237.
- O'MEARA, E., 1876. Report on the Irish Diatomaceae. Proceedings of the Royal Irish Academy, Ser., 2, Vol. 2: 235-425, pl. 26-34.
- PATRICK, R. & C.W. REIMER, 1966. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1. — Monogr. 13, Acad. nat. Sci., Philadelphia, 688 p.
- PERAGALLO, H. & M. PERAGALLO, 1897-1908. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. — M.J. Tempère, Grez-sur-Loing, 492 p., 137 pl.
- POULIN, M., C. HUDON & A. CARDINAL, 1982. Trois nouveaux taxons de diatomées benthiques estuariennes. — Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.), 109: 279-282.
- POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL, 1984a. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. I. Coconeioideae (Achnanthes, Achnantheaceae). — Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.), 111: 45-61.
- POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL, 1984b. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. II. Tabellarioideae et Diatomoideae (Fragilariales, Fragilariaceae). — Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.), 111: 275-295.
- RAO, V.N.R. & J. LEWIN, 1976. Benthic marine diatom flora of False Bay, San Juan Island, Washington. — Syesis, 9: 173-213.
- ROSEN, B.H. & R.L. LOWE, 1981. Valve ultrastructure of some confusing Fragilariaceae. — Micron, 22: 293-294.
- ROUND, F.E., 1979. The classification of the genus *Synedra*. — Nova Hedwigia, Beih., 64: 135-146.
- ROUND, F.E., 1984. The circumscription of *Synedra* and *Fragilaria* and their subgroupings. — Pages 241-253 in D.G. Mann (ed.). Proceedings of the seventh international diatom symposium. Otto Koeltz, Koenigstein, 541 p.
- SCHMIDT, A., 1874-1959. Atlas der Diatomaceen-Kunde. Vols. 1-4. — O.R. Reiland, Leipzig.
- SIMONSEN, R., 1962. Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. — Int. Rev. ges. Hydrobiol., 1: 1-145.
- STABELL, B., 1981. The diatom *Fragilaria virescens* var. *subsalina*. — Pages 126-129 in L.-K. Königsson and K. Paabo (eds.). Florilegium Florinis Dedicatum. Striae, Vol. 14, Uppsala.
- SULLIVAN, M.J., 1979. Taxonomic notes on epiphytic diatoms of Mississippi Sound, U.S.A. — Nova Hedwigia, Beih., 64: 237-249.
- VAN HEURCK, H., 1880-1885. Synopsis des diatomées de Belgique. — H. Van Heurck, Anvers, 235 p., 135 pl.
- VANLANDINGHAM, S.L., 1969. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. III. *Coscinophaena* through *Fibula*. — J. Cramer, Lehre, p. 1087-1756.
- VANLANDINGHAM, S.L., 1971. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. IV. *Fragilaria* through *Naunema*. — J. Cramer, Lehre, p. 1757-2385.
- VANLANDINGHAM, S.L., 1978a. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. VI. *Neidium* through *Rhoicosigma*. — J. Cramer, Vaduz, p. 2964-3605.
- VANLANDINGHAM, S.L., 1978b. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. VII. *Rhoicosphenia* through *Zygoceros*. — J. Cramer, Vaduz, p. 3603-4241.

LES DIATOMÉES BENTHIQUES DE SUBSTRATS DURS DES EAUX MARINES ET SAUMÂTRES DU QUÉBEC 4. NAVICULALES, NAVICULACEAE (À L'EXCLUSION DES GENRES *NAVICULA*, *DONKINIA*, *GYROSIGMA* ET *PLEUROSIGMA*)¹

A. CARDINAL, M. POULIN² et L. BÉRARD-TERRIAULT

GIROQ, Département de biologie
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Cet article traite de 40 espèces de Naviculaceae (Naviculales) réparties en 14 genres soit: *Anomoeoneis* Pfitzer, *Berkeleya* Greville, *Brebissonia* Grunow, *Caloneis* Cleve, *Diploneis* Ehrenberg, *Frustulia* Rabenhorst, *Haslea* Simonsen, *Mastogloia* Twaites ex W. Smith, *Pinnularia* Ehrenberg, *Pseudoamphiprora* Cleve, *Rhoicosphenia* Grunow, *Scoliotropis* Cleve, *Stauroneis* Ehrenberg et *Trachyneis* Cleve. Une nouvelle variété de *Haslea crucigeroides* y est décrite et un changement nomenclatural est proposé. La description des taxons est accompagnée de références, d'illustrations en microscopie optique ou en microscopie électronique à balayage, de données biométriques et d'informations sur la répartition régionale.

Abstract

This paper deals with 40 species of Naviculaceae (Naviculales) belonging to the 14 following genera: *Anomoeoneis* Pfitzer, *Berkeleya* Greville, *Brebissonia* Grunow, *Caloneis* Cleve, *Diploneis* Ehrenberg, *Frustulia* Rabenhorst, *Haslea* Simonsen, *Mastogloia* Twaites ex W. Smith, *Pinnularia* Ehrenberg, *Pseudoamphiprora* Cleve, *Rhoicosphenia* Grunow, *Scoliotropis* Cleve, *Stauroneis* Ehrenberg and *Trachyneis* Cleve. A new variety of *Haslea crucigeroides* is described and a nomenclatural change is proposed. The descriptions are presented with selected references, illustrations under light or scanning electron microscope, biometric data and regional distributions.

Introduction

Les Naviculaceae constituent sans contredit la famille la plus importante des Naviculales tant par la diversité de ses genres, ce qui assure un très grand cosmopolitisme, que par le nombre considérable d'espèces. Ainsi, sur les seules côtes marines et estuariennes du Québec (fig. 1), nous avons dénombré plus de 150 taxons appartenant à cette famille.

Pourtant, les travaux d'ensemble portant sur cette famille ne sont pas légion. Nous avons dû faire reposer en très grande partie nos identifications sur la monographie de Hustedt (1931-1959), elle-même fortement influencée par l'Atlas

de Schmidt (1874-1959). Nous avons toutefois pris en considération quelques travaux plus récents livrant des détails importants sur les plans morphologiques ou ultrastructuraux, entre autres, ceux de Cox (1975, 1979) sur *Berkeleya*, de même que ceux de Lange-Bertalot (1980), Mann (1982) et Medlin & Fryxell (1984a, 1984b) sur *Rhoicosphenia*.

Le présent article couvre la majorité des genres retrouvés, soit 14. Nous avons omis le genre *Navicula* et ses innombrables représentants, de même que *Donkinia*, *Gyrosigma* et *Pleurosigma* qui seront regroupés dans un autre travail puisque les caractères communs reliés à la courbure du raphé et à l'organisation des stries en font un bloc assez homogène. Des 14 genres présentement étudiés, 6 ne comprennent qu'une espèce sur nos côtes et ne posent pas réellement de problèmes d'identification: *Anomoeoneis*, *Brebissonia*, *Frustulia*, *Pseudoamphiprora*, *Scoliotropis* et *Trachyneis*. Les genres *Caloneis* (4

¹ Contribution au programme du GIROQ (Groupe interuniversitaire de recherches océanographiques du Québec)

² Adresse actuelle: Musée national des sciences naturelles, Division de la botanique, Ottawa (Ontario), K1A 0M8

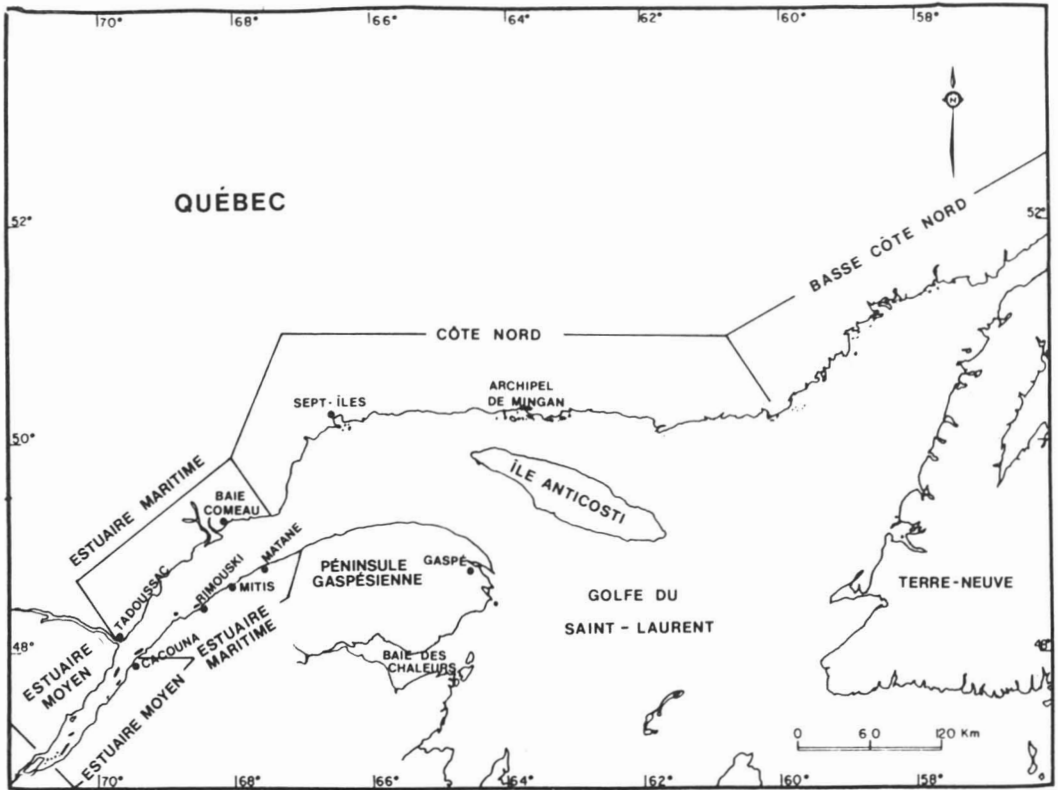


Figure 1. Carte présentant les limites des régions maritimes du Québec.

taxons), *Diploneis* (13 taxons), *Mastogloia* (2 taxons), *Pinnularia* (2 taxons) et *Stauroneis* (2 taxons) offrent eux aussi sur le plan générique des caractéristiques permettant de ne pas les confondre. Nous sommes toutefois d'avis que l'étude de larges populations de certaines espèces, entre autres chez le genre *Diploneis*, pourrait nous amener à reconsidérer la valeur de certains de ces taxons.

Nous avons accordé une attention particulière aux genres *Berkeleya* (4 taxons), où nous proposons un changement nomenclatural (*Berkeleya scopulorum* var. **belgica**) et, *Haslea* (4 taxons) où nous avons créé une nouvelle variété (*Haslea crucigeroides* var. **densestriata**) en plus d'apporter de l'information originale abondante sur les espèces *H. crucigeroides* var. *crucigeroides* et *H. crystallina* qui n'avaient que très rarement été observées jusque-là. Enfin, l'étude du genre *Rhoicosphenia* (3 taxons) nous a permis de bien situer le *R. genuflexa* récemment abordé par Medlin & Fryxell (1984a, 1984b), et d'apporter un complément d'information pour le *R. marina*.

Matériel et méthodes

L'aire échantillonnée et la méthodologie expérimentale sont explicitées dans Poulin *et al.* (1984). L'information taxonomique est présentée pour 40 espèces et variétés à l'aide de descriptions complètes et illustrées. La synonymie a été le plus souvent vérifiée dans VanLandingham (1967-1979). L'ensemble des collections et des préparations microscopiques est pour l'instant conservé au laboratoire de A. Cardinal à l'Université Laval. L'abréviation MEB signifie microscope électronique à balayage, alors que VR et VRR réfèrent respectivement à la valve à raphé et à la valve à raphé résiduel.

Taxonomie

Ordre Naviculales

Présence d'un raphé généralement bien développé sur les deux valves, sauf chez le genre *Rhoicosphenia* où l'on retrouve une valve avec raphé résiduel. Absence de carène où se situerait

le raphé, sauf chez les Amphiproraceae; raphé parfois situé entre deux côtes axiales siliceuses.

Famille Naviculaceae

Frustules symétriques tant à l'axe apical qu'à l'axe pervalvaire, sauf chez les formes sigmoïdes ou à raphé sigmoïde.

Genre *Anomoeoneis* Pfitzer

Valves généralement lancéolées. Stries ponctuées et croisées en un patron longitudinal plus ou moins espacé et ondulé.

Anomoeoneis serians (Brébisson ex Kützing) Cleve var. *serians* (fig. 32)

Hustedt (1931-1959), p. 747, fig. 1112a. Patrick & Reimer (1966), p. 378, pl. 33, fig. 1.

Valve largement lancéolée. Apex régulièrement atténués. Aire axiale étroite, distincte et légèrement évasée vers le centre. Aire centrale plus ou moins elliptique. Raphé droit, avec des extrémités distales atteignant l'apex. Stries légèrement radiales, très distinctement ponctuées et croisées. Patron longitudinal moins serré, quelque peu ondulé et plus fortement courbé au centre.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm	Trans-Longitudinales
1	63 µm	14 µm	20	11

Aire de distribution: Basse-Côte-Nord (très rare).

Genre *Berkeleya* Greville emend. Cox

Frustules souvent réunis dans des tubes mucilagineux macroscopiques. Valves linéaires ou elliptiques. Aire centrale allongée apicalement et de dimensions très variables. Extrémités distales du raphé ne rejoignant pas l'apex. Perforations légèrement plus grandes le long de l'aire axiale. Stries ponctuées.

Berkeleya micans (Lyngbye) Grunow emend. Cox (fig. 2, 3, 7, 8, 11, 12)

Cox (1979), p. 171, fig. 8, 19, 25-27. *Amphipleura micans* (Hustedt, 1931-1959, p. 723, fig. 1904a).

Valves linéaires à peine plus larges au centre qu'aux extrémités. Apex arrondis. Aire axiale droite, très légèrement asymétrique se confondant rapidement avec une aire centrale très allongée, plus étroite et rectiligne. Présence d'une étroite aire terminale. Raphé droit avec les extrémités distales se terminant à une certaine distance des

apex, et avec les extrémités proximales très éloignées l'une de l'autre, soit plus de 20% de la longueur totale de la valve. Stries très finement ponctuées, perpendiculaires et devenant convergentes aux extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
25	74-98 µm	5-7 µm	23-27

Aire de distribution: baie des Chaleurs (rare).

Berkeleya rutilans (Trentepohl) Grunow (fig. 9, 10, 13, 14)

Cox (1975), p. 214, fig. 20, 30. Lobban (1984), p. 781, fig. 4c, 5. *Amphipleura rutilans* (Hustedt, 1931-1959, p. 720, fig. 1093a, 1093b).

Frustules généralement réunis en filaments mucilagineux macroscopiques. Valves plus ou moins étroitement elliptiques. Apex arrondis. Aire axiale droite, légèrement renflée unilatéralement aux extrémités proximales du raphé. Aire centrale allongée et rectiligne, représentant de 20 à 50% de la longueur totale de la valve. Présence d'une étroite aire terminale allongée et bordée de stries courtes et rayonnantes. Raphé droit avec les extrémités proximales et distales recourbées dans le même sens. Stries très finement ponctuées, progressivement radiales et perpendiculaires aux extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
40	13-43 µm	4-8 µm	20-26

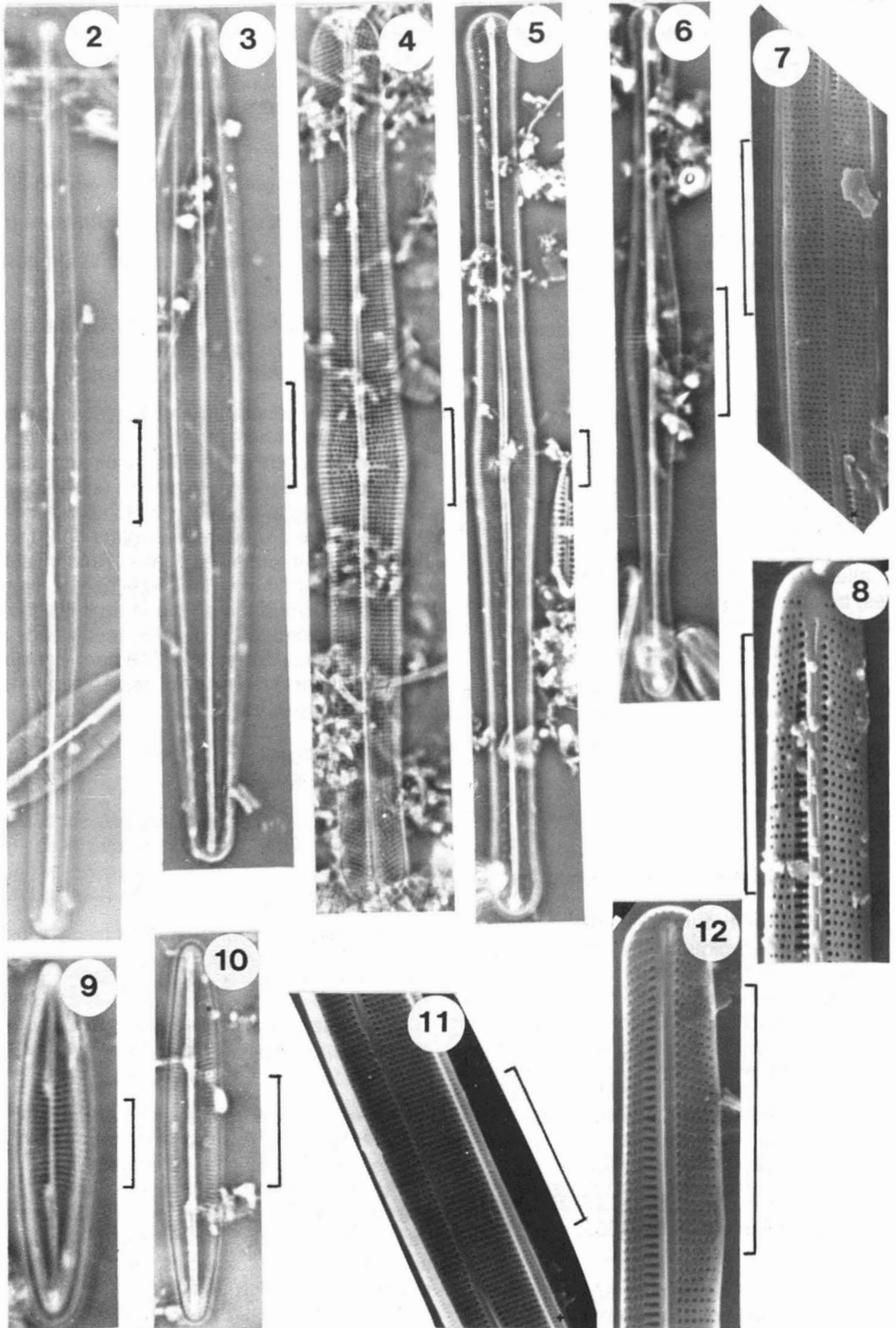
Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (très commun).

Berkeleya scopulorum (Brébisson) Cox var. *scopulorum* (fig. 4, 5, 19-21)

Cox (1979), p. 173, fig. 10, 21-24. *Navicula scopulorum* (Hustedt, 1961-1966, p. 25, fig. 1186a; Hendey, 1964, p. 193, pl. 30, fig. 6).

Valves linéaires, renflées légèrement au centre et aux extrémités. Aire axiale droite. Aire centrale vaguement elliptique et représentant moins de 5% de la longueur de la valve. Aire terminale courte et bordée de fines punctuations. Raphé droit et faiblement courbé dans la même direction aux extrémités proximales et distales. Stries ponctuées, de perpendiculaires à légèrement rayonnantes au centre, à nettement convergentes vers les extrémités, légèrement plus espacées au centre.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
36	72-181 µm	7-11 µm	17-21



Figures 2-12. Figures 2, 3, 7, 8, 11, 12. *Berkeleleya micans* (fig. 2, 3 vue valvaire; fig. 7 MEB, vue externe, centre de la valve; fig. 8 MEB, vue externe apex; fig. 11 MEB, vue interne, centre de la valve; fig. 12 MEB, vue interne, apex). Figures 4, 5. *Berkeleleya scopulorum*, vue valvaire. Figure 6. *Berkeleleya scopulorum* var. **belgica**, vue valvaire. Figures 9, 10. *Berkeleleya rutilans*, vue valvaire. Échelles: 10 μ m.

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (commun).

Berkeleya scopulorum var. **belgica**
(Van Heurck) nov. comb.
(fig. 6, 15-18)

Navicula johnsonii var. *belgica* (Van Heurck, 1880-1885, p. 99, pl. B, fig. 29). *N. scopulorum* var. *belgica* (Cleve-Euler, 1953, p. 220, fig. 970d). *N. scopulorum* f. *belgica* (Hustedt, 1961-1966, p. 26).

Diffère de la variété nominale par une taille valvaire réduite, un renflement plus graduel de la région centrale, une aire axiale légèrement asymétrique, une aire centrale de forme plus évidemment elliptique et pénétrée d'un côté par une ponctuation isolée, ainsi que par des stries plus denses et plus finement ponctuées.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
12	42-56 µm	4-6 µm	25-30

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Genre *Brebissonia* Grunow

Valves généralement lancéolées. Extrémités proximales du raphé distantes l'une de l'autre. Stries alvéolées et constituées d'une double rangée de ponctuations.

Brebissonia boeckii (Ehrenberg) Grunow
(fig. 29-31)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 51, pl. 7, fig. 17. Hustedt (1931-1959), p. 733, fig. 1103. Hendey (1964), p. 241, pl. 29, fig. 10.

Frustules généralement en position terminale sur des pédoncules mucilagineux ramifiés. Valves rhombiques-lancéolées. Apex atténués. Aire axiale bien distincte et linéaire. Aire centrale rectiligne et légèrement plus étroite que l'aire axiale. Raphé droit avec les extrémités proximales bulbeuses (face externe) et courbées dans le même sens (face interne); extrémités distales défléchies (face externe) et terminées par un hélictoglosse (face interne). Stries alvéolées, double rangée de fines ponctuations en quinconce sur la face externe. Stries radiantées sur toute la valve et très denses aux extrémités.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
23	67-136 µm	17-23 µm	10-11

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud; baie des Chaleurs (rare).

Genre *Caloneis* Cleve

Valves de linéaires-lancéolées à elliptiques. Stries alvéolées dont les ouvertures internes (une

ou plusieurs) sont situées à égale distance de la marge créant ainsi une ou plusieurs lignes longitudinales parallèles à la marge.

Caloneis bacillum (Grunow) Cleve
var. *bacillum*
(fig. 38)

Hustedt (1930), p. 236, fig. 360. Patrick & Reimer (1966), p. 586, pl. 54, fig. 8.

Valves linéaires. Apex arrondis. Aire axiale linéaire et légèrement asymétrique. Aire centrale dilatée transversalement en un bandeau bien distinct. Raphé droit avec les extrémités proximales bulbeuses et légèrement courbées dans le même sens. Stries alvéolées et radiantées. Ligne longitudinale distincte, plutôt droite, submarginale et étroite.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
4	31-35 µm	7-8 µm	20-22

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Caloneis brevis (Gregory) Cleve var. *brevis*
(fig. 39)

Hendey (1964), p. 229, pl. 29, fig. 1. Rao & Lewin (1976), p. 193, fig. 216-218.

Valves plutôt largement elliptiques. Apex largement subrostrés. Aire axiale distincte, s'évasant très faiblement vers le centre. Aire centrale largement orbiculaire et légèrement asymétrique. Raphé droit avec les extrémités proximales bulbeuses et distantes l'une de l'autre, et les extrémités distales défléchies dans le même sens. Stries alvéolées, radiantées sur presque toute la valve et devenant perpendiculaires aux extrémités. Ligne longitudinale distincte, plus ou moins ondulée, large et submarginale.

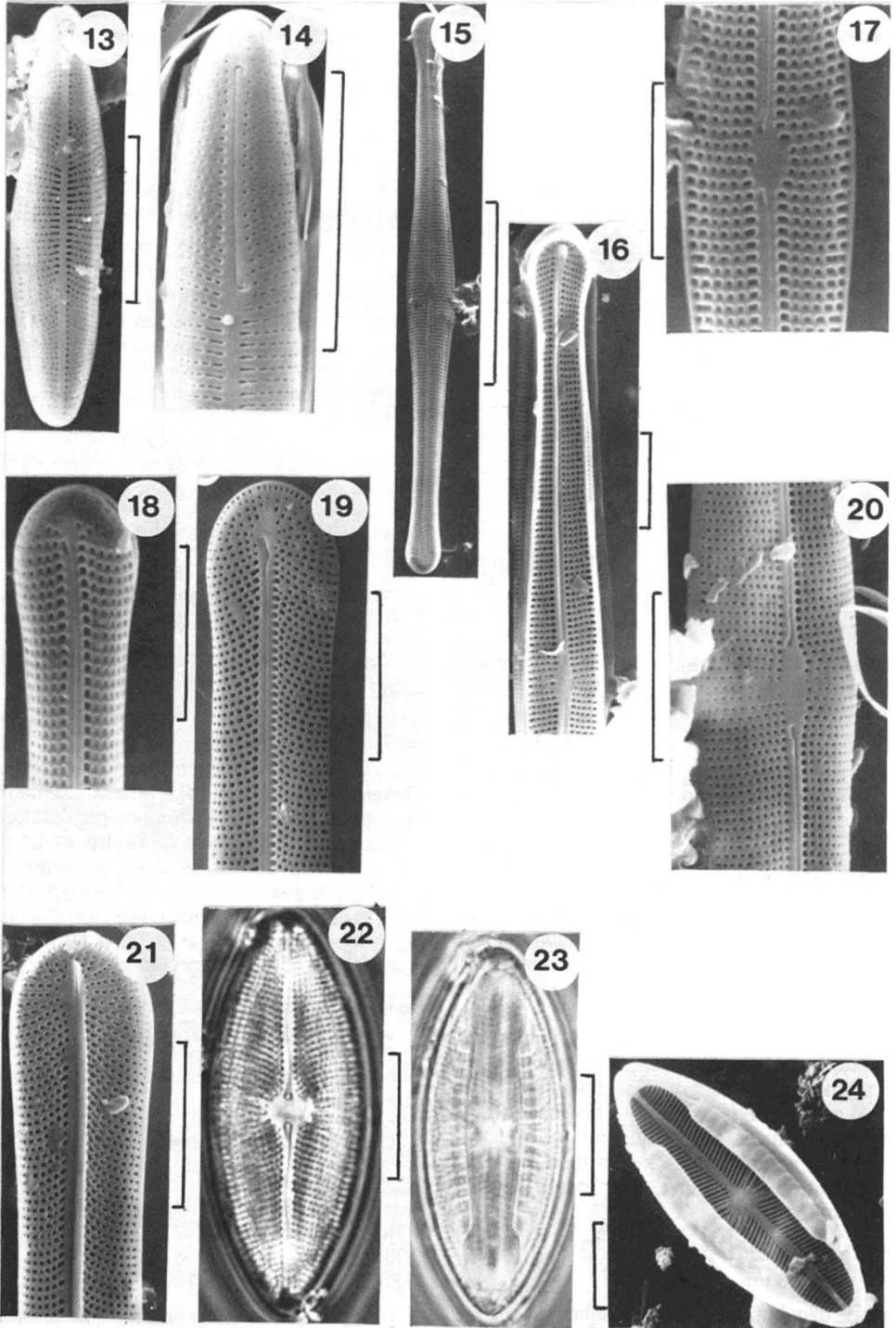
Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
5	40-74 µm	21-27 µm	13-15

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord (très rare).

Caloneis liber (W. Smith) Cleve var. *liber*
(fig. 35-37)

Hendey (1964), p. 229, pl. 29, fig. 2. Patrick & Reimer (1966), p. 582, pl. 53, fig. 8, 9. John (1983), p. 107, pl. 45, fig. 3. *Navicula liber* (Smith, 1853, p. 48, pl. 16, fig. 133).

Valves linéaires. Apex largement arrondis. Aire axiale linéaire, asymétrique et légèrement plus large d'un côté que de l'autre. Aire centrale relativement large, orbiculaire et souvent asymétrique. Raphé droit avec les extrémités proximales bulbeuses. Stries alvéolées, de perpendiculaires



Figures 13-24. Figures 13, 14. *Berkeleyya rutilans* (fig. 13 MEB, vue externe; fig. 14 MEB, vue externe, demi-valve). Figures 15-18. *Berkeleyya scopulorum* var. *belgica* (fig. 15 MEB, vue externe; fig. 16 MEB, vue interne, demi-valve; fig. 17 MEB, vue externe, centre de la valve; fig. 18 MEB, vue externe, apex). Figures 19-21. *Berkeleyya scopulorum* (fig. 19 MEB, vue externe, apex; fig. 20 MEB, vue externe, centre de la valve; fig. 21 MEB, vue interne, apex). Figures 22-24. *Mastogloia elliptica* (fig. 22 vue valvaire, stries; fig. 23 vue valvaire, partecta; fig. 24 MEB, vue interne). Échelles: 5 µm (fig. 17, 18), 10 µm (fig. 13-16, 19-24).

à légèrement radiantes aux extrémités, croisées par une ligne longitudinale très étroite (ouverture circulaire unique sur la face interne, fig. 36) et submarginale.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
48	55-173 µm	11-23 µm	15-21

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Anticosti; baie des Chaleurs (rare).

Caloneis westii (W. Smith) Hendey var. *westii* (fig. 33, 34)

Hendey (1964), p. 230, pl. 44, fig. 5-10, pl. 45, fig. 1-13. *Navicula westii* (Smith, 1853, p. 49, pl. 16, fig. 135). *Caloneis formosa* (Hendey, 1951, p. 57, pl. 17, fig. 13).

Valves de lancéolées à elliptiques. Apex arrondis, parfois très légèrement tronqués. Aire axiale de largeur variable et s'évasant graduellement vers le centre. Aire centrale légèrement asymétrique, de forme plus ou moins elliptique ou orbiculaire, se confondant parfois avec l'aire axiale. Raphé droit, déviant graduellement et dans la même direction vers ses extrémités proximales faiblement bulbeuses. Stries alvéolées, de radiantes au centre à perpendiculaires aux extrémités de la valve. Ligne longitudinale étroite (ouverture allongée unique, fig. 34), faiblement ondulée et submarginale.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
17	95-154 µm	21-31 µm	11-13

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive nord; baie des Chaleurs (rare).

Genre *Diploneis* Ehrenberg

Valves généralement elliptiques, parfois panduriformes. Raphé toujours bordé de deux côtes axiales de largeur variable. Canaux longitudinaux lisses ou ornements de perforations. Stries alvéolées, ou constituées d'une rangée simple ou double d'aréoles.

Diploneis coffaeiformis (Schmidt) Cleve (fig. 43)

Cleve (1894), p. 81. Hustedt (1931-1959), p. 611, fig. 1025.

Valve largement elliptique. Apex largement arrondis. Aire axiale étroite, très légèrement arquée et contractée au centre en une aire centrale rectangulaire. Raphé droit bordé de deux côtes axiales rectilignes. Canaux longitudinaux étroits, légèrement arqués, faiblement contractés au centre et ornements d'une simple rangée de

perforations. Stries progressivement courbées et radiantes vers les extrémités de la valve. Présence d'une ligne longitudinale submarginale évidente.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
1	20 µm	11 µm	13

Aire de distribution: Côte-Nord (très rare).

Diploneis didyma (Ehrenberg) Ehrenberg var. *didyma* (fig. 40-42)

Hustedt (1931-1959), p. 685, fig. 1075a, 1075b. Hendey (1964), p. 226, pl. 32, fig. 12. Patrick & Reimer (1966), p. 417, pl. 38, fig. 14. John (1983), p. 109, pl. 45, fig. 9.

Valves elliptiques faiblement contractées au centre en deux segments valvaires légèrement asymétriques. Apex largement arrondis. Aire axiale étroite et plutôt linéaire. Aire centrale généralement quadrangulaire. Raphé droit bordé de deux côtes axiales étroites et plutôt rectilignes. Canaux longitudinaux se rétrécissant légèrement depuis le centre vers les extrémités de la valve et ornements d'une ponctuation très fine sur la face externe (fig. 41) sans toutefois s'ouvrir sur la face interne à l'exception de deux ponctuations isolées aux apex (fig. 42). Stries constituées d'une rangée simple de grosses aréoles, progressivement courbées et radiantes vers les extrémités de la valve et croisées en un patron longitudinal quelque peu ondulé.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
12	30-55 µm	14-23 µm	7-9

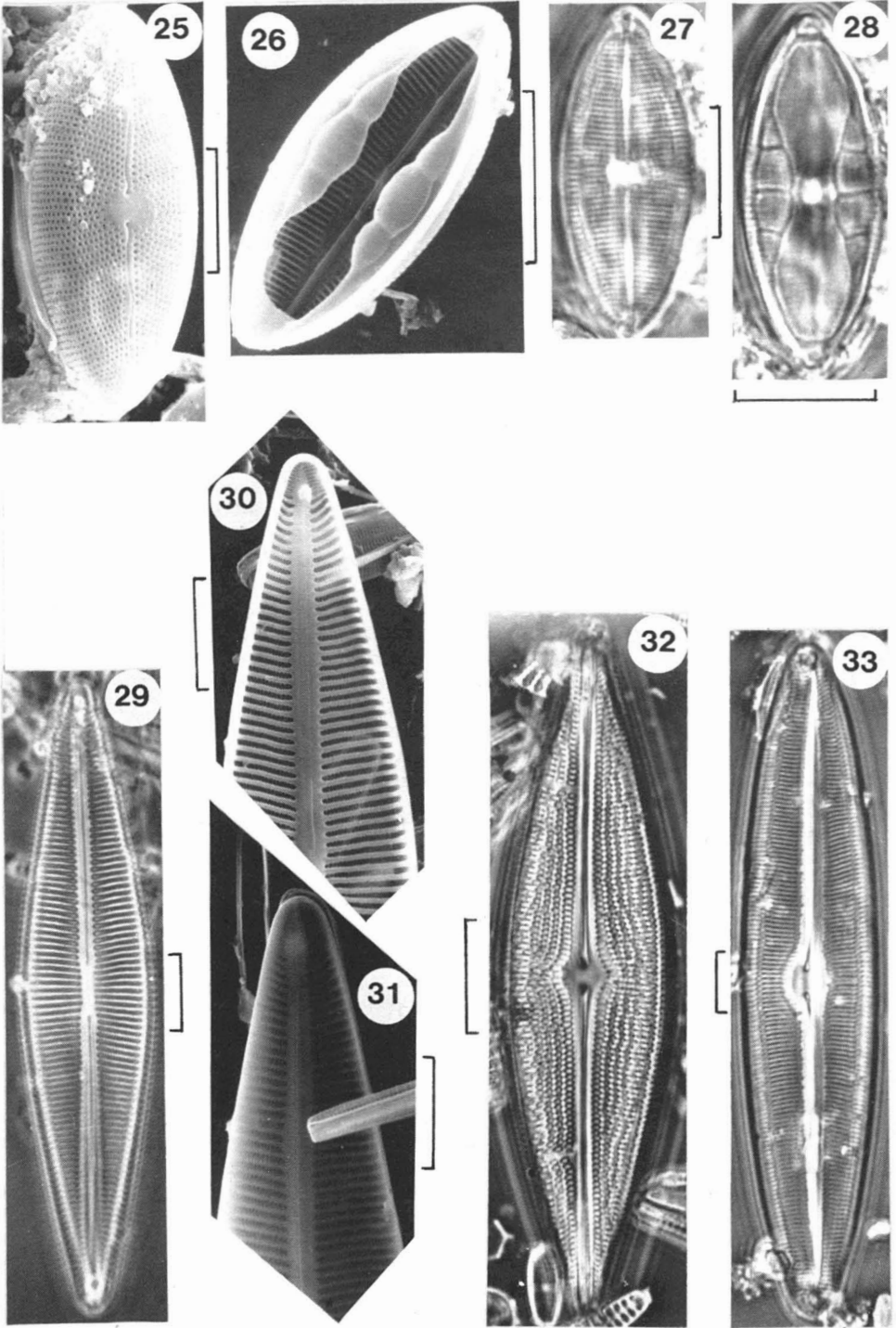
Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord; baie des Chaleurs (très rare).

Diploneis elliptica (Kützting) Cleve var. *elliptica* (fig. 44)

Hustedt (1931-1959), p. 690, fig. 1077a. Patrick & Reimer (1966), p. 414, pl. 38, fig. 10.

Valves très largement elliptiques. Apex arrondis. Aire axiale très réduite, s'évasant au centre en une aire centrale large et arrondie. Raphé droit, avec les extrémités proximales éloignées l'une de l'autre, et bordé de deux côtes axiales linéaires. Canaux longitudinaux se rétrécissant légèrement depuis le centre vers les extrémités de la valve et ornements d'une simple rangée de perforations. Stries constituées d'une rangée d'aréoles plutôt petites, progressivement courbées et radiantes vers les extrémités de la valve et croisées en un patron longitudinal courbé et légèrement ondulé.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
2	23-27 µm	16 µm	10-11



Figures 25-33. Figure 25. *Mastogloia elliptica*, MEB, vue externe. Figures 26-28. *Mastogloia exigua* (fig. 26 MEB, vue interne; fig. 27 vue valvaire, stries; fig. 28 vue valvaire, partecta). Figures 29-31. *Brebissonia boeckii* (fig. 29 vue valvaire; fig. 30 MEB, vue interne, apex; fig. 31 MEB, vue externe, apex). Figure 32. *Anomoeoneis serians*, vue valvaire. Figure 33. *Caloneis westii*, vue valvaire. Échelles: 10 μm .

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud (très rare).

Diploneis fusca var. *pelagi* (Schmidt) Cleve (fig. 47-49)

Cleve (1894), p. 93. Hustedt (1931-1959), p. 657, fig. 1055.

Valves rhombiques-lancéolées. Apex très largement arrondis. Aire axiale très réduite, linéaire et s'évasant au centre en une aire centrale large et quadrangulaire, à marges arrondies. Raphé droit, avec les extrémités proximales éloignées l'une de l'autre, et bordé de deux côtes axiales minces et rectilignes. Canaux longitudinaux se rétrécissant depuis le centre vers les extrémités de la valve et ornements de fines ponctuations sur la face externe sans toutefois s'ouvrir sur la face interne (fig. 48). Stries constituées d'une rangée simple de petites aréoles ou d'une double rangée submarginale, radiantes sur toute la surface de la valve et croisées en un patron longitudinal serré et ondulé.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
5	36-48 μm	25-30 μm	8-10

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Diploneis litoralis (Donkin) Cleve var. *litoralis* (fig. 45)

Hustedt (1931-1959), p. 665, fig. 1062a. Hende (1964), p. 226, pl. 32, fig. 9.

Valve largement elliptique. Apex largement arrondis. Aire axiale indistincte. Aire centrale très étroite et rectangulaire. Raphé droit avec les extrémités proximales éloignées l'une de l'autre, bordé de deux côtes axiales minces et droites. Canaux longitudinaux étroits et linéaires et ornements de fines ponctuations. Stries constituées d'une double rangée de fines ponctuations et progressivement courbées et radiantes vers les extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
1	46 μm	27 μm	12

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Diploneis litoralis var. *clathrata* (Østrup) Cleve (fig. 46)

Hustedt (1931-1959), p. 666, fig. 1062b. Poulin & Cardinal (1982a), p. 1269, fig. 24.

Diffère de la variété nominale par des valves linéaires-elliptiques et une striation légèrement plus serrée.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
2	17-22 μm	8-10 μm	14-15

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud; Côte-Nord (très rare).

Diploneis reichardtii var. *tschuktschorum* (Cleve) Heiden in Heiden et Kolbe (fig. 50-53)

Heiden & Kolbe (1928), p. 610. *Navicula tschuktschorum* (Cleve, 1883, p. 472, pl. 37, fig. 48).

Valves petites et elliptiques. Apex arrondis. Aire axiale très étroite et en forme de lyre. Aire centrale petite et quadrangulaire. Raphé droit bordé de deux côtes axiales très minces et linéaires. Canaux longitudinaux également en forme de lyre et sans ornementation. Stries constituées d'une ponctuation simple et de perpendiculaires à radiantes vers les extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
23	11-24 μm	6-11 μm	9-12

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (rare).

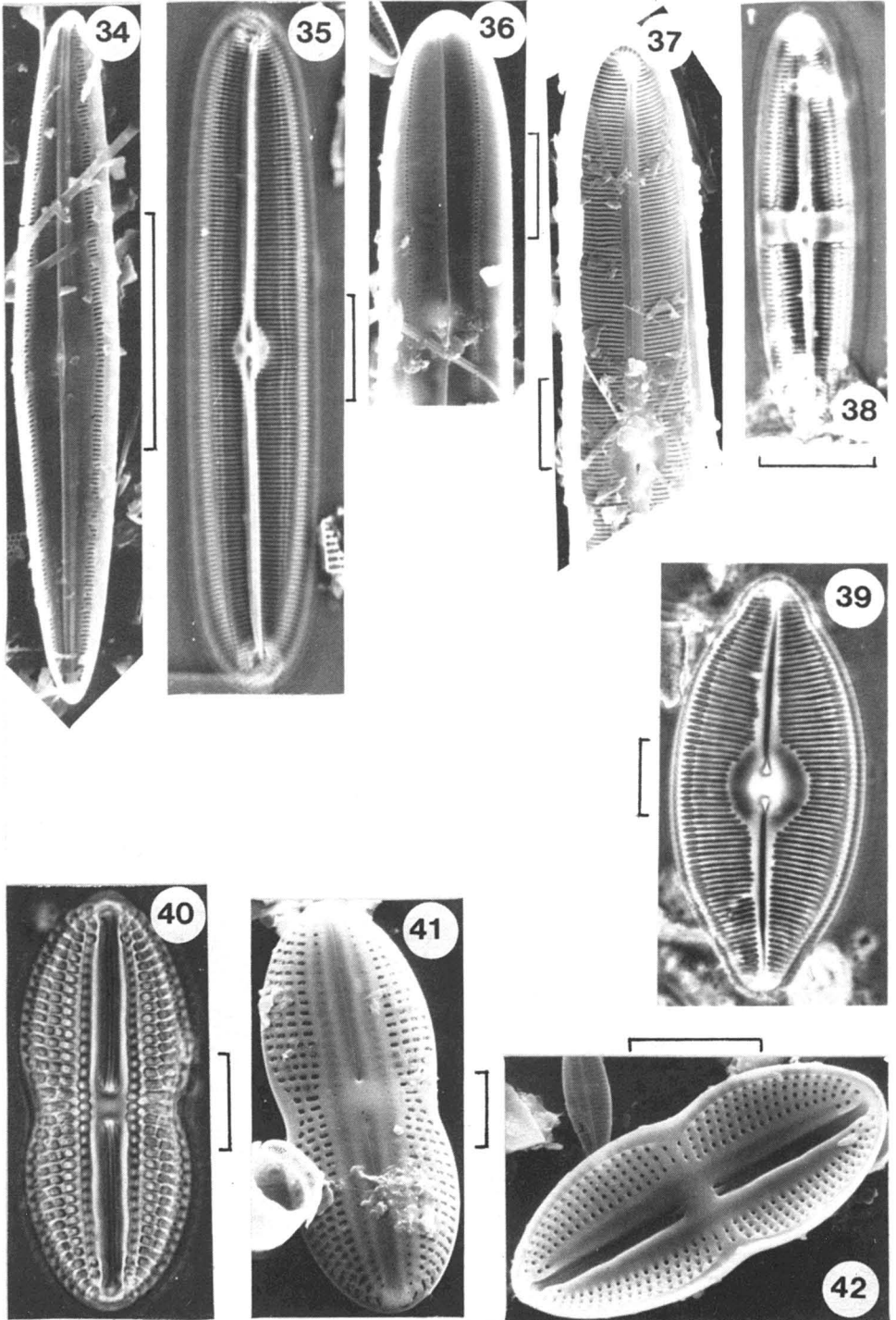
Diploneis smithii (Brébisson ex W. Smith) Cleve var. *smithii* (fig. 54-57)

Hustedt (1931-1959), p. 647, fig. 1051. Hende (1964), p. 225, pl. 32, fig. 10. Patrick & Reimer (1966), p. 410, pl. 38, fig. 2.

Valves de formes très variables, de linéaires-elliptiques à elliptiques. Apex largement arrondis. Aire axiale s'évasant très faiblement vers le centre en une aire centrale quadrangulaire à marges arrondies. Raphé droit avec les extrémités proximales bulbueuses, éloignées l'une de l'autre et bordé de deux côtes axiales étroites et linéaires. Canaux longitudinaux étroits, habituellement lancéolés, présentant une légère convexité au centre et ornements d'une double rangée de ponctuations sur la face externe (fig. 54) sans toutefois s'ouvrir sur la face interne (fig. 56). Stries constituées d'une double rangée de ponctuations et progressivement courbées et radiantes vers les extrémités de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
27	27-69 μm	12-30 μm	7-11

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (commun).



Figures 34-42. Figure 34. *Caloneis westii*, MEB, vue interne. Figures 35-37. *Caloneis liber* (fig. 35 vue valvaire; fig. 36 MEB, vue interne, demi-valve; fig. 37 MEB, vue externe, demi-valve). Figure 38. *Caloneis bacillum*, vue valvaire. Figure 39. *Caloneis brevis*, vue valvaire. Figures 40-42. *Diploneis didyma* (fig. 40 vue valvaire; fig. 41 MEB, vue externe; fig. 42 MEB, vue interne). Échelles: 10 μm (fig. 35-42), 50 μm (fig. 34).

Diploneis smithii var. *recta* M. Peragallo in
Peragallo et Peragallo
(fig. 63)

Hustedt (1931-1959), p. 650, fig. 1052b. Poulin & Cardinal (1982a), p. 1270, fig. 23.

Se distingue de la variété nominale par une valve elliptique, des canaux longitudinaux très étroits, et des stries légèrement plus denses.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
1	23 µm	11 µm	13

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud (très rare).

Diploneis smithii var. *rhombica* Mereschkowsky
(fig. 58-60)

John (1983), p. 110, pl. 46, fig. 2, 3. *Diploneis smithii* f. *rhombica* (Hustedt, 1931-1959, p. 649, fig. 1052a).

Diffère de la variété nominale par des valves nettement rhombiques-elliptiques.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
17	37-61 µm	24-38 µm	7-9

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive nord (rare).

Diploneis splendida (Gregory) Cleve
var. *splendida*
(fig. 61)

Hustedt (1931-1959), p. 712, fig. 1089a-1089c. Henedy (1964), p. 227.

Valves panduriformes. Apex largement tronqués. Aire axiale indistincte. Aire centrale quadrangulaire. Raphé droit bordé de deux côtes axiales rectilignes. Canaux longitudinaux très légèrement arqués et ornements d'une seule rangée de ponctuations qui sont nettement plus allongées au centre de la valve. Stries constituées d'une simple rangée de grosses aréoles, de perpendiculaires à radiantes vers les extrémités de la valve et croisées en un patron longitudinal généralement droit.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
6	79-90 µm	27-31 µm	6-7

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Diploneis splendida var. *puella* (Schmidt)
Cleve
(fig. 62)

Cleve (1894), p. 88. Hustedt (1931-1959), p. 714, fig. 1089d. Giffen (1970), p. 92, fig. 25.

Diffère de la variété nominale par des valves de plus faible dimension, une contraction au centre plus légère, des canaux longitudinaux nettement lancéolés et une striation formant un patron longitudinal de 2 ou 3 rangées.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
1	41 µm	16 µm	8

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Diploneis stroemi Hustedt
(fig. 64-66)

Hustedt (1931-1959), p. 608, fig. 1022. Henedy (1964), p. 224.

Valves panduriformes. Apex légèrement tronqués ou arrondis. Aire axiale indistincte. Aire centrale quadrangulaire. Raphé droit bordé de deux côtes axiales linéaires. Canaux longitudinaux nettement linéaires, étroits et ornements d'une fine ponctuation sur la face externe (fig. 66) sans toutefois s'ouvrir sur la face interne. Stries constituées d'une double rangée de fines ponctuations, de perpendiculaires à légèrement radiantes vers les extrémités de la valve, à peine perceptibles toutefois au centre de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 µm
16	29-55 µm	11-22 µm	8-12

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (rare).

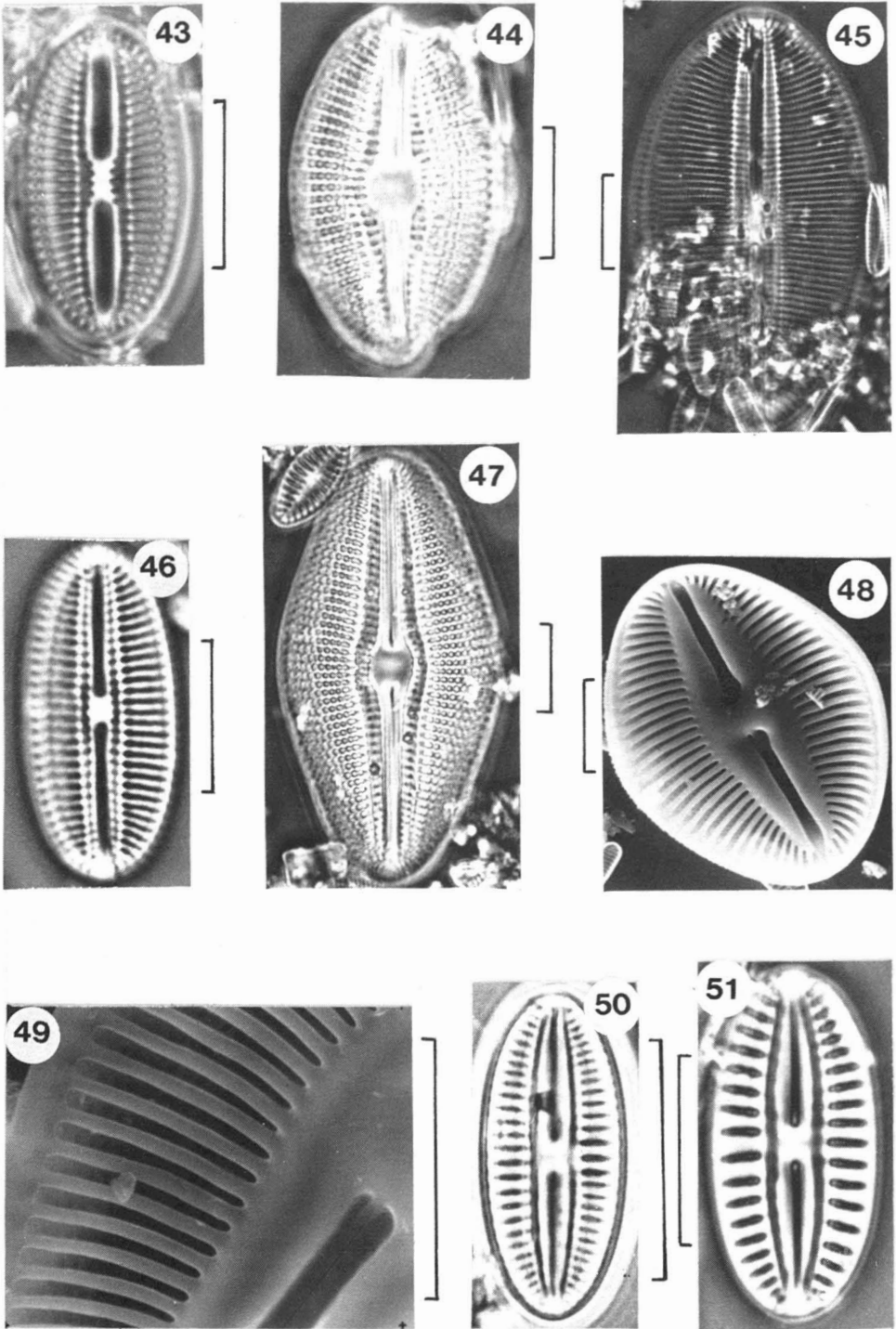
Genre *Frustulia* Rabenhorst

Valves lancéolées. Raphé reposant entre deux côtes axiales terminées aux apex en forme de pointe de plume («pencil point»). Stries finement ponctuées et croisées en un patron longitudinal serré.

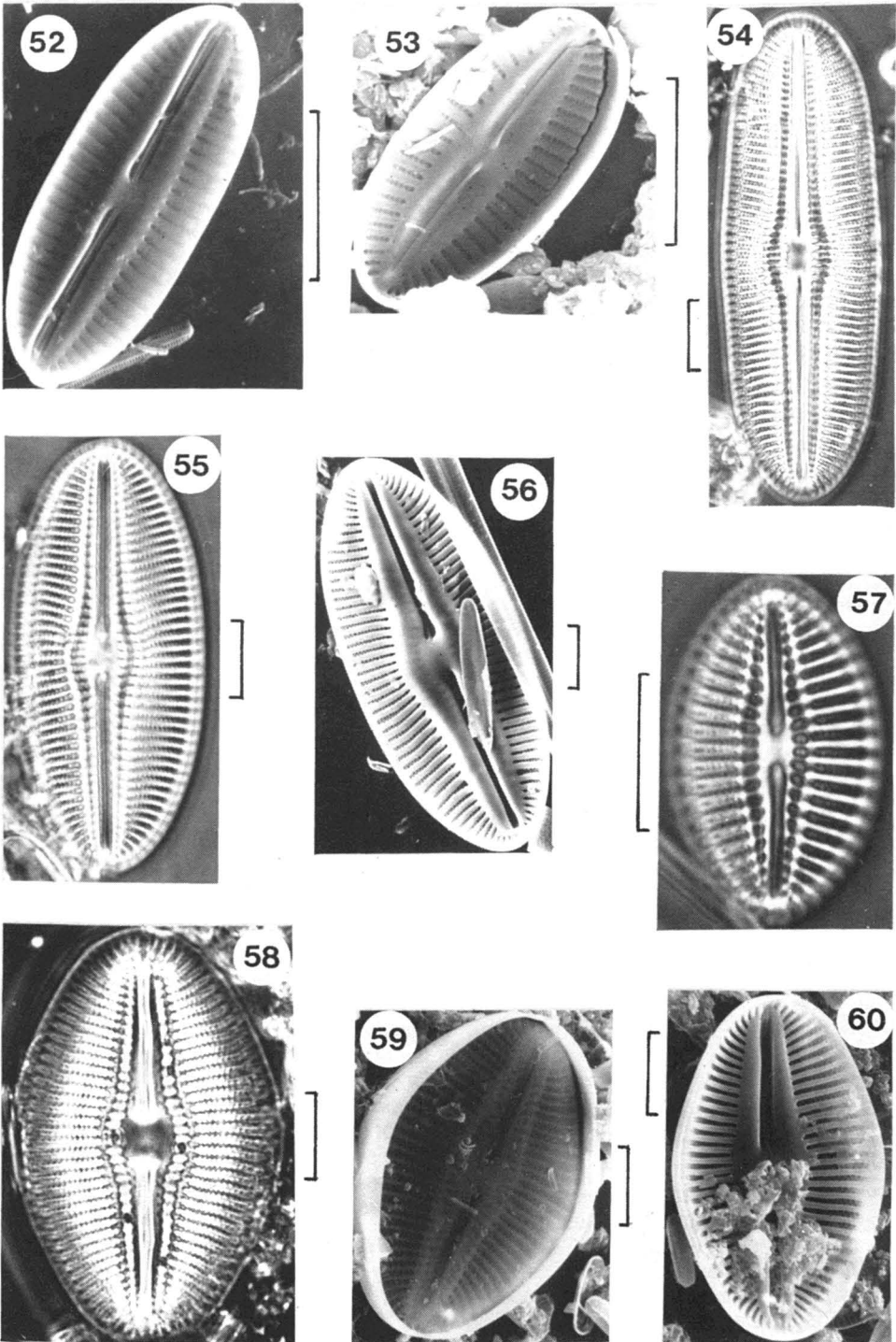
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni var.
rhomboides
(fig. 74, 75)

Hustedt (1931-1959), p. 728, fig. 1098a. Patrick & Reimer (1966), p. 306, pl. 21, fig. 5. John (1983), p. 112, pl. 46, fig. 10.

Valves rhombiques-lancéolées. Apex atténués-arrondis. Aire axiale étroite et linéaire se rétrécissant abruptement aux extrémités. Aire centrale rectangulaire et étranglée en son centre. Raphé droit, reposant entre deux côtes axiales, avec les extrémités distales distantes de l'apex. Stries très finement ponctuées, croisées; les stries longitudinales généralement plus distantes que les stries transversales, adoptant souvent un patron légèrement ondulé.



Figures 43-51. Figure 43. *Diploneis coffaeiformis*, vue valvaire. Figure 44. *Diploneis elliptica*, vue valvaire. Figure 45. *Diploneis litoralis*, vue valvaire. Figure 46. *Diploneis litoralis* var. *clathrata*, vue valvaire. Figures 47-49. *Diploneis fusca* var. *pelagi* (fig. 47 vue valvaire; fig. 48 MEB, vue interne; fig. 49 MEB, vue interne, détail des stries). Figures 50, 51. *Diploneis reichardtii* var. *tshuktschorum*, vue valvaire. Échelles: 10 μm .



Figures 52-60. Figures 52, 53. *Diploneis reichardtii* var. *tschuktschorum* (fig. 52 MEB, vue interne; fig. 53 MEB, vue externe). Figures 54-57. *Diploneis smithii* (fig. 54, 55, 57 vue valvaire, variations morphologiques; fig. 56 MEB, vue interne). Figures 58-60. *Diploneis smithii* var. *rhombica* (fig. 58 vue valvaire; fig. 59 MEB, vue externe; fig. 60 MEB, vue interne). Échelles: 10 μ m.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm Perpendi-Longitu- culaires dinales	
3	70-113 μm	13-20 μm	25-26	22-28

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord (très rare).

Genre *Haslea* Simonsen

Valves fusiformes. Absence d'aires axiale et centrale. Raphé bordé de part et d'autre d'une étroite côte axiale et avec les extrémités proximales très rapprochées l'une de l'autre. Stries aréolées et croisées.

Haslea crucigera (W. Smith) Simonsen
(fig. 103, 112-114)

Lobban (1984), p. 791, fig. 15. *Navicula crucigera* (Hustedt, 1961-1966, p. 44, fig. 1199; Hendeby, 1964, p. 189, pl. 37, fig. 7).

Valves étroitement lancéolées. Apex atténués. Présence d'un pseudostauros («false stauros», Hendeby, 1964, p. 190; Cox, 1977, p. 266) généralement divisé en 2 ou 3 branches atteignant la marge (fig. 114). Raphé droit avec les extrémités proximales très près l'une de l'autre, droites sur la face interne et courbées dans le même sens sur la face externe. Stries aréolées et croisées, les perpendiculaires nettement plus distantes les unes des autres que les longitudinales.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm Perpendi-Longitu- culaires dinales	
23	87-144 μm	10-13 μm	10-14	20-25

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; baie des Chaleurs (commun).

Haslea crucigeroides (Hustedt) Simonsen
var. *crucigeroides*
(fig. 104, 115, 116)

Navicula crucigeroides (Hustedt, 1961-1966, p. 47, fig. 1201; Poulin & Cardinal, 1982b, p. 2826, fig. 8, 15).

Valves lancéolées et très légèrement étranglées au centre. Apex atténués. Présence d'un pseudostauros étroit et entier. Raphé droit avec les extrémités proximales très près l'une de l'autre et droites sur la face interne. Stries aréolées, croisées et équidistantes.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm Perpendi-Longitu- culaires dinales	
21	62-122 μm	10-19 μm	21-24	21-24

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; baie des Chaleurs (très rare).

Haslea crucigeroides var. ***densestriata***
nov. var.
(fig. 105, 106, 117, 118)

Valvae anguste lanceolatae. Apices attenuati. Pseudostauros saepe divisus in duos rami. Raphe recta, proximalibus extremitatibus sibi confinibus et linearibus in interna superficie. Striae areolae et cruciatae, perpendiculares distansiores quam longitudinales.

Numerus	Longitudo	Latitudo	Striæ in 10 μm Perpendi-Longitu- culares dinales	
8	65-107 μm	8-10 μm	22-25	28

Valves étroitement lancéolées. Apex atténués. Présence d'un pseudostauros souvent divisé en 2 branches. Raphé droit avec les extrémités proximales très rapprochées l'une de l'autre et droites sur la face interne. Stries aréolées et croisées, les perpendiculaires plus distantes les unes des autres que les longitudinales.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm Perpendi-Longitu- culaires dinales	
8	65-107 μm	8-10 μm	22-25	28

Holotype: substrat rocheux de l'étage méditerranéen, Pointe Mitis, estuaire du Saint-Laurent, Québec. 1981.08.13. Coll. A. Cardinal. Département de biologie, Université Laval. Lame n° 229.

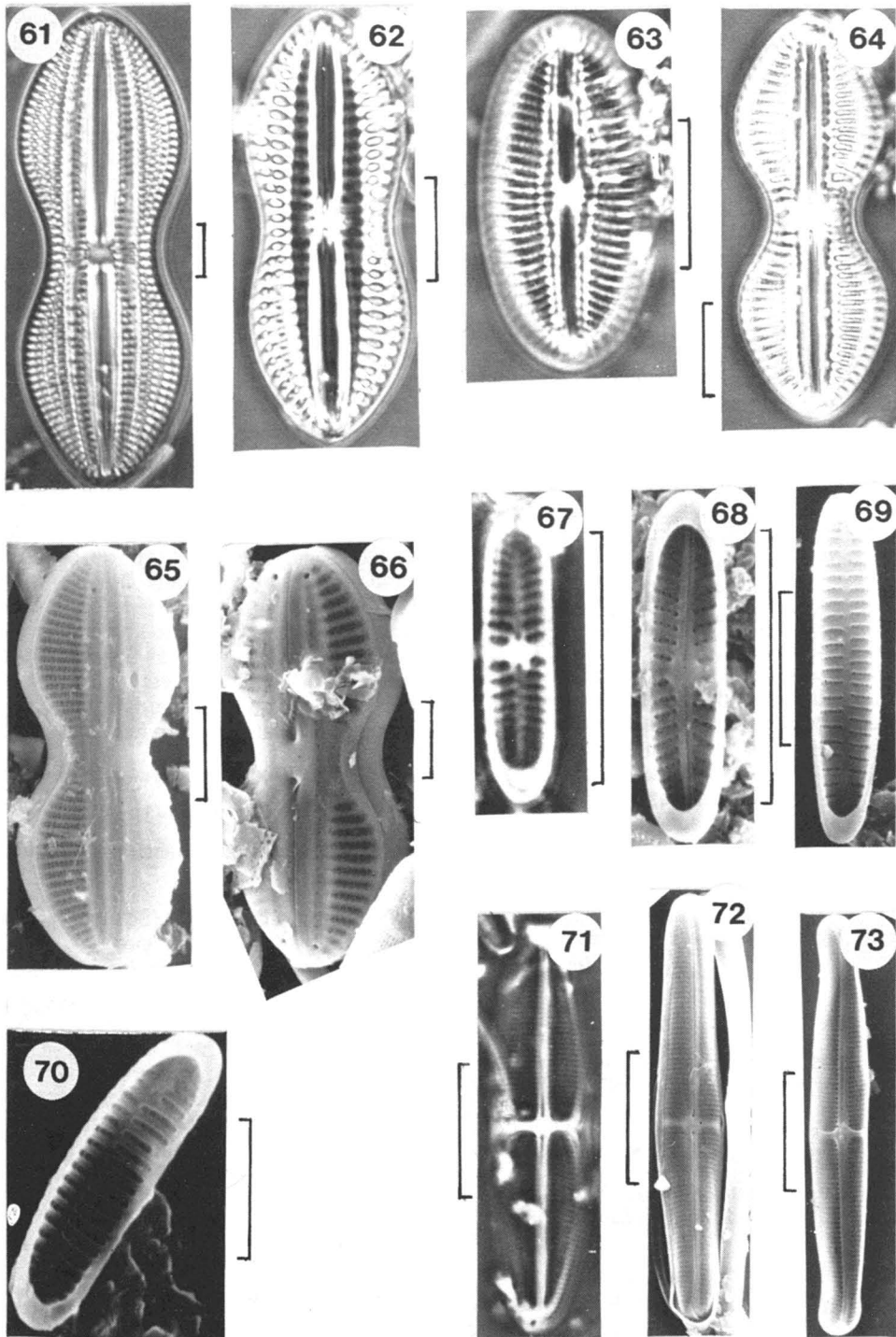
Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; baie des Chaleurs (très rare).

Discussion: Cette nouvelle variété diffère de la variété nominale par les caractéristiques suivantes: des valves plus étroites et ne présentant pas d'étranglement au centre, un pseudostauros généralement divisé en branches et des stries longitudinales plus denses. Nous avons cru bon rapprocher ce taxon de *Haslea crucigeroides* plutôt que de *H. crucigera* car cette dernière espèce se caractérise par une silicification plus forte et des stries perpendiculaires beaucoup moins denses.

Haslea crystallina (Hustedt) Simonsen
(fig. 107-111)

Navicula crystallina (Hustedt, 1961-1966, p. 42, fig. 1196).

Valves étroitement lancéolées. Apex atténués. Absence de pseudostauros. Raphé droit avec les extrémités proximales très près l'une de l'autre et droites sur la face interne. Stries aréolées et



Figures 61-73. Figure 61. *Diploneis splendida*, vue valvaire. Figure 62. *Diploneis splendida* var. *puella*, vue valvaire. Figure 63. *Diploneis smithii* var. *recta*, vue valvaire. Figures 64-66. *Diploneis stroemi* (fig. 64 vue valvaire; fig. 65, 66 MEB, vue externe). Figures 67-70. *Rhoicosphenia genuflexa* (fig. 67 VR; fig. 68 MEB, vue interne, VR; fig. 69, 70 MEB, vue interne, VRR). Figures 71-73. *Stauroneis decipiens* (fig. 71 vue valvaire; fig. 72 MEB, vue externe; fig. 73 MEB, vue interne). Échelles: 5 μm (fig. 70), 10 μm (fig. 61-69, 71-73).

croisées, les perpendiculaires légèrement plus distantes les unes des autres que les longitudinales.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	Partecta en 10 μm
24	83-155 μm	10-13 μm	24-27	28-32

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (rare).

Genre *Mastogloia* Thwaites ex W. Smith

Valves elliptiques ou lancéolées. Raphé droit ou ondulé. Stries grossièrement ou finement ponctuées. Présence de partecta internes marginaux de largeur égale ou inégale, sur la bande intercalaire.

Mastogloia elliptica (Agardh) Cleve
var. *elliptica*
(fig. 22-25)

Hustedt (1931-1959), p. 501, fig. 927a. John (1983), p. 117, pl. 49, fig. 7-9.

Valves elliptiques. Apex arrondis. Aire axiale linéaire et se rétrécissant vers les extrémités. Aire centrale petite et de forme plus ou moins elliptique. Raphé ondulé avec les extrémités proximales bulbeuses et les extrémités distales légèrement déviées dans le même sens. Stries finement ponctuées et radiantées sur toute la valve. Présence de stries écourtées vers le centre de la valve. Nombreux partecta (jusqu'à 26) de dimensions égales formant une bande latérale à marge interne lisse n'atteignant pas l'extrémité de la valve.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	Partecta en 10 μm
14	22-61 μm	11-17 μm	17-19	7-10

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive nord (rare).

Mastogloia exigua Lewis var. *xigua*
(fig. 26-28)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 38, pl. 6, fig. 28, 29. Hustedt (1931-1959), p. 569, fig. 1003. John (1983), p. 118, pl. 50, fig. 1, 2.

Valves elliptiques. Apex arrondis ou légèrement subrostrés. Aire axiale étroite et linéaire. Aire centrale rectangulaire. Raphé droit. Stries très finement ponctuées, de perpendiculaires à légèrement radiantées. Partecta peu nombreux (3-4) de dimensions inégales formant, au centre de la valve, une bande latérale à marge interne ondulée.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm	Partecta en 10 μm
5	16-25 μm	7-10 μm	22-26	4

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive nord; baie des Chaleurs (très rare).

Genre *Pinnularia* Ehrenberg

Valves de linéaires à linéaires-lancéolées. Stries généralement robustes et alvéolées. Lignes longitudinales, lorsque visibles, généralement plus larges et localisées vers la région axiale de la valve.

Pinnularia appendiculata var. *budensis*
(Grunow in Van Heurck) Cleve
(fig. 77-79)

Hustedt (1930), p. 317, fig. 570b.

Valves elliptiques. Apex nettement capités. Aire axiale distincte, s'évasant vers le centre. Aire centrale généralement dilatée transversalement en un bandeau. Raphé droit avec les extrémités proximales bulbeuses. Nodules centraux et terminaux distincts. Stries alvéolées, de fortement radiantées à fortement convergentes aux extrémités. Présence de stries courtes et rayonnantes aux apex délimitant une aire terminale arrondie.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
10	17-20 μm	5-6 μm	17-20

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Pinnularia quadratarea (Schmidt) Cleve
var. *quadratarea*
(fig. 76)

Cleve-Euler (1955), p. 10, fig. 982a, 982b. Hendey (1964), p. 232.

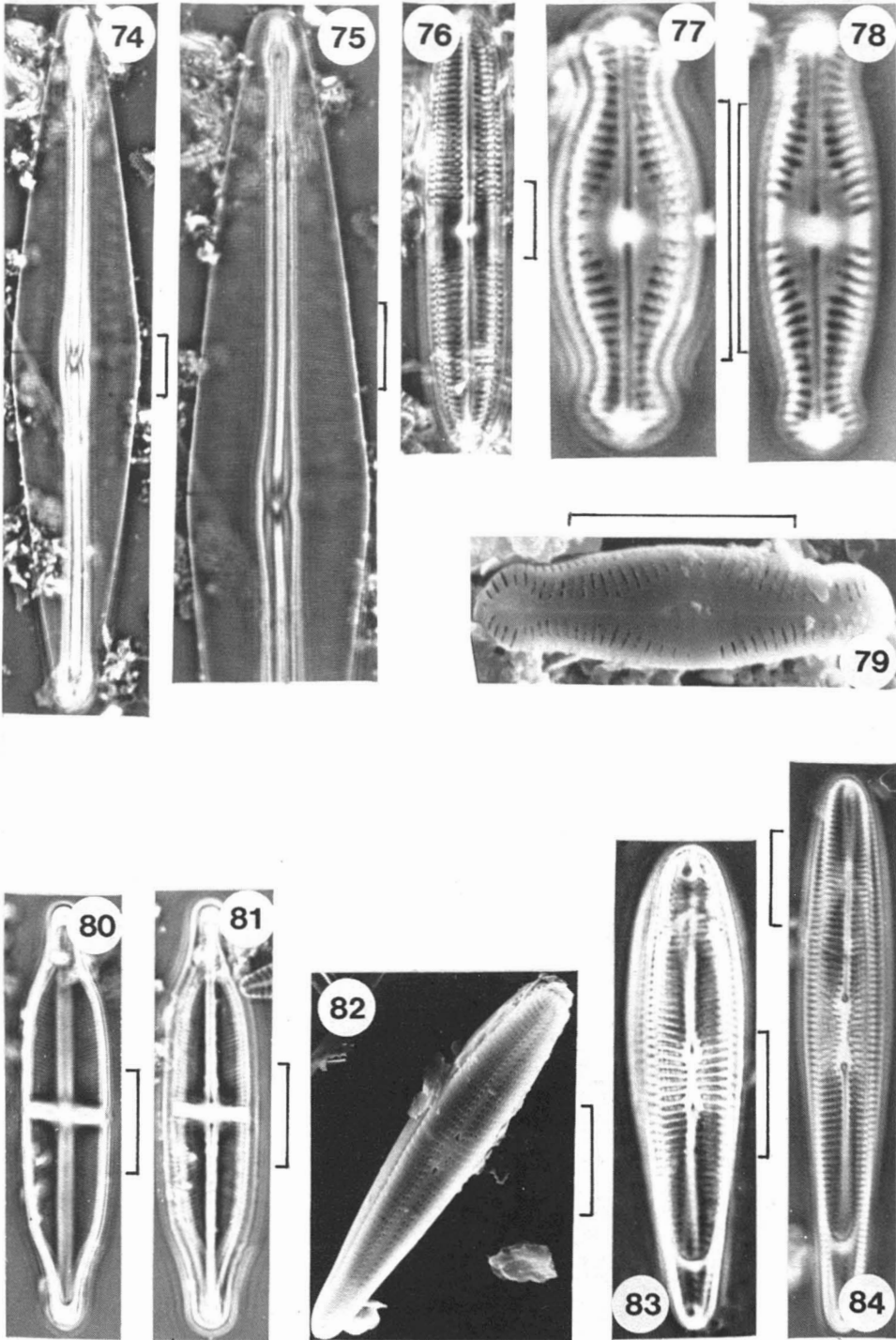
Valves linéaires. Apex arrondis. Aire axiale étroite et linéaire. Aire centrale dilatée transversalement en un large bandeau. Raphé droit. Stries alvéolées, de perpendiculaires à légèrement convergentes aux extrémités.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
2	58 μm	10 μm	10

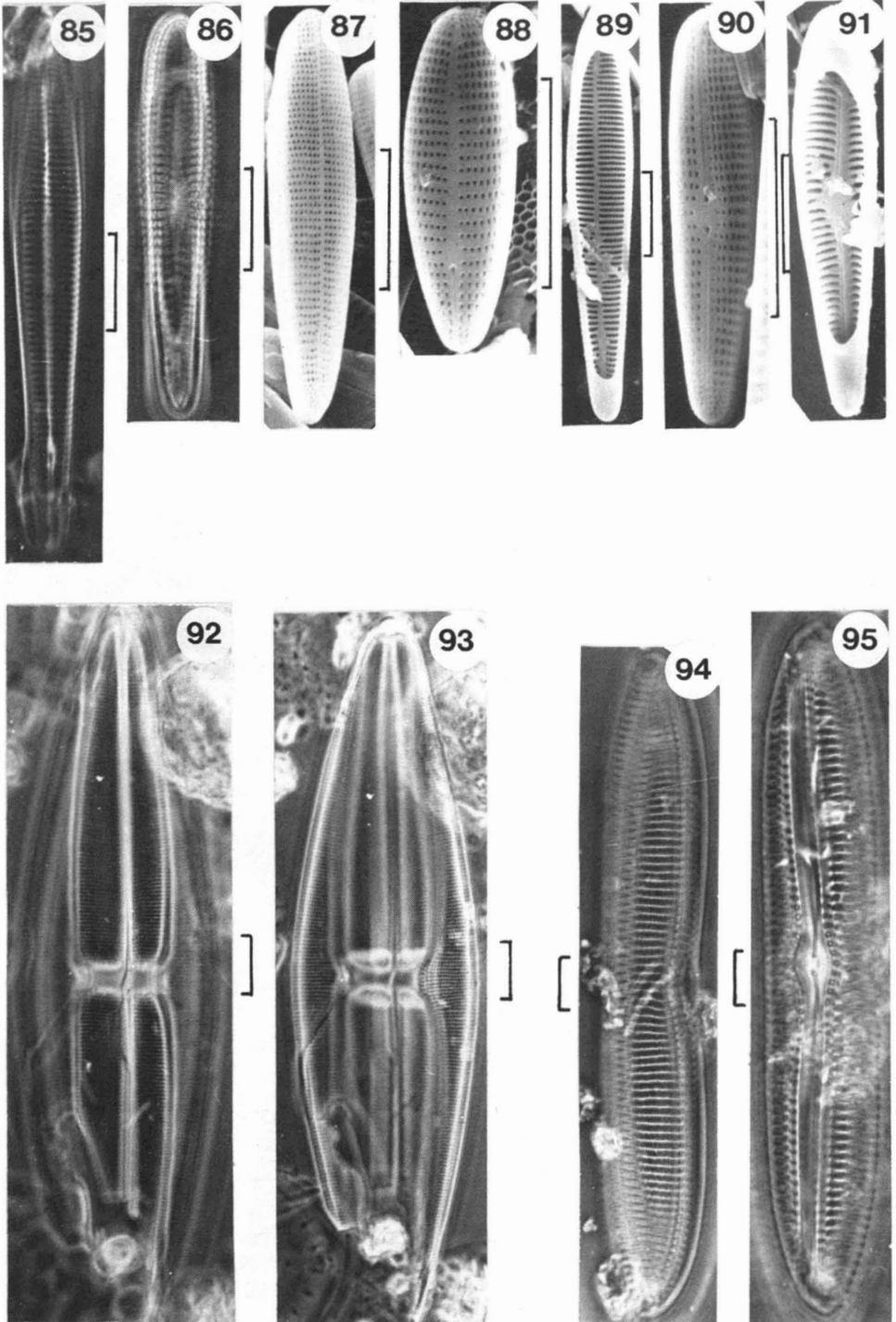
Aire de distribution: Côte-Nord; baie des Chaleurs (très rare).

Genre *Pseudoamphiprora* Cleve

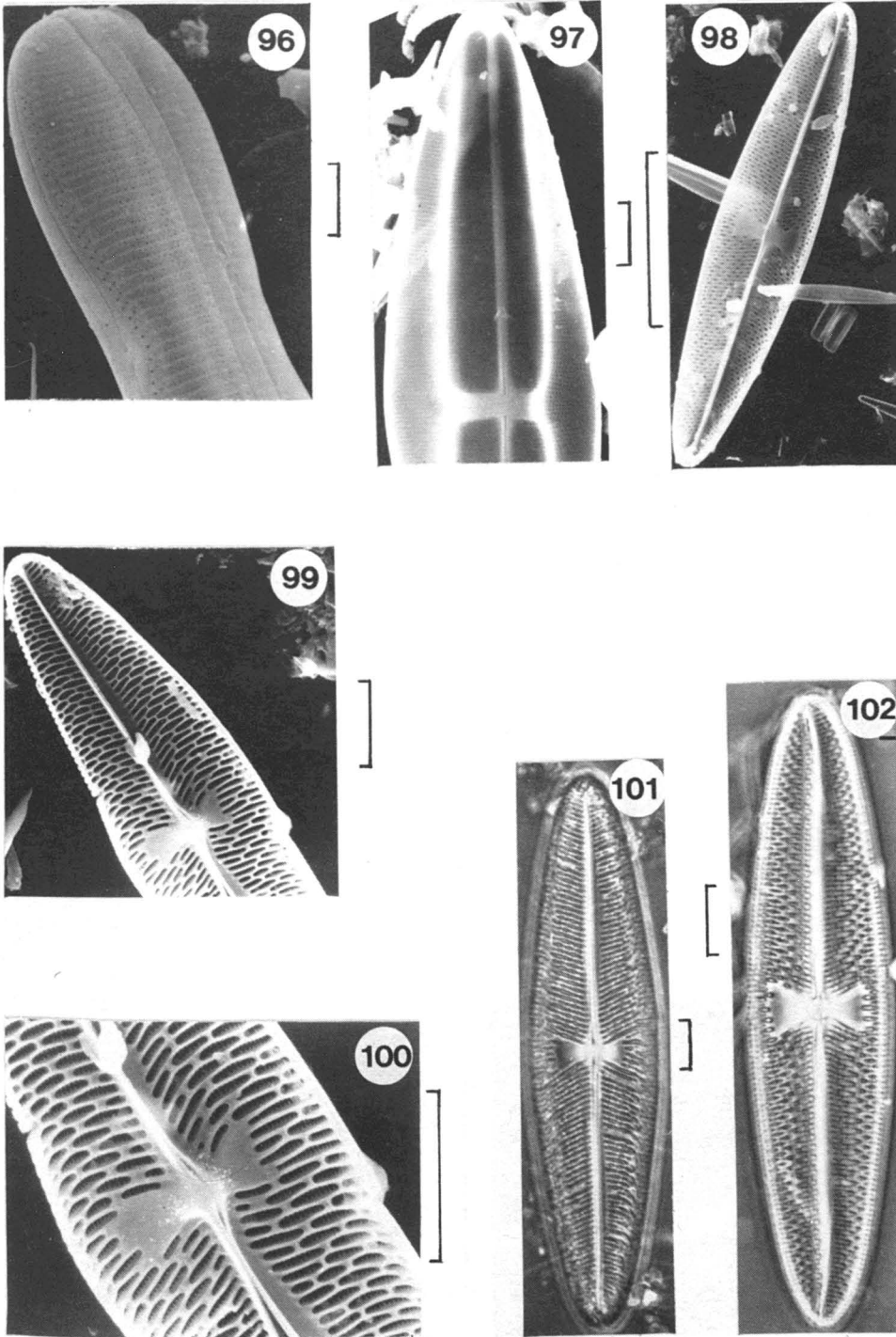
Valves lancéolées. Aire centrale dilatée transversalement en un bandeau s'arrêtant aux lignes longitudinales, qui s'étendent jusqu'à l'apex, ce



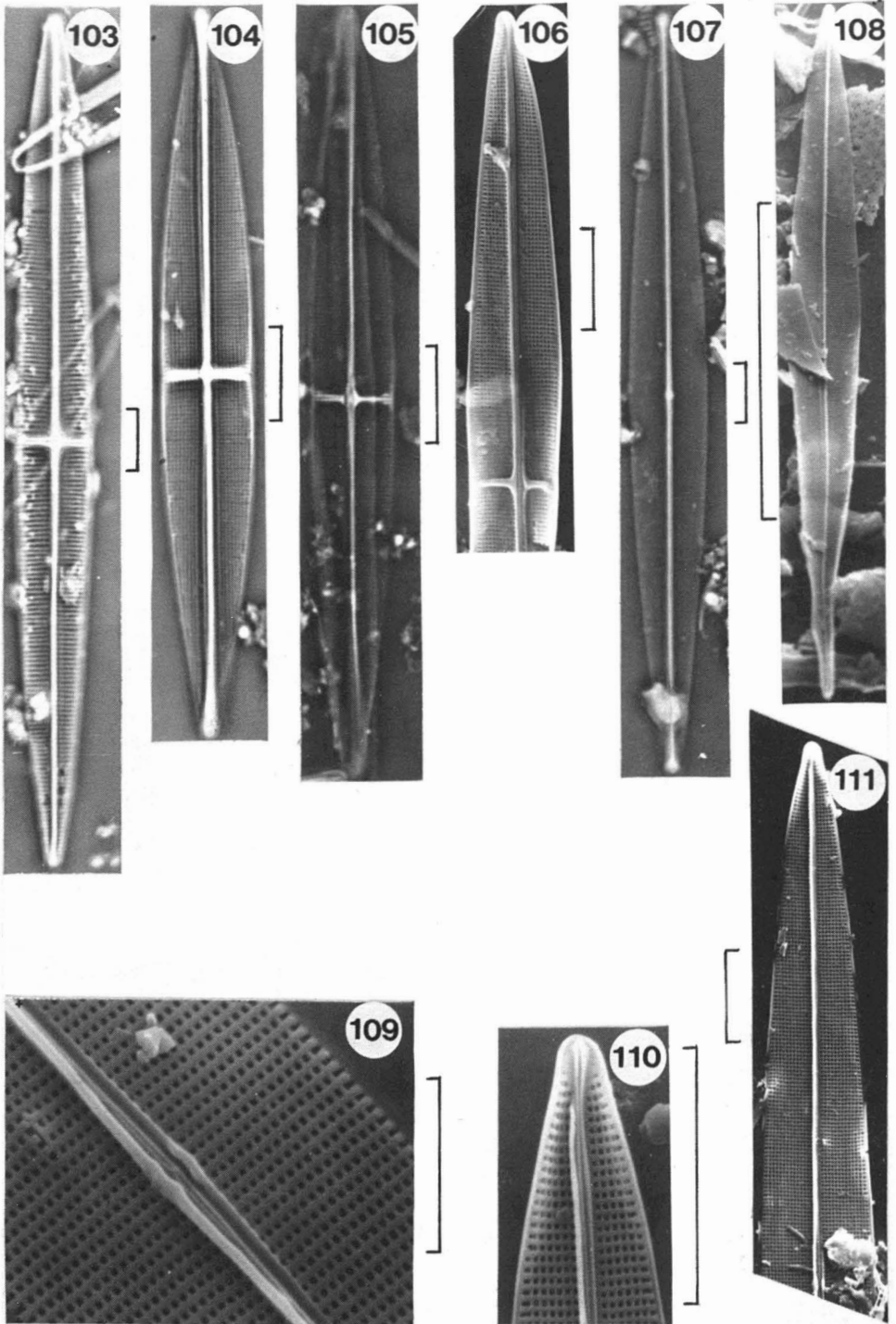
Figures 74-84. Figures 74, 75. *Frustulia rhomboides* (fig. 74 vue valvaire; fig. 75 demi-valve). Figure 76. *Pinnularia quadratarea*, vue valvaire. Figures 77-79. *Pinnularia appendiculata* var. *budensis* (fig. 77, 78 vue valvaire; fig. 79 MEB, vue externe). Figures 80, 81. *Stauroneis producta* (fig. 80 vue valvaire, pseudo-septa; fig. 81 vue valvaire, stries). Figures 82-84. *Rhoicosphenia marina* (fig. 82 MEB, VR; fig. 83, 84 VR). Échelles: 10 μ m.



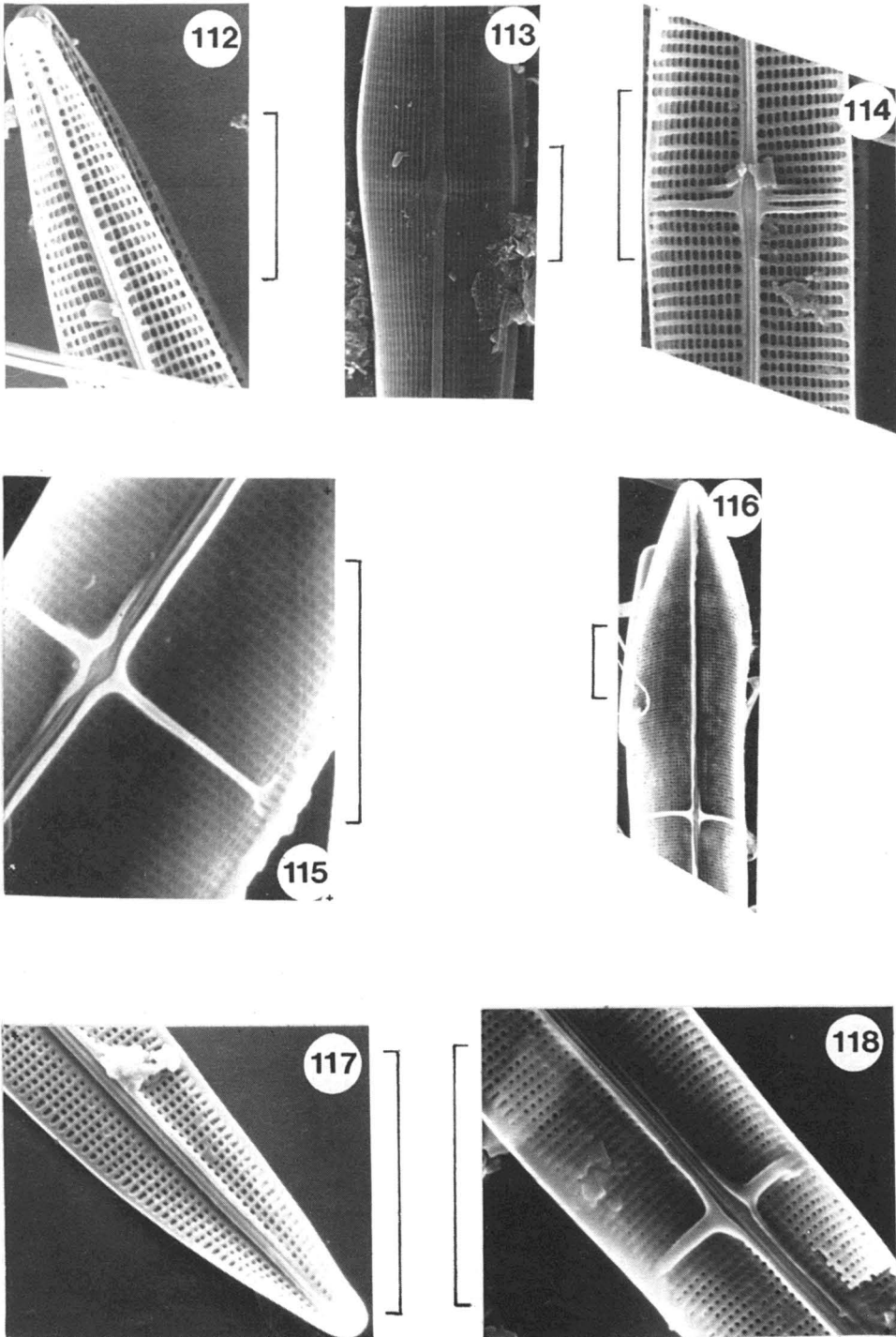
Figures 85-95. Figures 85-91. *Rhoicosphenia abbreviata* (fig. 85 VRR; fig. 86 VR; fig. 87, 88 MEB, vue externe, VRR; fig. 89 MEB, vue interne, VRR; fig. 90 MEB, vue externe, VR; fig. 91 MEB, vue interne, VR). Figures 92, 93. *Pseudoamphiprora stauroptera*, vue valvaire. Figures 94, 95. *Scoliotropis latestriata* (fig. 94 vue cingulaire; fig. 95 vue valvaire). Échelles: 5 μ m (fig. 88), 10 μ m (fig. 85-87, 89-95).



Figures 96-102. Figure 96. *Scoliotropis latestriata*, MEB, vue externe, demi-frustule. Figure 97. *Pseudoamphiprora stauroptera*, MEB, vue externe, demi-valve. Figures 98-102. *Trachyneis aspera* (fig. 98 MEB, vue interne; fig. 99 MEB, vue interne, demi-valve; fig. 100 MEB, vue interne, centre de la valve; fig. 101, 102, vue valvaire). Échelles: 10 μm (96, 97, 99-102), 50 μm (fig. 98).



Figures 103-111. Figure 103. *Haslea crucigera*, vue valvaire. Figure 104. *Haslea crucigeroides*, vue interne, demi-valve). Figures 105, 106. *Haslea crucigeroides* var. ***densestriata*** (fig. 105 vue valvaire; fig. 106 MEB, vue interne, demi-valve). Figures 107-111. *Haslea crystallina* (fig. 107 vue valvaire; fig. 108 MEB, vue interne; fig. 109 MEB, vue interne, centre de la valve; fig. 110 MEB, vue interne, apex; fig. 111 MEB, vue interne, demi-valve). Échelles: 5 μm (fig. 109). 10 μm (103-107, 110, 111), 50 μm (fig. 108).



Figures 112-118. Figures 112-114. *Haslea crucigera* (fig. 112 MEB, vue interne, apex; fig. 113 MEB, vue externe, centre de la valve; fig. 114 MEB, vue interne, centre de la valve). Figures 115, 116. *Haslea crucigeroides* (fig. 115 MEB, vue interne, centre de la valve; fig. 116 MEB, vue interne, demi-valve). Figures 117, 118. *Haslea crucigeroides* var. *densestriata* (fig. 117 MEB, vue interne, apex; fig. 118 MEB, vue interne, centre de la valve). Échelles: 10 μ m.

qui délimite deux régions sur la valve. Stries finement ponctuées.

Pseudoamphiprora stauroptera (J.W. Bailey)
Cleve
(fig. 92, 93, 97)

Cleve (1894), p. 71, fig. dans texte. Hendey (1964), p. 235, pl. 39, fig. 17. *Navicula stauroptera* (Peragallo & Peragallo, 1897-1908, p. 143, pl. 28, fig. 5, 6).

Valves rhombiques-lancéolées. Apex plutôt arrondis. Aire axiale étroite et linéaire. Région médiane de la valve surélevée, bordée par deux lignes longitudinales hyalines qui délimitent une surface étranglée en son centre, où l'on retrouve une aire centrale de forme rectangulaire s'étendant jusqu'aux lignes latérales. Raphé droit. Stries très finement ponctuées, de perpendiculaires à légèrement radiantes.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
3	122-125 μm	31-34 μm	15-17

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Genre *Rhoicosphenia* Grunow

Frustules arqués en vue cingulaire. Valves généralement hétéropolaires, dissemblables; une valve concave à raphé bien développé, une valve convexe à raphé rudimentaire aux apex. Pseudoseptum à chacune des extrémités. Stries finement ponctuées.

Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot var. *abbreviata*
(fig. 85-91)

Lange-Bertalot (1980), p. 586, fig. 1a, 3c, 3d, 5a. *Rhoicosphenia curvata* (Hustedt, 1931-1959, p. 430, fig. 879. Mann, 1982, p. 162, fig. 1-27).

Valves hétéropolaires, étroitement cunéiformes. Apex arrondis. Valve à raphé (VR): aire axiale très étroite et linéaire. Aire centrale étroite et elliptiquement allongée. Raphé complet et droit avec les extrémités proximales externes bulbeuses. Stries finement ponctuées, de légèrement radiantes à perpendiculaires et plus denses aux extrémités de la valve. Valve à raphé résiduel (VRR): aire axiale étroite et rectiligne. Absence d'aire centrale. Raphé court et droit avec les extrémités proximales externes bulbeuses. Stries finement ponctuées et perpendiculaires sur toute la valve. Grandes pseudosepta aux apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
27	17-70 μm	5-9 μm	13-19

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Basse-Côte-Nord; Anticosti; péninsule gaspésienne; baie des Chaleurs (très commun).

Rhoicosphenia genuflexa (Kützing) Medlin
(fig. 67-70)

Medlin & Fryxell (1984), p. 101, fig. 1-28. Medlin & Fryxell (1984b). *Rhoicosphenia adolfi* (Schmidt, 1874-1959, pl. 213, fig. 20).

Valves isopolaires, de petite taille et linéaires. Apex arrondis. Valve à raphé: aire axiale étroite et rectiligne. Aire centrale dilatée latéralement en un mince bandeau. Raphé complet et droit avec les extrémités proximales externes bulbeuses. Stries très finement ponctuées, radiantes sur toute la valve et plus denses aux apex. Valve à raphé résiduel: aire axiale étroite et linéaire. Absence d'aire centrale. Raphé très court et droit. Stries très finement ponctuées et perpendiculaires sur toute la valve. Courts pseudosepta aux apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
26	7-22 μm	2,5-4 μm	13-19

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; Anticosti; baie des Chaleurs (rare).

Discussion: Tous les spécimens observés étaient de petite taille et présentaient un bandeau; nous n'avons jamais rencontré d'individus de plus grande taille (30-40 μm) dont les caractéristiques différeraient sensiblement conformément aux observations de Medlin & Fryxell (1984a).

Rhoicosphenia marina (W. Smith) Schmidt
var. *marina*
(fig. 82-84)

Schmidt (1874-1959), pl. 213, fig. 28-34. Hustedt (1931-1959), p. 432, fig. 880.

Valves hétéropolaires, étroitement cunéiformes. Apex arrondis. Valve à raphé: aire axiale étroite et linéaire. Aire centrale étranglée en son centre. Raphé complet et droit avec les extrémités proximales externes bulbeuses. Stries finement ponctuées, de perpendiculaires à radiantes vers les extrémités de la valve. Nous n'avons pu observer avec certitude de valve à raphé résiduel où selon Hustedt (*loc. cit.*) on retrouverait une striation plus dense que chez *R. abbreviata* (18-24 stries en 10 μm). Grandes pseudosepta aux apex.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
7	32-70 μm	6-9 μm	15-18

Aire de distribution: baie des Chaleurs (très rare).

Discussion: *Rhoicosphenia marina* se distingue essentiellement de *R. abbreviata* par un étranglement prononcé de l'aire centrale, une distance plus grande entre les extrémités proximales du raphé sur la valve à raphé, et une striation plus dense sur la valve à raphé résiduel. La valve à raphé du *R. marina* ressemble aussi à bien des égards à la valve à raphé du *R. genuflexa*, mais elle s'en distingue par son hétéropolarité.

Genre *Scoliotropis* Cleve

Valves généralement linéaires. Aire axiale et raphé en position diagonale, légèrement sigmoïdes et bordés d'une ligne longitudinale perforée. Stries constituées d'une double rangée de ponctuations.

Scoliotropis latestriata (Brébisson in Kützing) Cleve var. *latestriata* (fig. 94-96)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 154, pl. 28, fig. 13-15. Hendey (1964), p. 294, pl. 29, fig. 5.

Valves linéaires. Apex tronqués-arrondis. Aire axiale large, diagonale et légèrement sigmoïde, bordée d'une double rangée de ponctuations. Aire centrale elliptique. Raphé diagonal et légèrement sigmoïde avec les extrémités proximales courbées dans le même sens. Stries plutôt perpendiculaires et constituées d'une double rangée de fines ponctuations.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
13	54-128 μm	—	6-7

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud (très rare).

Genre *Stauroneis* Ehrenberg

Valves généralement lancéolées ou elliptiques. Épaississement du nodule central qui est dilaté latéralement en un stauros. Pseudoseptum apical parfois présent. Stries grossièrement ou finement ponctuéées.

Stauroneis decipiens Hustedt (fig. 71-73)

Hustedt (1931-1959), p. 827, fig. 1170. Hendey (1964), p. 220, pl. 42, fig. 5. Gotoh (1979), p. 199, pl. 2, fig. 19, 20. *Stauroneis constricta* (Peragallo & Peragallo, 1897-1908, pl. 7, fig. 32, 33).

Valves étroitement elliptiques et contractées au centre. Apex arrondis ou légèrement subrostrés. Aire axiale étroite et linéaire. Aire centrale dilatée transversalement en un stauros mince, s'élargissant vers le centre et les marges de la valve. Raphé droit avec les extrémités proximales

bulbeuses et les extrémités distales détournées dans le même sens. Stries très finement ponctuéées et perpendiculaires.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
20	25-65 μm	5-10 μm	24-28

Aire de distribution: Estuaire moyen, rive nord; Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (commun).

Stauroneis producta Grunow in Van Heurck (fig. 80-81)

Van Heurck (1880-1885), pl. 4, fig. 12. Hustedt (1931-1959), p. 807, fig. 1154.

Valves linéaires. Apex nettement rostrés. Aire axiale étroite et linéaire. Aire centrale dilatée transversalement en un stauros étroit et rectangulaire. Raphé droit. Courts pseudosepta. Stries très finement ponctuéées et fortement radiantes.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
2	24-41 μm	6-8 μm	22-23

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive nord (très rare).

Genre *Trachyneis* Cleve

Valves de lancéolées à elliptiques. Aire axiale dilatée transversalement en un bandeau atteignant parfois les marges de la valve. Stries loculées.

Trachyneis aspera (Ehrenberg) Cleve var. *aspera* (fig. 98-102)

Peragallo & Peragallo (1897-1908), p. 150, pl. 29, fig. 1, 2. Hendey (1964), p. 236, pl. 29, fig. 13. John (1983), p. 138, pl. 58, fig. 1-3.

Valves lancéolées. Apex arrondis. Aire axiale étroite et unilatérale se rétrécissant vers le centre et les extrémités de la valve. Aire centrale dilatée transversalement en un nœud papillon n'atteignant pas les marges de la valve. Raphé droit. Stries loculées et radiantes. Locules criblées sur la face externe et munies d'une seule ouverture sur la face interne.

Nombre	Longueur	Largeur	Stries en 10 μm
26	56-208 μm	15-40 μm	8-11

Aire de distribution: Estuaire maritime, rive sud et rive nord; Côte-Nord; baie des Chaleurs (rare).

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements au Conseil des recherches en sciences naturelles et en génie du Canada de même qu'au Fonds F.C.A.C.

(Québec) pour leur appui financier à A.C. (subvention pour dépenses courantes et subvention thématique du C.R.S.N.G., subvention d'équipe du Fonds F.C.A.C.) et au GIROQ (subventions d'infrastructure du Fonds F.C.A.C. et du C.R.S.N.G.) dans le cadre duquel ce travail a été réalisé. Nous sommes également redevables au ministère des Approvisionnements et Services du Canada qui, grâce à l'appui du Musée national d'histoire naturelle, acceptait de financer une partie importante de ce projet. Nos remerciements s'adressent enfin au Département des mines et de métallurgie de l'Université Laval, et plus particulièrement à M. Jean-Pierre Tremblay, qui a mis à notre disposition un microscope électronique à balayage, de même qu'à M. Guy Plante pour l'excellent travail d'impression des multiples photomicrographies qui illustrent ce travail.

Références

- CLEVE, P. T., 1883. Diatoms collected during the expedition of the Vega. — Pages 455-517 in A. E. Nordenskiöld (ed.). Vega-Expeditionen Vetenskapliga lakttagelser, vol. 3.
- CLEVE, P. T., 1894. Synopsis of the naviculoid diatoms. — K. svenska VetenskAkad. Handl., 26: 1-194.
- CLEVE-EULER, A., 1953. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. — K. svenska VetenskAkad. Handl., Fjärde Ser., 4: 1-255, figs. 484-970.
- CLEVE-EULER, A., 1955. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. — K. svenska VetenskAkad. Handl., Fjärde Ser., 5: 1-232, figs. 971-1306.
- COX, E. J., 1975. Further studies on the genus *Berkeleya* Grev. — Br. phycol. J., 10: 205-217.
- COX, E. J., 1977. Raphe structure in naviculoid diatoms as revealed by the scanning electron microscope. — Nova Hedwigia, Beih., 54: 261-274.
- COX, E. J., 1979. Studies on the diatom genus *Navicula* Bory. *Navicula scopulorum* Bréb. and a further comment on the genus *Berkeleya* Grev. — Br. phycol. J., 14: 161-174.
- GIFFEN, M. H., 1970. New and interesting marine and littoral diatoms from Sea Point, near Cape Town, South Africa. — Botanica mar., 13: 87-99.
- GOTOH, T., 1979. On the sessile diatoms in the brackish water area of the River Yodo. II. — Jap. J. Limnol., 40: 191-200.
- HEIDEN, H. & R. W. KOLBE, 1928. Die marinen Diatomeen der deutschen Südpolar-Expedition, 1901-1903. — Pages 447-715 in E. Drygalski (ed.). Deutsche Südpolar-Expedition 1901-1903, Band 8, Heft 5, Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig.
- HENDEY, N. I., 1951. Littoral diatoms of Chichester harbour with special reference to fouling. — J. R. microsc. Soc., 71: 1-86.
- HENDEY, N. I., 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). — Her Majesty's Stationery Office, London, 317 p., 45 pl.
- HUSTEDT, F., 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). — Pages 1-466 in A. Pascher (ed.). Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas. G. Fisher, Jena, 466 p.
- HUSTEDT, F., 1931-1959. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. — Band 7, Teil 2, Lief. 1-6. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora, Leipzig, 845 p.
- HUSTEDT, F., 1961-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. — Band 7, Teil 3, Lief. 1-4. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora, Leipzig, 816 p.
- JOHN, J., 1983. The diatom flora of the Swan River Estuary, Western Australia. — Bibliotheca Phycologia, 64: 1-359.
- LANGE-BERTALOT, H., 1980. Ein Beitrag zur Revision der Gattungen *Rhoicosphenia* Grun., *Gomphonema* C. Ag., *Gomphoneis* Cl. — Bot. Notiser, 133: 585-594.
- LOBBAN, C. S., 1984. Marine tube-dwelling diatoms of eastern Canada: descriptions, checklist, and illustrated key. — Can. J. Bot., 62: 778-794.
- MANN, D. G., 1982. Structure, life history and systematics of *Rhoicosphenia* (Bacillariophyta). I. The vegetative cell of *Rh. curvata*. — J. Phycol., 18: 162-176.
- MEDLIN, L. K. & G. A. FRYXELL, 1984a. Structure, life history and systematics of *Rhoicosphenia* (Bacillariophyta). IV. Correlation of size reduction with changes in valve morphology of *Rh. genulifera*. — J. Phycol., 20: 101-108.
- MEDLIN, L. K. & G. A. FRYXELL, 1984b. Structure, life history and systematics of *Rhoicosphenia* (Bacillariophyta). III. *Rhoicosphenia adolfi* and its relationship to *Rhoiconeis*. — Pages 255-265, in D. G. Mann (ed.). Proc. 7th Int. Symp. on Living and Fossil Diatoms, Philadelphia, 1982.
- PATRICK, R. & C. W. REIMER, 1966. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Vol. 1. — Monogr. 13, Acad. nat. Sci., Philadelphia, 688 p.
- PERAGALLO, H. & M. PERAGALLO, 1897-1908. Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins. — M. J. Tempère, Grez-sur-Loing, 492 p., 137 pl.
- POULIN, M. & A. CARDINAL, 1982a. Sea ice diatoms from Manitounuk Sound, southeastern Hudson Bay (Québec, Canada). I. Family Naviculaceae. — Can. J. Bot., 60: 1263-1278.
- POULIN, M. & A. CARDINAL, 1982b. Sea ice diatoms from Manitounuk Sound, southeastern Hudson Bay (Québec, Canada). II. Naviculaceae, genus *Navicula*. — Can. J. Bot., 60: 2825-2845.
- POULIN, M., L. BÉRARD-THERIAULT & A. CARDINAL, 1984. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. I. Cocconeioideae (Achnanthes, Achnantheae). — Naturaliste can. (Rev. Écol. Syst.), 111: 45-61.
- RAO, V. N. R. & J. LEWIN, 1976. Benthic marine diatom flora of False Bay, San Juan Island, Washington. — Syesis, 9: 173-213.
- SCHMIDT, A., 1874-1959. Atlas der Diatomaceen-Kunde. Vols. 1-4. O. R. Reiland, Leipzig.
- SMITH, W., 1853. A synopsis of the British Diatomaceae. Vol. I. — Taylor and Francis, London, 89 p., 31 pl.

VANLANDINGHAM, S. L., 1967-1979. Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. Parts I-VII. — J. Cramer, Vaduz.

VAN HEURCK, H., 1880-1885. Synopsis des diatomées de Belgique. — H. Van Heurck, Anvers, 235 p., 135 pl.

TESTING BACTERIAL INFECTION AS A FACTOR INVOLVED IN THE MORTALITY OF CATADROMOUS EELS (*ANGUILLA ROSTRATA*) MIGRATING DOWN THE ST. LAWRENCE ESTUARY (CANADA)

J.-D. DUTIL

Department of Fisheries and Oceans, Fisheries Research Branch
Gare maritime Champlain, 901 Cap Diamant, C.P. 15500
Québec G1K 7Y7

and

R. LALLIER

Faculté de médecine vétérinaire, Université de Montréal
C.P. 5000, Saint-Hyacinthe, Québec J2S 7C6

Résumé

Tous les ans, des mortalités massives se produisent dans l'estuaire du Saint-Laurent parmi les anguilles en migration vers la mer des Sargasses. Des hypothèses reliées à la physiologie de la migration ont été soulevées pour tenter d'en déterminer la cause. Initialement, puisque l'on trouve des bactéries pathogènes à l'état endémique dans l'estuaire du Saint-Laurent, nous avons vérifié la présence de ces quatre pathogènes chez l'anguille: *Aeromonas salmonicida*, *Aeromonas hydrophila*, *Renibacterium salmoninarum* et *Vibrio anguillarum*. L'analyse bactériologique par immunofluorescence, réalisée sur des anguilles saines et sur des anguilles moribondes, a démontré que les anguilles, bien que porteuses de ces pathogènes, n'étaient pas infectées. Les techniques d'isolation n'ont pas permis d'isoler ces bactéries des anguilles moribondes. Nous en concluons que les mortalités d'anguilles dans l'estuaire du Saint-Laurent ne sont pas associées à ces bactéries.

Abstract

Mortalities occur annually during the catadromous migration of maturing eels in the St. Lawrence Estuary. Hypotheses related to the physiology of migrating eels were raised in order to explain these mortalities. Initially however, as bacterial pathogens are known to be present in the Estuary, the possibility that mortalities are associated to one of these bacterial pathogens had to be investigated: *Aeromonas salmonicida*, *Aeromonas hydrophila*, *Renibacterium salmoninarum* and *Vibrio anguillarum*. In this study, bacterial analysis was done both on healthy and moribund individuals. By immunofluorescence, the eels turned out to be carriers, but they were not infected. When isolating methods were used, no bacteria could be isolated from moribund eels. Based on that, the conclusion is reached that mortalities of eels in the St. Lawrence Estuary are not associated to these bacterial pathogens.

Introduction

In Canada, the maturing eels (*Anguilla rostrata*) migrating down to sea are harvested commercially, particularly in the Richelieu River and in the St. Lawrence between Lac Saint-Pierre and Rimouski (Fig. 1). Harvesting starts in the spring in Lac Saint-Pierre and moves downstream to end in the autumn at Rimouski. Landings in Québec averaged 450 metric tons of eels annually between 1960 and 1980.

Throughout the harvesting season and particularly in summer, severe mortalities occur in the St. Lawrence: hundreds of dead eels are stranded on the shoreline. Fishermen harvest a certain number of moribund eels they cannot sell to processing plants. The phenomenon goes back to at least 1960. In the particularly bad years of 1972 and 1973, losses were estimated to have been more than 100 metric tons. This phenomenon has regressed in recent years, judging by the number of eels stranded on the shore. However,

losses still occur and are a continuing concern to the industry.

Contextual considerations (Dutil, 1984) lead us to reduce to three the number of potential causes: bacterial infection, viral infection, and stress related to maturation and migration through polluted lakes and streams to salt water. This study was made to determine whether the eel mortalities in the St. Lawrence Estuary are caused by one of these pathogenic bacteria: *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas salmonicida*, *Renibacterium salmoninarum* and *Vibrio anguillarum*. Results of the immunofluorescence-based diagnoses for 99 eels are presented.

High *Anguilla anguilla* mortality in natural habitats is frequently caused by two bacteria: *A. hydrophila* and *V. anguillarum* (Deelder, 1973; Tesch, 1977). *A. hydrophila* prospers in fresh water and *V. anguillarum* prospers in brackish water (Schäperclaus, 1954). *A. salmonicida* and *R. salmoninarum* cause furunculosis and bacterial kidney disease respectively in salmonids (Belding & Merrill, 1935; McCarthy & Roberts, 1980).

The study of carriers by immunofluorescence raises some doubts (Evelyn *et al.*, 1981), but the method can be very useful in the diagnosis of certain bacterial diseases in fish (Howuchi *et al.*, 1981; Wiedemann, 1981; Paterson *et al.*, 1979). This technique has recently been used in studying asymptomatic *R. salmoninarum* carriers in salmonids both in natural habitats and in hatcheries (Lallier *et al.*, 1981; Paterson *et al.*, 1979).

Methods and materials

SAMPLING PROCEDURE

Eels were collected from two locations in the St. Lawrence Estuary in the period between July and November 1981: Saint-Nicolas, the freshwater station, and Kamouraska, the brackish-water station (Fig. 1). In freshwater, moribund eels recognizable by their loss of skin pigmentation, their lack of reaction to touch and their lack of coordination and eels that did not exhibit these characteristics, were collected. In brackish water, no moribund eels were collected as there are no known instances of eel mortality in this location. The collections were made so as to obtain similar numbers of eels in all categories.

Several moribund eels died while they were being transported from Saint-Nicolas to the laboratory. None of the healthy eels died. The eels were anesthetized in a 1-2 ml·L⁻¹ solution of methylpentynol. Their length (mm) and weight (g) were then recorded. Liver and gonads were dissected out. The livers were then frozen to -20°C.

Gonads were fixed in Bouin's solution, dehydrated in methanol, paraffin embedded and sectioned at 8 µm. The sections, stained with hematoxylin and phloxine, were mounted on slides with coverslips for determination of sex and maturity. Sexually maturing eel oocytes can be identified by their diameter and by the presence of fat droplets in the cytoplasm. Two moribund eels were also collected at Saint-Nicolas in the fall of 1982 and kept alive until they reached the Saint-Hyacinthe laboratory. Samples were subjected to the bacteriological analysis described below.

BACTERIAL STRAINS

Bacterial strains were isolated in the laboratories of the School of Veterinary Medicine of the Université de Montréal, with the exception of the *R. salmoninarum* strain (source: B. Souter, Department of Fisheries and Oceans, Freshwater Institute, Manitoba, Canada). *R. salmoninarum* was cultured on KDM-2 medium at 18°C. The other strains were cultured on TSA-blood (Trypticase Soy Agar (Difco) and 5% bovine blood) medium at 18°C. Twenty-four-hour cultures of *Aeromonas hydrophila* — groups LL₁ and TF₂ — and *V. anguillarum*, 48-hour cultures of *A. salmonicida*, and 7-day cultures of *R. salmoninarum* were used for the production of antiserum in rabbits. The cells were suspended in saline solution and then killed by addition of formalin (0.5%), except in the case of *A. salmonicida*, for which the cells were inoculated live. The rabbits were immunized following the technique currently used in the laboratories of the School of Veterinary Medicine (Leblanc *et al.*, 1981).

BACTERIOLOGICAL ANALYSIS

Preliminary immunofluorescence studies were carried out on direct smears from the bacterial cultures to confirm the specificity of the antisera. Bacteria were suspended in a saline solution whose optical density was adjusted to 1.0 at a wavelength of 540 nm (Spectronic 20). For each suspension, 20 smears were prepared — one per slide. To prevent transfers of bacterial cells between smears, the slides were individually stained by the indirect immunofluorescence technique (Bullock & Stuckey, 1975). Commercial goat anti-rabbit immunoglobulin serum marked with fluorescein (Gibco) was used.

Direct smears (5) were prepared from each liver. Smears were heat fixed and then stained by indirect immunofluorescence. Fluorescent bacteria were counted in 25 fields examined per slide. Slides showing more than 10 fluorescent cells were considered to be from infected eels.

For the two eels taken in 1982, the livers and kidneys were sampled with swabs and seeded

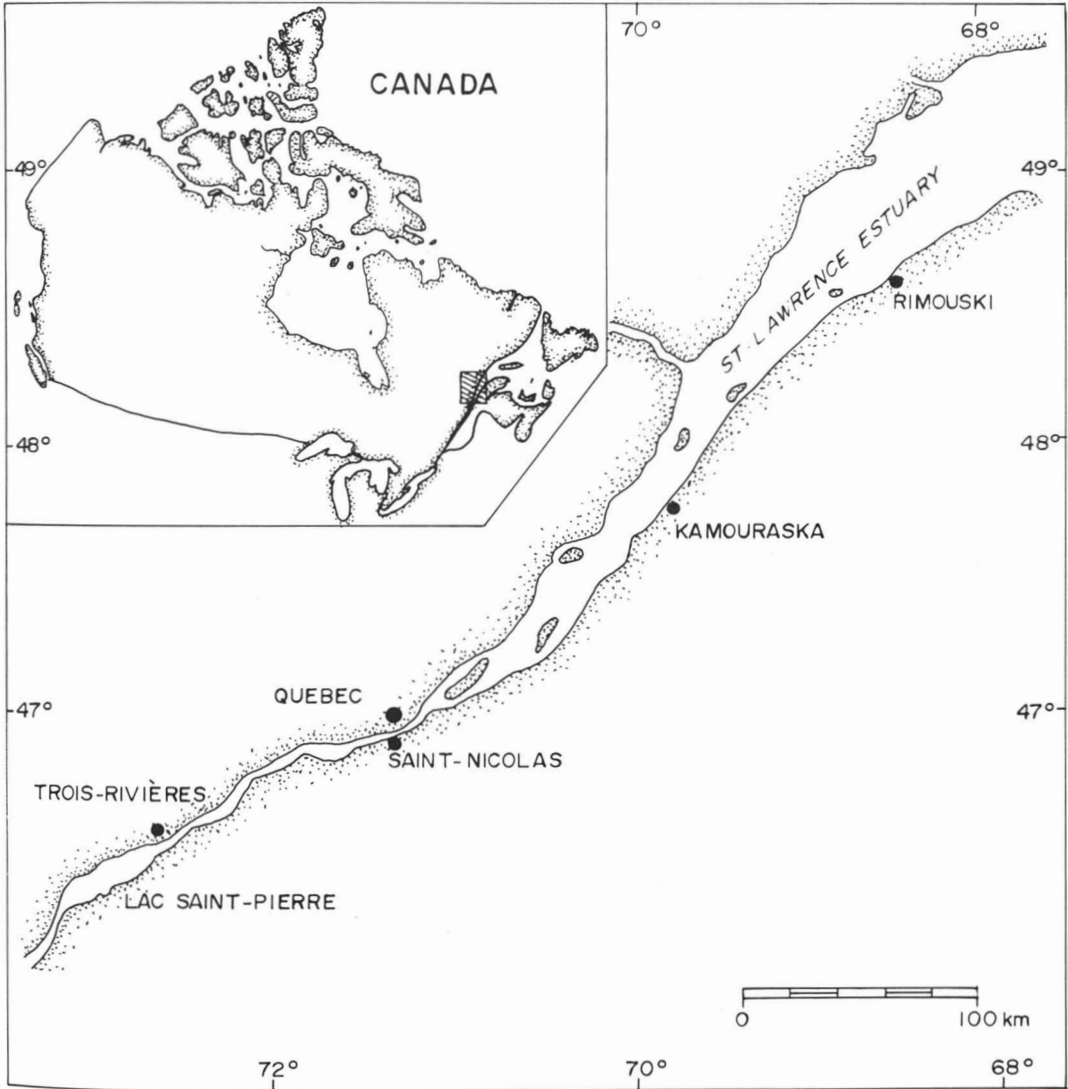


Figure 1. Location of the two sampling sites in the St. Lawrence main commercial eel harvesting area.

in duplicate on FA (Furunculose Agar) and TSA-blood media. Samples were also taken aseptically and seeded in duplicate in BHI (Brain Heart Infusion, Difco) broth. The two series of "gels" and broths were incubated, one at 18°C and the other at 22°C. The media were examined each day for seven days. The culture broths showing growth were seeded on TSA-blood medium. Five direct smears from each tissue were prepared and stained by immunofluorescence.

Results

The three categories of eels are clearly distinguishable in terms of length and weight (Krus-

kall-Wallis $\alpha = .01$). The moribund eels fall halfway between the controls from Saint-Nicolas and those from Kamouraska, but they show distinctly greater size variation than do the control categories (Table I). However, the samples are exclusively made up of females in sexual maturation. Full gall-bladders and the absence of food in the stomachs and the digestive tracts all indicated that eels were fasting. These are characteristics of the catadromous migration.

The antisera were used at dilutions of 1/10, 1/50, 1/100, 1/500, and 1/1000 in immunofluorescence testing for the strains of *A. hydrophila* (LL₁ and TF₂), *A. salmonicida*, *R. salmoninarum*, and *V. anguillarum*, and 10 strains of *A. hydrophila*

TABLE I

Number of eels, length, weight, and percentage of eels considered to be carriers (1981)

Source	Number	Length (mm)	Weight (g)	Carrier percentages				
				<i>A. hydrophila</i> LL ₁	<i>A. hydrophila</i> TF ₂	<i>A. salmonicida</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>R. salmoninarum</i>
Saint-Nicolas Moribund	24	840 ± 125	1348 ± 647	12.5	45.8	12.5	100	100
Saint-Nicolas Control	37	755 ± 53	847 ± 182	30.0	59.0	46.0	100	0
Kamouraska Control	38	919 ± 73	1729 ± 511	26.0	47.0	21.0	100	0

isolated from fish. The anti-*Aeromonas* sera yielded cross-reactions at a dilution of 1/10 and very weak fluorescence at a dilution of 1/50, but no cross-reactions occurred at a dilution of 1/100. The anti-*R. salmoninarum* and anti-*V. anguillarum* sera yielded weak cross-reactions at a dilution of 1/10. Diluted to 1/500, the five antisera yielded strong fluorescence reactions for the homologous strains.

Cells of *A. hydrophila* (LL₁ and TF₂), *A. salmonicida* and *V. anguillarum* were detected by indirect immunofluorescence in eels of all categories. Cells of *R. salmoninarum* were detected in moribund eels exclusively (Table I). In all cases, the carriers could not be considered to be infected since all the slides examined showed less than 10 fluorescent cells in 25 fields.

For the two moribund eels collected in 1982, the isolation on gel and immunofluorescence using direct smears yielded negative results. Though growth could be observed in the two BHI liver-seeded broths incubated at 22°C, immunofluorescence staining of smears prepared from those broths yielded negative results. Seeding of those broths on gel allowed us to isolate a strain of *A. hydrophila*. However the strain did not possess the surface characteristics of the virulent strains described earlier (Mittal *et al.*, 1980).

Discussion

The change in mean length between healthy eels collected in freshwater and healthy eels collected in brackish water is remarkable. This may have resulted from changes in the design and the selectivity of gears and from length-related non-random distribution of healthy eels. Moribund eels are intermediate in length and their range in length covers the length distributions of healthy eels in both locations. Moribund eels are rather passive. They seem to be carried by tidal currents that strand them on the shores. Hence they more likely reach the gears randomly regardless of their length. The groups however are homogeneous in that they are exclusively made of sexually maturing females. This is a well known characteristic of the St. Lawrence eel populations that they are nearly exclusively made of females.

Immunofluorescence is a sensitive method that could be used in the diagnosis and in the detection of carriers. However, the results should be interpreted cautiously. Following bacterial infection, the number of bacteria in moribund fish is high so that when a direct smear is stained by immunofluorescence, the fluorescent cells are numerous and more than 50-100 cells per microscopic field are observed. The same tech-

nique on the other hand has been shown to yield only a few cells per microscopic field in carriers (Evelyn *et al.*, 1981; Lallier *et al.*, 1981).

In this study, none of the eels analysed has shown more than 10 fluorescent cells per 25 microscopic fields. In the majority of cases when fluorescent cells could be detected, less than 4 cells per 25 fields were counted. Thus these eels could be considered as carriers, but certainly not as infected. Based on that, carriers for *A. hydrophila* (LL₁ and TF₂), *A. salmonicida*, and *V. anguillarum* were detected. The percentage of carriers is similar for moribund eels and controls, and no cases of infection were detected. Strains of *A. hydrophila* (TF₂) were isolated in 1974 from moribund eels caught in the St. Lawrence River (Boulanger, 1977). Under experimental conditions, these strains are 10 times less virulent for rainbow trout (*Salmo gairdneri*) than strains from the LL₁ group isolated from trout suffering from *Aeromonas* septicemia; they are also 100 to 1,000 times more virulent for trout than the majority of *A. hydrophila* (Mittal *et al.*, 1980). Experiments are currently being conducted to determine whether *Aeromonas* exhibit host specificity.

The presence of the pathogen of BKD (*R. salmoninarum*) was detected in moribund eels, but not in healthy eels. Moribund eels showed only few fluorescent cells per 25 microscopic fields examined. Therefore death could not be associated to this agent. However, the reason why BKD cells were observed in moribund eels but not in healthy eels is not known. The presence of asymptomatic BKD carriers has been reported for salmonids in Québec and Cape Breton (Lallier *et al.*, 1981; Paterson *et al.*, 1981). The latest studies conducted with *R. salmoninarum* have raised a number of questions concerning the technique of immunofluorescence to investigate carriers. Evelyn *et al.*, (1981) observed positive cells in salmon using immunofluorescence, but they were unable to isolate *R. salmoninarum* following temperature stress associated with corticosteroids. These results give rise to two questions: (1) are the fluorescent cells observed dead or alive? and (2) is there a bacterium very closely related to *R. salmoninarum* for which the isolation method is not the same?

The problem of cross-reactions limited the usefulness of the technique of immunofluorescence for research into *Aeromonas*. Through other studies, specific anti-*A. hydrophila* and anti-*A. salmonicida* sera have been prepared (Leblanc *et al.*, 1981). However, whether a situation analogous to that for *R. salmoninarum* exists for the *Aeromonas* and *V. anguillarum*, is not known. Conducting studies to compare the isolation me-

thods to immunofluorescence for detecting these bacteria would make it possible to answer this question.

Two moribund eels that were received alive in 1982 were analysed. Based on bacterial isolation methods and immunofluorescence, we came also to the conclusion that mortalities were not associated to currently known bacterial diseases.

Though the eels are carriers of what are described as pathogenic bacteria, the conclusion is reached that high eel mortality in the St. Lawrence estuary is not related to bacterial infection. The mortality might be related to the presence of a pathogenic virus, this is currently being investigated, or be the result of the stress related to the maturation process and transition to salt water in a polluted environment (Dutil, 1984).

Acknowledgments

Mr. Fernand Gingras and Mr. Maurice Ouellet, fishermen at Saint-Nicolas and Kamouraska have graciously provided us the samples. Marielle Fortin made the dissections and measured the biological parameters. Bacteriological analyses were carried out by Chantal Bolduc and Francine Bernard.

References

- BELDING, D.L. & B. MERRILL, 1935. A preliminary report upon a hatchery disease of the Salmonidae. — Trans. Am. Fish. Soc., 65: 76-87.
- BOULANGER, Y., 1977. Entérotogénicité de souches d'*Aeromonas* mobiles isolées de poissons sains et moribonds. — Thèse M. Sc., Univ. Montréal, 84 p.
- BULLOCK, G.L. & H.M. STUCKEY, 1975. Fluorescent antibody identification and detection of the *Corynebacterium* causing kidney disease of salmonids. — J. Fish. Res. Bd Can., 32: 2224-2227.
- DEELDER, C.L., 1973. Exposé synoptique des données biologiques sur l'anguille *Anguilla anguilla*. — Synopsis sur les pêches, FAO, n° 80, 84 p.
- DUTIL, J.-D., 1984. Electrolyte changes of serum and muscle and related mortalities in maturing *Anguilla rostrata* migrating down the St. Lawrence Estuary (Canada). — Helgoländer Meeresunters, 37: 425-432.
- EVELYN, T.P.T., J.E. KETCHESON, & L. PROSPERIPORTA, 1981. The chemical significance of immunofluorescence - based diagnoses of the bacterial kidney disease carrier. — Fish. Pathol., 15: 293-300.
- HOWUCHI, M., T. SATO, H. TAKAGI, & TOTSUKA, 1981. Preliminary examinations on application of indirect immunofluorescence to diagnosis of five analogous bacterial diseases of cultured eels. — Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 47: 561.
- LALLIER, R., G. OLIVIER, P. CHARTIER, C. TURCOTTE, B. DION, & P. PAULHUS, 1981. Présence de la maladie bactérienne du rein chez les salmonidés au Québec. — Can. vet. J., 22: 226-229.
- LEBLANC, D., K.R. MITTAL, G. OLIVIER, & R. LALLIER, 1981. Serogrouping of mobile *Aeromonas* species isolated from healthy and moribund fish. — Appl. environ. Microbiol., 42: 56-60.
- MCCARTHY, D.H. & R.J. ROBERTS, 1980. Furunculosis of fish — the present status of our knowledge. — Pages 293-341 in M.R. Droop & H.W. Tanmash (eds). Advances in aquatic microbiology. Vol. 2. Academic Press, London.
- MITTAL, K.R., G. LALONDE, D. LEBLANC, G. OLIVIER & R. LALLIER, 1980. *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout: relation between virulence and surface characteristics. — Can. J. Microbiol., 26: 1501-1503.
- PATERSON, W.D., C. GALLANT, D. DESAUTELS, & L. MARSHALL, 1979. Detection of bacterial kidney disease in wild salmonids in the Margaree River system and adjacent waters using an indirect fluorescent antibody technique. — J. Fish. Res. Bd Can., 36: 1464-1468.
- SCHÄPERCLAUS, W., 1954. Fischkrankheiten. — Akad. Verl., Berlin, 708 p.
- TESCH, F.-W., 1977. The eel. — Chapman & Hall, London, 434 p.
- WIEDEMANN, V.H., 1981. Direct immunofluorescence in the diagnosis of *Aeromonas salmonicida* infections in fresh water fish. — Berl. Münch. tierärztl. Wschr., 94: 153-155.

CARACTÉRISTIQUES SCALIMÉTRIQUES DES SAUMONS DU KOKSOAK (UNGAVA, QUÉBEC)

Y. CÔTÉ et I. BABOS

Direction générale de la faune
Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche
150 boul. St-Cyrille est, Québec G1R 4Y1

J. A. ROBITAILLE¹

Firme Gilles Shooner Inc.
40 rue Racine, Loretteville (Québec) G2B 1C6

Résumé

L'examen d'écaillés de saumons prélevés dans le fleuve Koksoak (Ungava, Québec) a révélé l'existence de caractères scalimétriques atypiques. Dans nos échantillons, ces irrégularités présentent une fréquence plus élevée que ne l'indiquent des travaux antérieurs (45% versus 20%), ce qui nous a incité à réviser l'interprétation des écaillés du saumon du Koksoak. Les écaillés examinées ont été classifiées en cinq types. Une description générale et des comparaisons statistiques permettent d'affirmer que trois de ces types (1, 2 et 3) sont des types distincts, alors que les deux autres (4 et 5) présentent des caractéristiques mixtes. La comparaison des écaillés ainsi typées à des écaillés de saumons au comportement connu permet d'avancer qu'on retrouve dans le Koksoak des saumons marins (type 1), des saumons d'eau douce (type 3) et des saumons qualifiés, par hypothèse, d'estuariens (type 2). De plus, certains saumons, dits à croissance mixte, semblent accomplir leur première année de croissance post-smoltification en estuaire et effectuer leur seconde année en mer (type 4) ou l'inverse (type 5).

Abstract

An examination of scales taken from salmon of the Koksoak River (Ungava, Québec) has revealed the existence of atypical characteristics. In our sampling, these aberrant characteristics occurred more frequently than mentioned in previous studies (45% versus 20%) and have lead us to review the interpretation of salmon scales in the Koksoak River. The scales were classified into five types. A general description and statistical comparisons of the types allow to state that three of the types are distinct while the others (4 and 5) show mixed characters. A comparison of Koksoak salmon scales with scales of salmon having a well documented behaviour leads to the following interpretation. The Koksoak River is dwelled by sea-run salmon (type 1), freshwater salmon (type 3) and hypothetically, estuarine salmon (type 2). Furthermore, some salmon, classified as mixed-growth salmon appear to realize their first year of post-smolt growth in the estuary and spend their second year at sea (type 4) and *vice versa* (type 5).

Introduction

On utilise les écaillés depuis fort longtemps (Johnston, 1905; Dahl, 1910) pour déterminer l'âge des saumons marins (*Salmo salar*). Blair (1937) a par ailleurs fait la preuve de la validité

des écaillés pour les déterminations d'âge du saumon d'eau douce (*Salmo salar ouananiche*). On se sert également des écaillés des poissons de cette espèce pour identifier le séjour en eau douce et le séjour en mer (Jarvi & Menzies, 1936). Enfin, les écaillés de saumons marins permettent de dénombrer les périodes de reproduction (Jarvi & Menzies, 1936; White & Medcoff, 1968). La lecture et l'interprétation des écaillés de saumons

¹ Adresse actuelle: 352A Saint-Laurent, Lévis (Québec) G6V 3W5

peuvent donc nous renseigner sur l'âge du poisson, sur son milieu de croissance et sur sa reproduction.

Power (1969) a décrit le cycle vital du saumon marin de l'Ungava (Québec). Une partie de ses données provient de lectures et interprétations d'écaillés. Il mentionne que quelques spécimens possédaient des écaillés montrant des caractères atypiques qui suggéraient l'existence, pour les uns, d'un cycle vital complètement dulcicole et, pour les autres, d'un cycle partagé entre un séjour fluvial et un séjour estuarien. Toutefois Power (1969) n'a pas fourni d'explications détaillées quant à ces cas aberrants. De plus, il n'a pas comparé ces anomalies à la structure connue des écaillés du saumon marin. Au cours de travaux sur le saumon du Koksoak (Robitaille *et al.*, 1980), la fréquence d'échantillons d'écaillés atypiques s'est avérée inopinément supérieure à celle que mentionne Power (1970?) dans son rapport traitant de la pêche du saumon du Koksoak (45% versus 20%) et a entraîné des études complémentaires en 1980 et 1981 (Robitaille *et al.*, 1982).

Ce contexte nous autorise à examiner de plus près les types d'écaillés du saumon du Koksoak et à revoir les interprétations biologiques à leur sujet.

Matériel et méthodes

Les écaillés que nous caractériserons proviennent principalement d'un échantillonnage ($N = 1\ 264$) de saumons pris par des Inuit dans l'estuaire du Koksoak en 1980 et accessoirement de saumons pris en pêche expérimentale en 1979 et 1980 ($N = 578$) à la confluence de la rivière Caniapiscou et de la rivière aux Mélèzes, les deux principaux tributaires du fleuve Koksoak (fig. 1). Les écaillés ont été prélevées sur l'une des faces latérales des saumons, un peu au-dessus de la ligne latérale et vis-à-vis une ligne imaginaire passant verticalement derrière la nageoire dorsale. C'est là que les premières écaillés du saumon apparaissent; en principe, ce sont celles qui reflètent le plus fidèlement son histoire (Lindroth, 1963). Les écaillés furent nettoyées, puis montées entre deux lames de microscope.

Nous avons lu les écaillés de tous les saumons échantillonnés ($N = 1842$), notant pour chacune le nombre d'annuli enregistré avant et après la smoltification et le nombre de marques de fraye, s'il y avait lieu. Chacune a été ensuite classée dans l'un de cinq types d'après l'appréciation subjective que le lecteur faisait du mode de disposition des circoli.

Dans un second temps, les regroupements qualitatifs faits par le lecteur ont été soumis à

une validation quantitative dont on fera état ci-après. Deux des types (3 et 5) sont cependant trop peu abondants dans nos échantillons ($N = 1$ et 2 respectivement) pour les traiter statistiquement. Ils ne feront l'objet que d'une description générale. Pour les trois autres types (1, 2 et 4), nous avons constitué des sous-échantillons — tirage au sort, sans remise — issus de la population de données de la campagne de données de terrain de 1980 (Robitaille *et al.*, 1982). Chacun de ces trois types se trouve ainsi représenté par 30 écaillés de chacun des groupes d'âges post-smoltification disponibles, sauf pour un cas où $N = 11$. Notons que les écaillés portant des marques de fraye ont été exclues des sous-échantillons parce que l'érosion de la matrice de l'écaillé associée à la période de la fraye entraîne une perte de matériel somatique susceptible d'affecter les mesures effectuées.

À l'aide d'un micromètre oculaire, nous avons mesuré, sur chacune des écaillés des sous-échantillons étudiés, la largeur des plages concentriques correspondant aux croissances estivales et hivernales annuelles selon l'axe majeur de l'écaillé et dans son champ antérieur.

Pour des raisons de commodité, nous employons les expressions «croissance hivernale» et «circoli d'hiver» dans un sens large. En réalité, les circoli d'hiver peuvent se former en automne et il se peut que l'hiver ne donne lieu à aucune croissance réelle de l'écaillé.

Résultats

DESCRIPTION GÉNÉRALE

Quatre des types (1, 2, 4 et 5) présentent (fig. 2) deux grandes zones distinctes, l'une centrale (pré-smoltification), l'autre périphérique (post-smoltification). L'autre (type 3) montre une conformation bien régulière des groupes de circoli d'hiver et d'été, sans marque de smoltification, ce qui le distingue dès lors des autres types. Ce type d'écaillé est très rare ($N = 1$) dans notre collection d'écaillés.

ZONE PRÉ-SMOLTIFICATION

Les types 1, 2, 4 et 5 laissent voir des zones centrales semblables les unes aux autres. Le nombre d'annuli dans cette zone peut varier de trois à sept quelque soit le type (Robitaille *et al.*, 1980). De plus, les autres caractères quantifiables de cette zone (nombre de circoli et longueur de l'axe majeur de cette portion d'écaillé) présentent des distributions de fréquence qui se chevauchent sur la plus grande part de leur étendue (tableau I). Les caractères méristiques et morphométriques

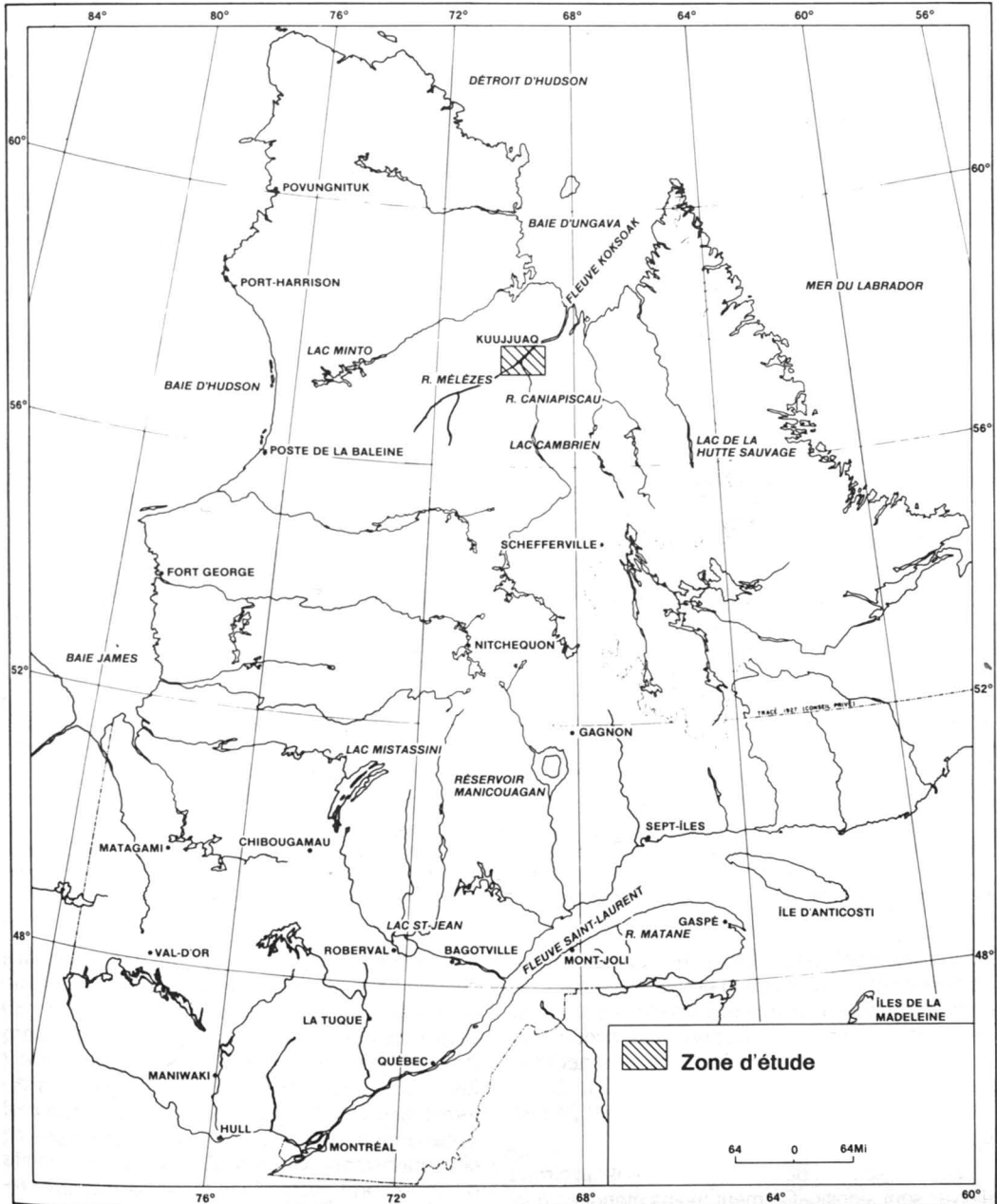


Figure 1. Carte du Québec illustrant la zone d'étude, située près de Kuujuaq (autrefois Fort-Chimo).

de la zone centrale ne semblent donc pas offrir de possibilités immédiates de distinguer ces quatre types les uns des autres.

COMPARAISONS INTRA-TYPES

C'est à la partie périphérique de l'écaille, correspondant à la croissance post-smoltification,

que les types se distinguent les uns des autres. Sur les écailles de type 1, les plages de déposition des circoli d'hiver sont toujours assez développées (fig. 3) bien que significativement moins importantes que celles des circoli d'été (test *U* de Mann-Whitney, $P < 0,001$, fig. 3). Cependant, les distributions hivernales et estivales des mesures

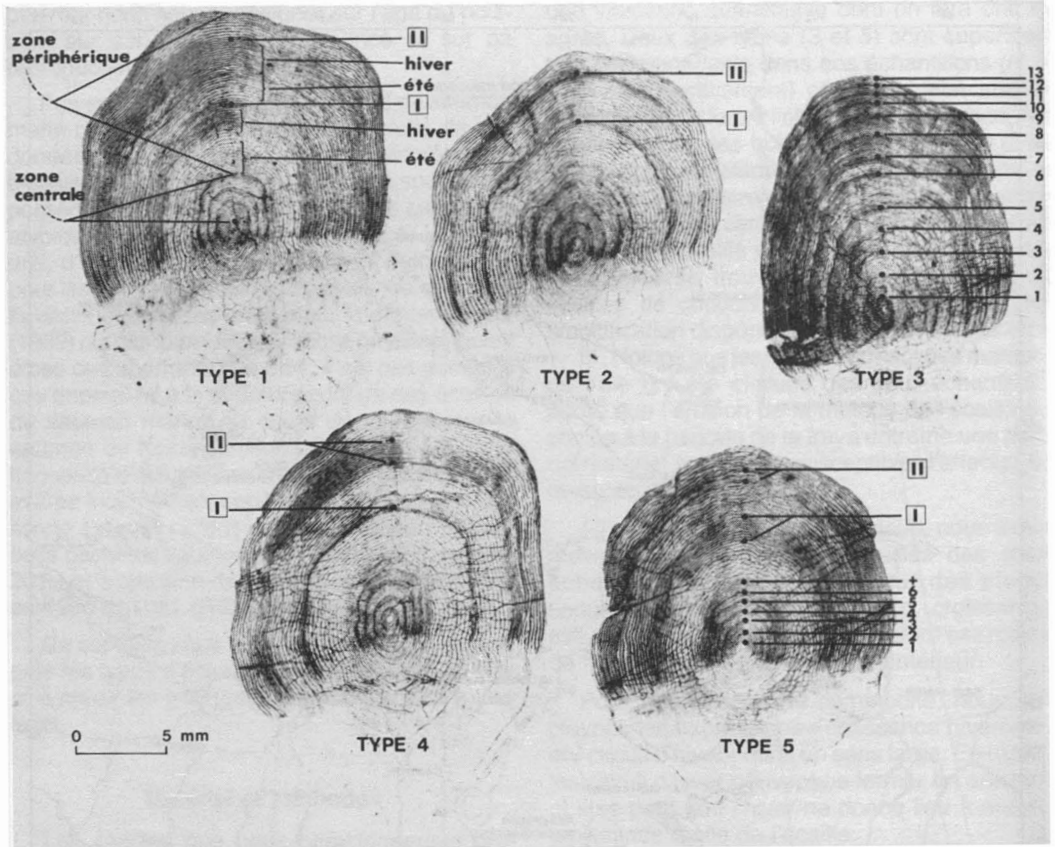


Figure 2. Photographie illustrant les cinq types d'écaillés de saumons du Koksoak. Les types 1, 2, 4 et 5 comprennent une zone centrale et une zone périphérique. Les marques annuelles formées en zone centrale sont numérotées en chiffres arabes, tandis que les annuli de la zone périphérique le sont en chiffres romains. Le type 3 ne montre qu'un seul type de croissance.

d'accroissement de l'écaïlle se chevauchent toutes partiellement quelque soit le nombre d'annuli. Les écaïlles de type 1 examinées possédaient un ou deux annuli semblables en zone périphérique (test U sur la distribution de fréquence des accroissements hivernaux, $P > 0,05$). L'annulus de ce type a toujours une valeur supérieure à 0,24 mm et on dira qu'il est du genre A.

Sur les écaïlles de type 2, les plages de circuli d'hiver sont significativement moins étendues que celles des circuli d'été, comme le montre la comparaison des distributions de fréquence des mesures d'accroissements hivernal et estival (test U , $P < 0,001$). De plus, contrairement au type 1, la croissance d'hiver ne se superpose en aucun cas à celle d'été. Les écaïlles de ce type montraient un, deux ou trois annuli semblables en zone périphérique (test U sur la distribution de fréquence des accroissements hivernaux, $P > 0,05$). Ces annuli avaient toujours une valeur inférieure à 0,24 mm et on dira qu'ils sont du genre B.

Les deux autres types (4 et 5) présentent une combinaison d'annuli. C'est pourquoi ils ne peuvent être identifiés qu'après la formation du deuxième annulus de la zone périphérique. Dans le type 4, l'accroissement d'hiver est, comme pour les deux types précédents, statistiquement différent de celui d'été (test U , $P < 0,001$). Le premier cycle annuel de croissance ne présente pas de chevauchement des distributions hiver-été, tandis qu'au second cycle, l'accroissement d'hiver recoupe en partie celui d'été. Dans ce type, la croissance hivernale de première année se conforme à l'annulus B et diffère significativement de celle de seconde année (test U , $P < 0,001$) qui affiche un annulus A.

À l'opposé, les écaïlles du type 5 présentent une première marque hivernale avec un annulus A et une seconde comportant un annulus du genre B. Il importe de souligner que le type 5 constitue une exception, car seulement deux spécimens de ce type ont été notés dans notre échantillon

TABLEAU I

Nombre de circoli et longueur de l'axe majeur de la portion centrale (zone pré-smoltification) de trois types d'écaillés du saumon du Koksoak

Types d'écaillés	N	Nombre de circoli			Longueur de l'axe majeur (mm)		
		\bar{X}	Min.	Max.	\bar{X}	Min.	Max.
1	30	46,03	34	59	1,39	0,84	1,84
2	30	43,10	30	55	1,25	0,72	1,68
4	30	45,53	36	55	1,34	0,92	1,80

Note — Les deux seules observations que nous ayons du type 5 tombent tout à fait à l'intérieur des intervalles des valeurs minimales et maximales des autres types.

($N = 1\ 842$) contrairement au type 4 qui, lui, est assez fréquent (11% des écaillés examinées).

COMPARAISONS INTER-TYPES

La comparaison inter-types des croissances estivales ne permet pas de distinguer les types les uns des autres de façon absolue. La croissance estivale des écaillés de type 1 montrant un seul annulus périphérique est comparable au groupe d'écaillés équivalentes de type 2 (test U , $P > 0,05$). De même en va-t-il pour les types 1, 2 et 4 lors de la croissance estivale du premier été des spécimens ayant deux annuli (test U , $P > 0,05$ dans chaque cas). Au second été de croissance post-smoltification, des différences signi-

ficatives apparaissent entre ces trois types (test U , $P < 0,001$, $P < 0,001$ et $P < 0,03$); par contre, leurs distributions de croissance estivale se recoupent partiellement les unes les autres.

La comparaison inter-types des distributions de la croissance hivernale donne une image beaucoup plus tranchée. Entre les types 1 et 2, les distributions hivernales sont toujours significativement différentes les unes des autres (test U , $P < 0,001$ dans tous les cas), quel que soit le nombre d'annuli, et ne se chevauchent aucunement. Cependant la première croissance hivernale du type 4 n'est pas significativement différente de son homologue de type 2 (test U , $P > 0,05$), alors que la seconde croissance hi-

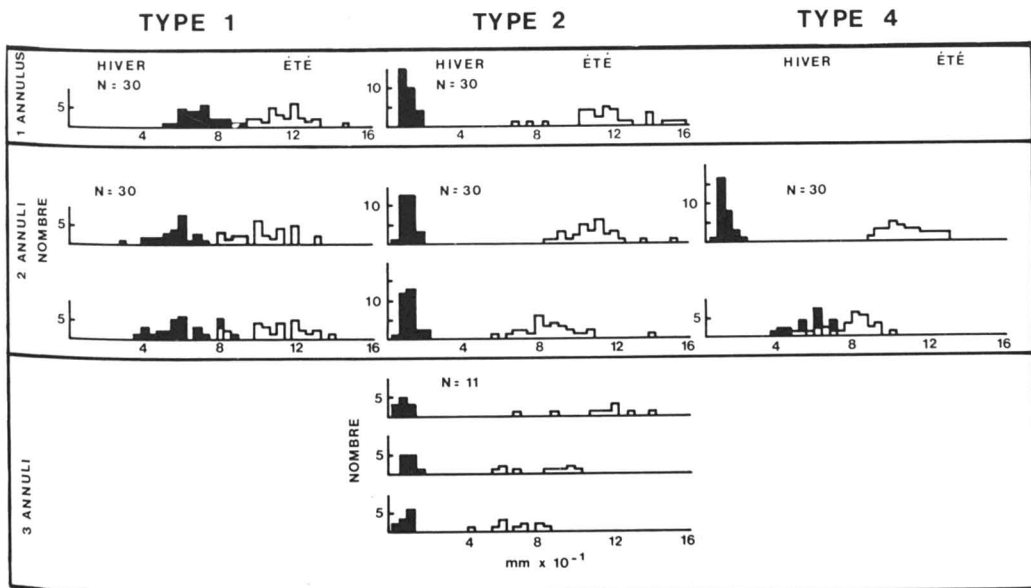


Figure 3. Histogramme de fréquence des mesures des croissances hivernales (noir) et estivales (blanc) des saumons de types 1, 2 et 4. Pour les saumons montrant deux ou trois annuli, les croissances enregistrées au premier, deuxième ou troisième annulus apparaissent de haut en bas respectivement.

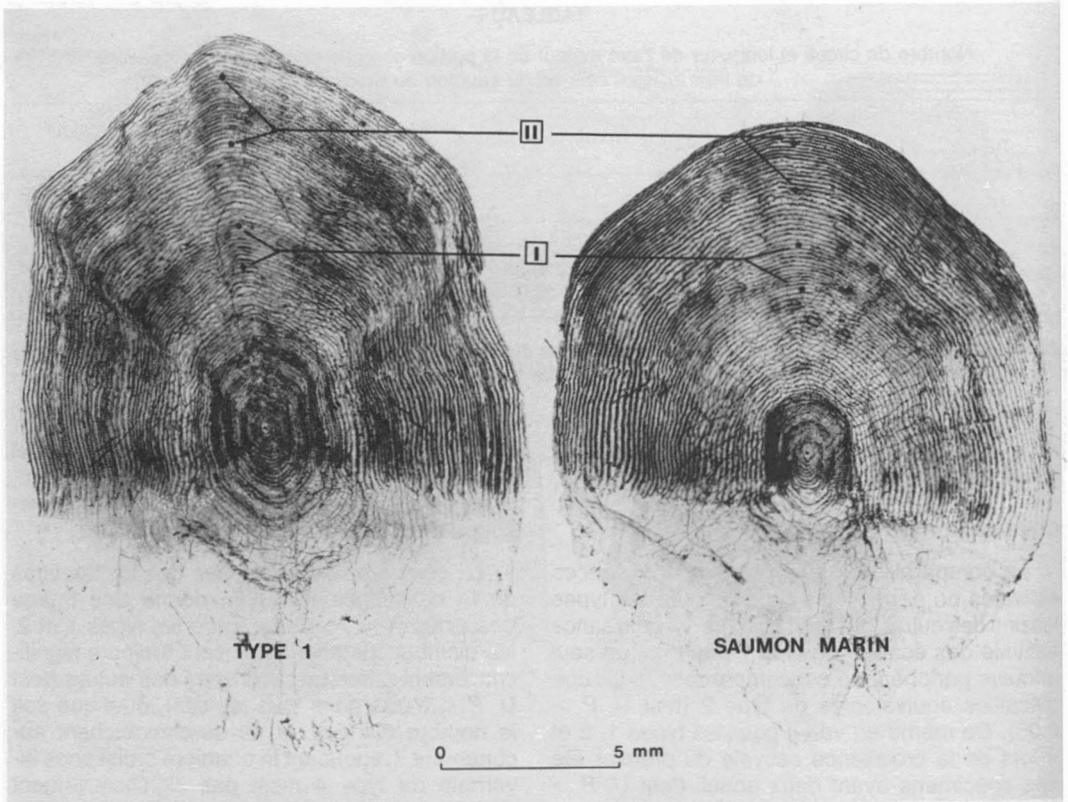


Figure 4. Photographie comparant une écaille de saumon de type 1 du Koksoak et une écaille de saumon marin de la rivière Matane. Les chiffres encadrés indiquent les annuli de la zone périphérique correspondant à la phase marine des deux spécimens illustrés.

vernale est assimilable à celle de type 1 (test U , $P > 0,05$).

Discussion

Dans la figure 4, nous mettons en comparaison une écaille d'un saumon marin de la rivière Matane, en Gaspésie, et une écaille de type 1 d'un *Salmo salar* du fleuve Koksoak. Les écailles présentent toutes deux une zone centrale que l'on peut associer à la croissance d'eau douce, en rivière. Les deux écailles présentent aussi des zones périphériques semblables, chacune avec deux annuli, que l'on associe à une croissance post-smoltification effectuée dans un milieu favorisant une forte croissance. La croissance périphérique des saumons de type 1 du Koksoak se compare donc à celle des saumons de la rivière Matane. Or, chez ces derniers, nous savons par les résultats de travaux de marquage (Belding & Préfontaine, 1938) et par la périodicité annuelle des remontées de ces poissons dans les rivières du golfe du Saint-Laurent que la croissance pé-

riphérique enregistrée sur les écailles témoigne d'un séjour marin qui, selon le cas, dure une, deux ou trois années consécutives. En toute vraisemblance, les écailles de type 1 des saumons du Koksoak appartiennent à des spécimens qui effectuent des migrations à la mer. Power (1969) a décrit un certain nombre des caractéristiques vitales de ce type de saumons dans l'Ungava et notamment dans le fleuve Koksoak.

La figure 5 met en comparaison une écaille représentative du type 3 avec une écaille prélevée sur un spécimen de *Salmo salar* capturé dans la rivière Caniapiscou au niveau du lac Cambrien (élargissement de la Caniapiscou), en amont de la chute Calcaire. Les deux écailles présentent le même mode de déposition des circuli sans évidence de smoltification. On y distingue une succession bien régulière de cycles de croissance accélérée (été) et lente (hiver), ce dernier étant faiblement représenté par quelques circuli. Ainsi ces deux écailles semblent refléter les mêmes conditions de croissance. Or l'écaille provenant du spécimen du lac Cambrien appartient à un

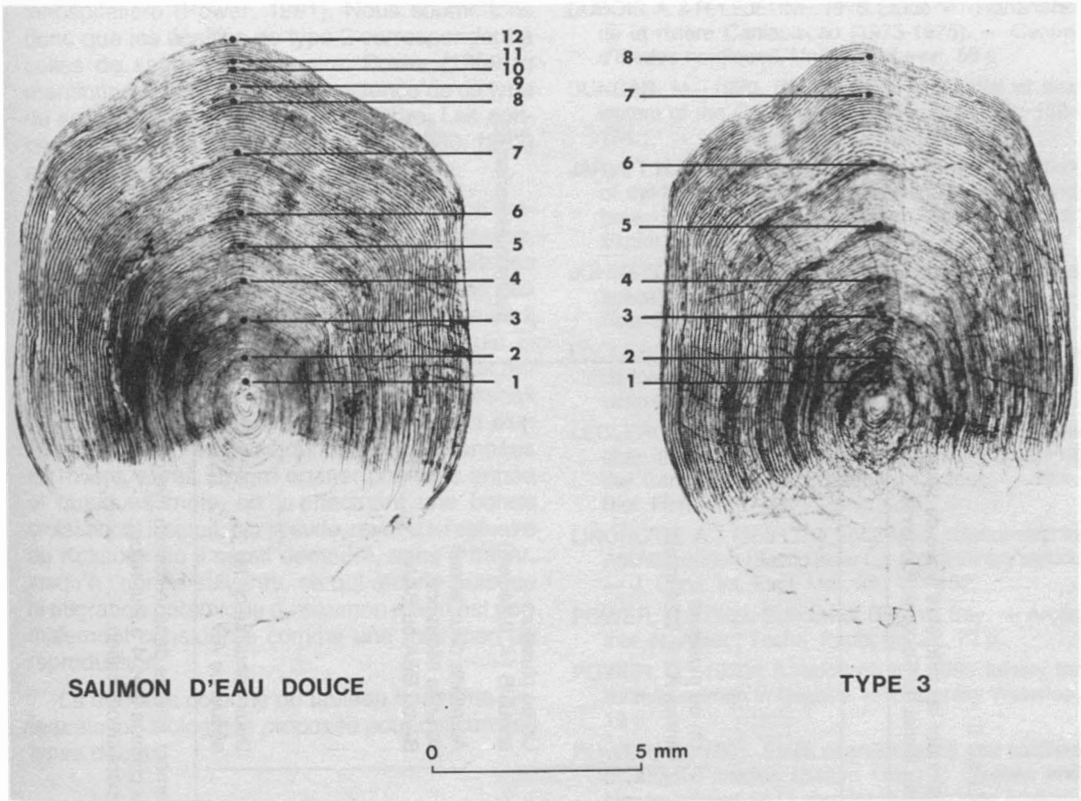


Figure 5. Photographie comparant une écaille de type 3 de saumon du Koksoak pris en aval de la chute Calcaire et une écaille de saumon d'eau douce de la rivière Caniapiscou capturé au niveau du lac Cambrien, en amont de la chute Calcaire.

saumon d'eau douce (ouananiche) dont le cycle vital, dans cette partie de la rivière Caniapiscou, est confiné à un habitat fluviatile ou équivalent. On trouvera dans Dubois & Lejeune (1975), Leclerc (1979) et Leclerc & Power (1980) des descriptions du cycle vital de ce type de saumons. Il est donc concevable d'assimiler le type 3 à *Salmo salar ouananiche* ou saumon d'eau douce. Toutefois, il est bon de signaler que la croissance de ces saumons d'eau douce diffère de celle des spécimens provenant du lac Saint-Jean (Québec) ou encore du lac Sebago (Maine). En effet, dans ces deux cas, les saumons ont un cycle vital qui se passe partiellement dans un habitat fluviatile où la croissance est lente et un habitat lacustre qui favorise une croissance plus rapide, ce qui apparaît comme tel sur les écailles des saumons de ces plans d'eau.

L'interprétation de l'écaille de type 2 (fig. 2) sera faite par référence aux types 1 et 3. D'une part, la zone centrale de l'écaille peut facilement être identifiée comme étant une zone de faible croissance se comparant au séjour en rivière des saumons de type 1 du Koksoak. La croissance

estivale enregistrée en zone périphérique est aussi marquée que celle des saumons de type 1. Toutefois, là s'arrête la comparaison avec les écailles de type 1. En effet, les circoli d'hiver sont très peu nombreux et la zone hivernale n'occupe que très peu d'espace sur l'écaille (inférieure à 0,24 mm). La croissance d'hiver rappelle celle des saumons de type 3 qui, on le rappelle, ont un cycle vital dulcicole.

Ces constatations suggèrent que les écailles de type 2 appartiennent à des saumons qui, après la smoltification, séjournent dans un milieu présentant des conditions estivales de croissance généralement équivalentes au milieu marin, mais qu'ils doivent subir, à l'approche de l'hiver, un arrêt aussi net de leur croissance que les saumons d'eau douce. De telles conditions peuvent être retrouvées dans l'estuaire du Koksoak ou dans les eaux côtières de la baie d'Ungava, qui semblent très productives en été (Dunbar, 1970), mais qui sont soumises à l'emprise des glaces en hiver. Les saumons devraient alors retraire en eau douce, la température de l'eau du bas estuaire du Koksoak et de la baie d'Ungava leur étant

TABLEAU II

Résumé des caractéristiques permettant de distinguer les différents types de saumons présents dans le tronçon aval du réseau fluvial du Koksoak (Ungava)

<i>Critères de classification</i>	<i>Type</i>	<i>Interprétation biologique</i>			
Absence de smoltification (cycles annuels de croissance se conformant à une seule configuration)	3	Saumon d'eau douce, ouananiche (1); ou forme juvénile, tacon			
Présence de smoltification (deux grandes zones de cycles annuels de croissance).	Un seul genre d'annulus dans la zone post-smoltification	Un ou plusieurs annuli A ($> 0,24$ mm)	1	Saumon marin	
		Un ou plusieurs annuli B ($< 0,24$ mm)	2	Saumon estuarien (2)	
	Deux genres d'annulus dans la zone post-smoltification (3)	Au moins deux annuli selon la séquence BA ou BBA ou BAA		4	Saumon à croissance mixte: estuaire et mer
		Deux annuli selon la séquence AB		5	Saumon à croissance mixte: mer et estuaire (1)

- (1) Cas rares dans la partie basse du Koksoak, mais il peut en être autrement ailleurs dans le réseau hydrographique.
 (2) Peut inclure des saumons qui éventuellement iront en mer et seraient classés type 4 à leur retour.
 (3) Ne se présente que chez les saumons qui ont au moins deux annuli post-smoltification.

inhospitalière (Power, 1981). Nous soumettons donc que les écailles de type 2 correspondent à celles de saumons d'estuaire. Power (1969) a mentionné la possibilité de l'existence de ce type de saumons, sans toutefois le décrire. Les données présentées par Robitaille *et al.* (1980, 1982) appuient cette interprétation préliminaire.

Si l'on accepte ce classement en saumon marin, saumon d'eau douce et saumon d'estuaire, les types 4 et 5 s'expliquent comme suit: les écailles de type 4 reflètent un séjour initial en eau douce, suivi d'une descente vers l'estuaire où il y aurait eu croissance pendant un an, puis finalement une année (ou plus rarement deux années) de vie en mer avant le retour vers le Koksoak pour le frai. Quant au type 5, il serait le fait d'un saumon qui, après un séjour de quelques années en rivière, aurait émigré en mer pour une année et quelques mois, en y effectuant une bonne croissance. Il serait, par la suite, revenu à l'estuaire du Koksoak où il serait demeuré, sans y frayer, jusqu'à l'année suivante, ce qui étonne puisque la migration potamique du saumon marin est normalement considérée comme une migration de reproduction.

La dernière colonne du tableau II résume l'interprétation biologique proposée pour chacun des types décrits.

Remerciements

Nous remercions la Société d'Énergie de la Baie James et Hydro-Québec qui ont subventionné une large part de nos recherches. Nous remercions également tous les techniciens qui ont participé au prélèvement des données sur le terrain de même que les pêcheurs Inuit qui nous ont bienveillamment donné accès à leurs captures. Enfin, nous remercions monsieur Grégoire Ouellet qui a fait une lecture critique du manuscrit original de ce texte.

Références

- BELDING, D.L. & G. PRÉFONTAINE, 1938. Étude sur le saumon de l'Atlantique (*Salmo salar* L.). 1. Organisation et résultats généraux des recherches dans le golfe Saint-laurent en 1937. — Contr. Inst. Zool. Univ. Montréal, n° 2, 50 p.
- BLAIR, A.A., 1937. The validity of age determination from the scales of landlocked salmon. — Science, 86: 519-520.
- DAHL, K., 1910. The age and growth of the salmon and trout in Norway as shown by their scales. — The Salmon and Trout Association, London, 144 p.
- DUBOIS, A. & R. LEJEUNE, 1975. Étude de l'ouananiche de la rivière Caniapiscou (1973-1975). — Centre d'études nordiques, Université Laval, 59 p.
- DUNBAR, M., 1970. On the fishery potential of sea waters of the Canadian north. — Arctic, 23: 150-174.
- JARVI, T.H. & W.J.M. MENZIES, 1936. The interpretation of the zones on scales of salmon, sea trout and brown trout. — Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm. int. Explor. Mer, 97, 63 p.
- JOHNSTON, H.W., 1905. The scale of Tay salmon as indicative of age, growth and spawning habits. — Rep. Fishery Bd Scotl., 1904, Part II, p. 63-79.
- LECLERC, J., 1979. Écologie des populations d'omble de fontaine et d'ouananiche de la rivière Méo, Nouveau-Québec. — Thèse M. Sc., Univ. Laval, 182 p.
- LECLERC, J. & G. POWER, 1980. Production of brook char and ouananiche in a large rapid, tributary of the Caniapiscou river, northern Québec. — Env. Biol. Fish., 5: 27-32.
- LINDROTH, A., 1963. The body/scale relationship in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). A preliminary report. — J. Cons. int. Expl. Mer, 28: 137-152.
- POWER, G., 1969. Salmon of Ungava Bay. — Arctic Inst. N. Amer., Techn. Paper no. 22, 72 p.
- POWER, G., 1970? A report on the 1969 fishery for Atlantic salmon in Ungava. — University Waterloo, 19 p.
- POWER, G., 1981. Stock characteristics and catches of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Québec and Newfoundland and Labrador in relation to environmental variables. — Can. J. Fish. aquat. Sci., 38: 1601-1611.
- PROVENCHER-BRETON, M. & J.A. ROBITAILLE, 1982. Analyse de la récolte de saumons effectués par les Inuit de Kuujuaq en 1980. — Rapport de SAGE Ltée présenté au groupe d'Études conjointes Caniapiscou-Koksoak, Société d'Énergie de la Baie James, 30 p.
- ROBITAILLE, J.A., Y. CÔTÉ, G. OUELLET, R. LEJEUNE & G. SHOONER, 1980. Étude des populations de saumons du fleuve Koksoak. 1. Caractéristiques biologiques et évaluations des effectifs. — Rapport conjoint du Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche et SAGE, soumis à la Société d'Énergie de la Baie James, 84 p.
- ROBITAILLE, J.A., I. BABOS, Y. CÔTÉ, M. BRETON-PROVENCHER, G. SHOONER & G. HAYEUR, 1982. Biologie du saumon dans les eaux du fleuve Koksoak, en Ungava. — Rapport conjoint de SAGE Ltée, G. Shooner Inc. et du Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche présenté à Hydro-Québec, 169 p.
- WHITE, H.C. & J.C. MEDCOFF, 1968. Atlantic salmon scales as records of spawning history. — J. Fish. Res. Bd Can., 25: 2439-2441.

THE ROLE OF LAKES IN GOVERNING THE INVERTEBRATE COMMUNITY AND FOOD OF SALMONIDS DURING THE SUMMER IN A QUÉBEC BOREAL RIVER

R. J. GIBSON¹, F. G. WHORISKEY², J.-Y. CHARETTE³ and M. WINSOR⁴

Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole, MA 02543, U.S.A.

Résumé

Les lacs des régions boréales peuvent avoir une plus grande influence sur les rivières d'aval que ceux des régions tempérées. On a examiné cette hypothèse dans une rivière de la rive nord du golfe du Saint-Laurent. On s'est servi de paniers d'échantillonnage pour récolter des invertébrés pendant deux étés. Durant le premier été, on a prélevé des contenus stomacaux d'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et de tacons de saumon atlantique (*Salmo salar*). Dans les paniers d'échantillonnage de juin, les Simuliidae dominent à toutes les stations d'échantillonnage; ils sont particulièrement abondants au point le plus amont, à la sortie du lac. En juillet, les chironomides forment la biomasse la plus importante, sont les plus nombreux et constituent la plus grande part du poids total à certaines stations. Les trichoptères dominent par leur poids, à toutes les stations, en août, septembre et octobre et sont particulièrement abondants aux stations amont. Les échantillons obtenus ont montré que la biomasse des invertébrés est maximale à l'entrée du lac, au mois de juin, mais non à d'autres moments.

À la station aval, les contenus stomacaux de l'omble de fontaine et ceux des jeunes saumons atlantiques sont moins volumineux en août qu'au début de juillet, alors qu'aux stations de l'amont l'omble de fontaine (seul salmonidé de cette station) ne présente pas de différence à cet égard entre le début de juillet et août, mais les contenus stomacaux sont cependant moins volumineux qu'en juin. Les auteurs concluent que le lac a augmenté la production d'invertébrés (particulièrement les filtreurs qui constituent un des principaux aliments des salmonidés non migrateurs) dans la partie d'aval de la rivière, au moins dans les 4,3 km étudiés. Une biomasse supérieure de salmonidés dans les sites d'amont porte à croire que, dans des régions boréales semblables, la production de salmonidés est limitée par la nourriture plutôt que par l'habitat.

Abstract

Lakes in boreal regions may have relatively greater influence on production in rivers downstream than in temperate regions. This hypothesis was examined in a river on the north shore of the Gulf of St. Lawrence. Colonization basket samplers were used to collect invertebrates through two summers. During the first summer, stomach samples were taken of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). On the samplers in June, Simuliidae dominated over other invertebrates at all locations, and were especially abundant at the furthest station upstream, at the outlet of a lake. In July, chironomids were the most numerous group, and made up the greatest part of the total weight at some stations. Net-spinning trichopterans were dominant by weight at other locations. Net-spinning trichopterans were the dominant organisms by weight at all locations in August, September, and October, and were especially abundant at an upstream station. The samplers showed that biomass of invertebrates was highest at the lake outlet in June, but not at other times.

Present addresses:

¹ Fisheries and Oceans, P.O. Box 5667, St. John's, Newfoundland A1C 5X1

² Department of Biology, Université Laval, Québec G1K 7P4

³ Inland Waters Directorate, Environment Canada, 1141 Rte de l'Église, Sainte-Foy, Québec G1V 4H5

⁴ Code 8121, U.S. Naval Oceanographic Office, NSTL Station, Bay St. Louis, MS 39522.

At a downstream station the stomach volumes of both brook trout and juvenile Atlantic salmon were significantly less in August than in early July, whereas at the richer station upstream brook trout (the only salmonid at that station) had similar stomach volumes in August and in early July, although significantly less than in mid-June. We conclude that the lake increased production of invertebrates in the river downstream, at least over the 4.3 km examined, notably filter feeders, which provided a major part of the food for the resident salmonids. Greater salmonid biomass at the upstream sites suggest that in similar boreal areas salmonid production is limited by food rather than by habitat.

Introduction

Previous studies in the Matamec River (Québec) showed that the salmonid biomass was greater at an upstream station below a lake than further downstream, and the invertebrates sampled from the drift also were more abundant at the upstream station (Gibson & Galbraith, 1975). The fish populations in the river were dominated by salmonids, with Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) co-existing with brook trout (*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)) in the lower reaches. Above an impassible waterfall 5.9 km from the river mouth, trout occurred without salmon (Power *et al.*, 1973). Habitat segregation by the two species was apparent at a lower station in mid and late summer, but not in early summer (Gibson, 1973a). It was hypothesized that the available food might be the main factor affecting relative biomass at the two locations, and that competition for food might be a cause for the observed habitat segregation of salmon and trout.

There are many studies on the food of brook trout (e.g., Ricker, 1930; Needham, 1930; O'Connor, 1974) and several on Atlantic salmon (e.g., White, 1936; Allen, 1941) but few on these two species where they coexist. Keenleyside (1962) noted that salmon parr and brook trout fed in a similar manner, but that the salmon were generally more associated with the bottom. Elson (1940) thought there was potential for competition between Atlantic salmon and brook trout in Goldmine Brook, Nova Scotia, where there was an overlap in their food preferences. In a section of the Caniapiscou River (Québec), Leclerc (1979) found no difference in the diet between brook trout and ouananiche, the landlocked salmon. Both species fed on drift. Williams (1981) found in the Matamec River that the first diets of brook trout fry were primarily derived from small to medium sized aquatic invertebrates in the water column, and adult chironomids were taken at the water surface. The salmon fry held station in faster water and tended to feed more from the substrate on medium to large sized invertebrates, although items at the water surface were also taken.

The present study, therefore, was undertaken to gain a better understanding of the invertebrate fauna in the Matamec River, their use by the

salmonids, and the influence of lakes on the fauna of boreal rivers.

Location

The Matamec River, on the north shore of the Gulf of St. Lawrence, is located at approximately 50°18'N, 65°57'W (Fig. 1). The watershed encloses a drainage basin of 684 km², which lies on acidic Precambrian rocks. The vegetation is typical of the boreal forest, the dominant tree being black spruce (*Picea mariana*). The lower river drains Matamec Lake, a lake of 16.2 km² in area. There are five waterfalls on the river, respectively 0.7 km, 2.4 km, 4.4 km, 5.9 km, and 6.7 km from the sea. The fourth falls is a barrier to further upstream migration of salmon, but brook trout occur above this point and in the lake. The fifth falls from the sea is 3.2 km downstream from the outlet of Matamec Lake, and 1.1 km from the outlet of a chain of two smaller lakes. Mean width of the river is 45.7 m and mean annual discharge at the outlet of Matamec Lake is in the order of 13.5 m³s⁻¹. Details of the system are provided by Frenette & Julien (1981). The locations of sampling stations are shown in Figure 1. Sites near falls and at the lake outlet were in rapids, but the three sites labelled «lower area» were in the littoral waters of deep slow sections.

Materials and methods

Cylindrical colonization basket samplers (constructed of Vexar plastic screening of 1.9 cm diameter mesh size) were placed at various sites down the length of the river in 1976 and in 1977. In 1976, the height of these cylinders was 20 cm, and the diameter 20 cm. In 1977, the height of the baskets was reduced to 10 cm, and the diameter left at 20 cm, so that they had half the volume. They were filled with smooth rounded stones, approximately equal in size (mean diameter 7.9 cm, S_x 0.19), picked from a beach. The baskets each contained an average of 22 stones (S_x 0.71). The stones were not necessarily representative of the river substrate, but provided standard samplers. The baskets were set on the river bottom. Water velocities were measured in

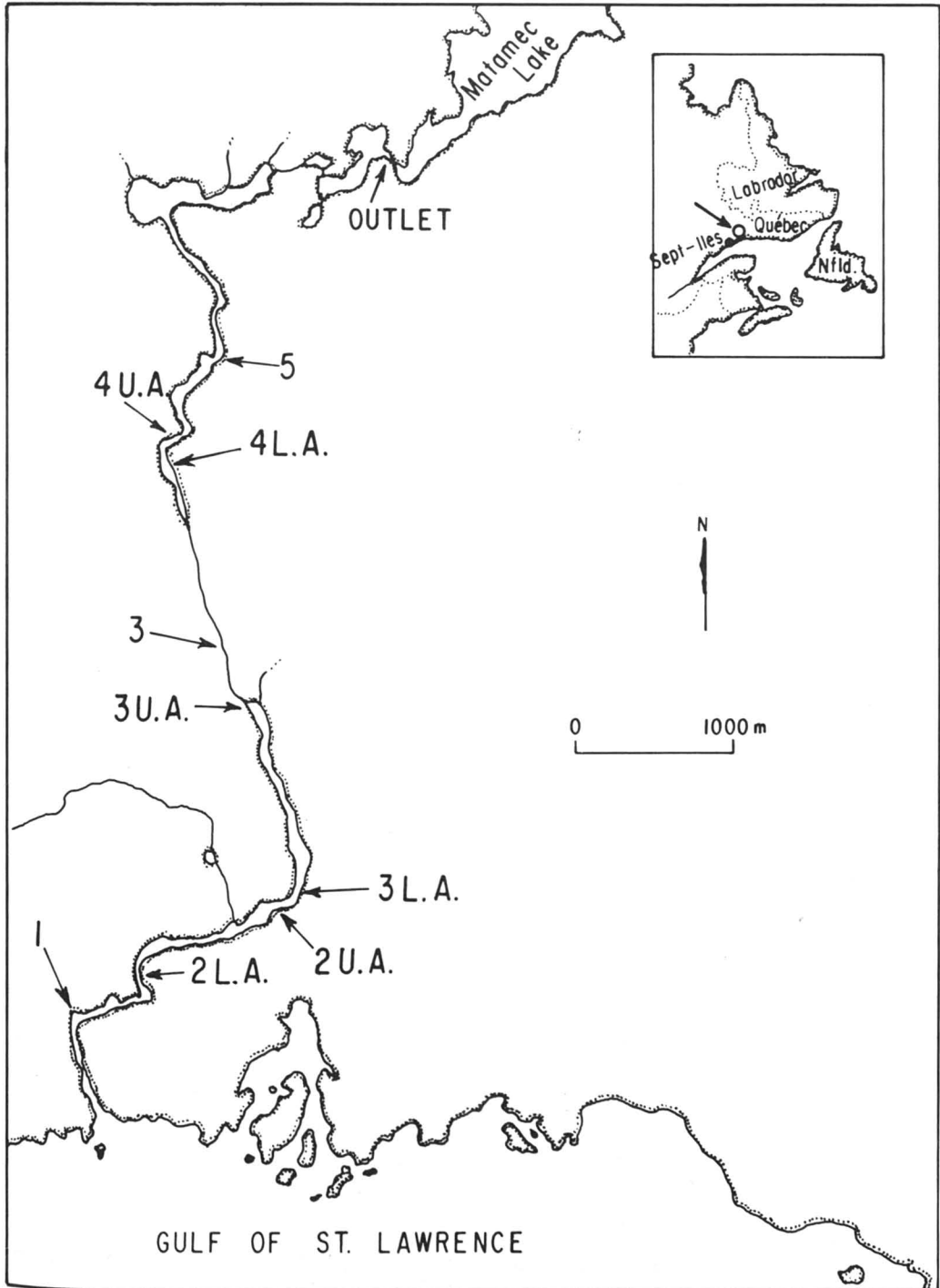


Figure 1. Map of the Matamec River showing the sampling stations. The inset locates the area on the north shore of the Gulf of St. Lawrence. Falls are located at 1, 2 U.A., 3, 4 U.A., and 5 (U.A. = upper study area; L.A. = lower study area).

front of each basket with a Hiroi acoustic current meter. Velocities and depths were measured at the time the basket was installed, and at the time the basket was removed. Mean water velocities at removal times were $34.1 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (S_x 2.13) in 1976, and $38.0 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$ (S_x 4.31) in 1977. Mean depths were 51.4 cm (S_x 2.60) in 1976 and 43.2 cm (S_x 3.94) in 1977. The baskets were sampled at intervals of about three weeks in 1976 and about four weeks in 1977, a sufficient time interval to allow for maximum colonization (Roby *et al.*, 1978). In 1976, baskets were first installed on May 15, and in 1977 on June 10. In 1976, two baskets were placed at each site, and in 1977 four baskets, but at fewer sites. Not all could be analysed, due to loss, or to partial or complete drying by receding water levels.

Baskets were attached by a line to an anchor such as a branch or a boulder. Each basket was gently lifted from the water by the line. A trailing hand net captured invertebrates leaving the sampler. Each basket was placed in a plastic basin, and all stones were removed to another basin. Any invertebrates in the hand net were added to the basin, although these were few. Both basket and stones were scrubbed in water with a stiff bristled brush. The collection was then filtered through a Nitex screen of 55 meshes $\cdot\text{cm}^{-1}$, and preserved in 70% alcohol. Invertebrates were sorted and identified to order, with Diptera and Trichoptera to family. If the animals were relatively few, or if relatively large, all were identified individually. Where there were large numbers of small insects, such as the chironomids and simuliids, the larger animals were picked out, and a subsample taken of the rest, with a plankton splitter (McEwen *et al.*, 1954), or by the Allenson & Kerrick (1961) method. This latter method involved putting the sample in an octagonal plexiglass cylinder with a magnetic stirrer and using a glass tube to remove subsamples. Animals in these subsamples were identified and counted. Volumes of the invertebrate groups were estimated by the displacement method. They were blotted to remove excess moisture, then inserted into a graduated cylinder containing water, and the displaced volume measured, to the nearest 0.01 mL. Volume in mL was found to be approximately the same as wet weight in grams.

A total of 142 brook trout and 105 salmon parr were taken for analyses of stomach contents in 1976. These few numbers were taken because the salmon population was small (Gibson & Côté, 1982), and bigger samples might have interfered with other studies. Fish were caught in the late afternoon or evening by angling with small flies, and by beach seine. Fish were immediately killed and put into 10% formalin. They were measured

the same evening, a scale sample removed for ageing, and the stomach removed, between the oesophagus and pylorus. Stomachs were preserved in 10% formalin for later analysis, and individually labelled. The stomach volume was estimated by the method suggested by Hynes (1950). A full stomach was allotted 20 points, a distended stomach 30 points, an empty stomach 0 point, and intermediate values allotted corresponding with the fullness. Comparisons of differences between periods were tested for significance with the Mann-Whitney *U*-test. The individual items in the stomachs were identified, counted, and the percentage volume of each similar group was estimated. Overlap indices of prey were calculated from the formula used by Pianka (1973), as follows:

$$O_{jk} = O_{kj} = \frac{\sum_i^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_i^n P_{ij}^2 \sum_i^n P_{ik}^2}}$$

where the P_{ij} and P_{ik} are the proportions of the i^{th} resource used by the j^{th} and the k^{th} species respectively. It can never generate values less than zero (no overlap) or greater than one (complete overlap).

Results

COLONIZATION BASKET SAMPLERS

At all locations Simuliidae, net-spinning Trichoptera, and Chironomidae were the major groups. In the June samples of 1976, Simuliidae were dominant over other invertebrates at all locations both in terms of volume (Fig. 2) and numbers (Fig. 3). At the lake outlet they were exceedingly abundant, with a mean total volume of 39.6 mL per basket. Simuliidae were also abundant at the fifth falls (8.0 mL) and the second falls (6.8 mL), but were less at the third falls (2.2 mL on June 3 and 1.0 mL on June 15). In July, chironomids were the most numerous group on the samplers (Fig. 3). They made up the greatest part of the total weight at this time at the third falls upper area, but net-spinning Trichoptera had a greater biomass at the other locations (Fig. 2). Net-spinning Trichoptera were the dominant organisms in terms of volume at all locations in August, September and October, and were especially abundant below the fifth falls (4.72 mL in August and 3.84 mL in September).

In mid-June, samples at the lake outlet indicated a much greater total biomass of invertebrates

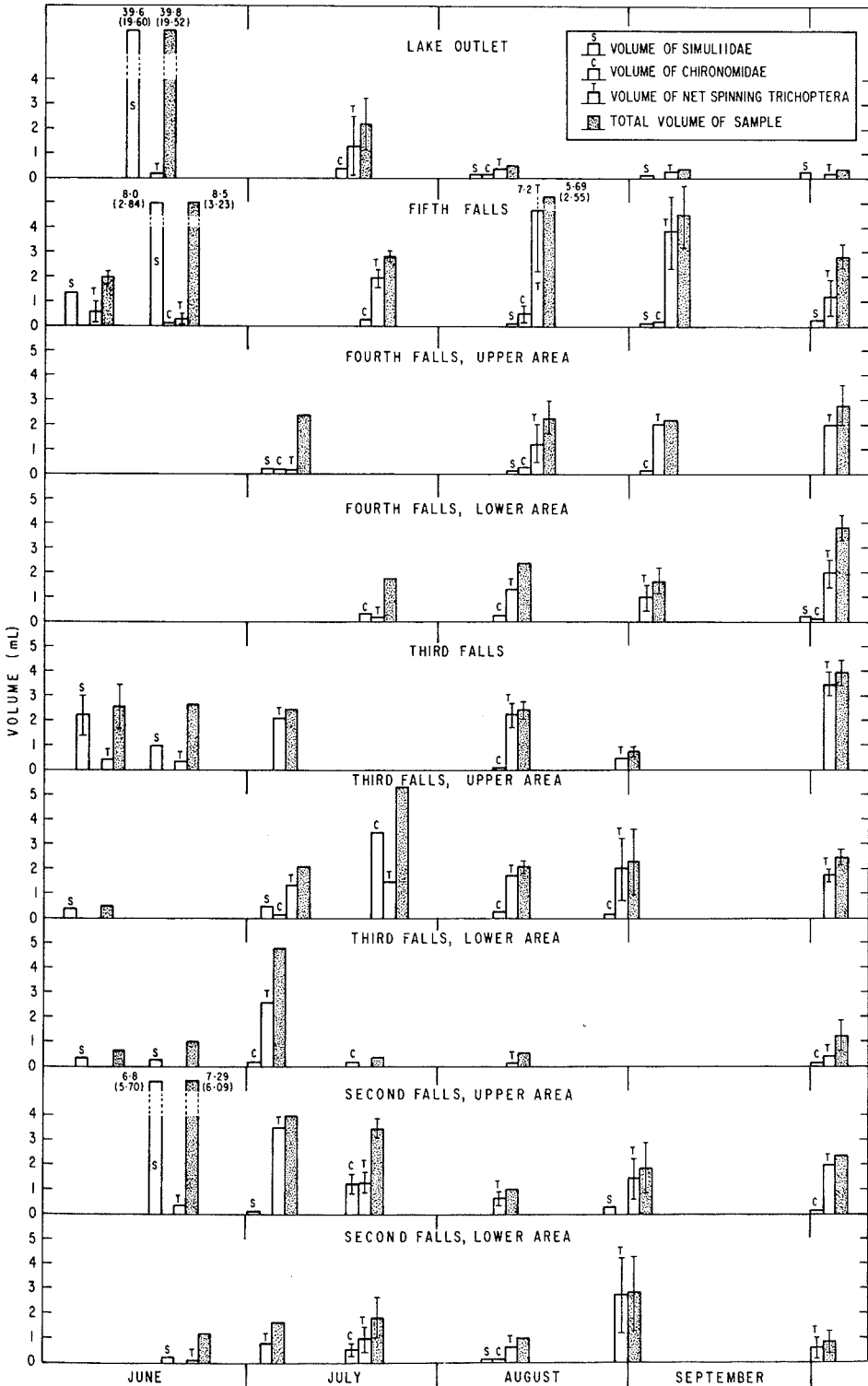


Figure 2. The volumes (mL) of invertebrates collected on large basket samplers in 1976. Bars indicate standard deviation either side of the mean. Values are usually from two samplers at each site. One sampler only could be used at the following sites and times: lake outlet, August 13, September 3, October 8; fourth falls upper area, July 4; fourth falls lower area, July 19; third falls upper area, June 3, July 3, July 18; third falls lower area, July 2; second falls lower area, July 1.

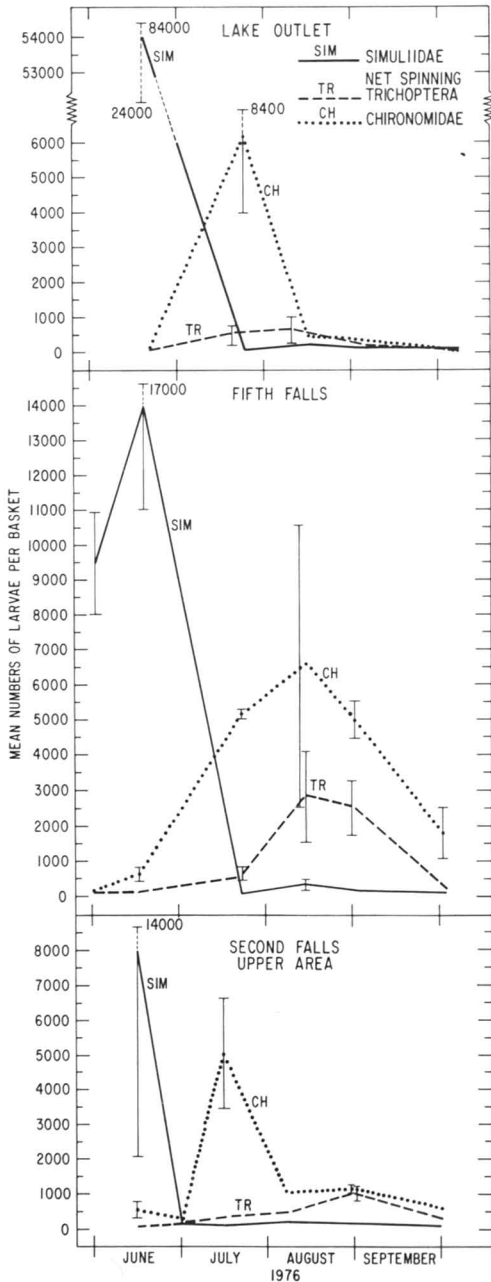


Figure 3. The changes in density of larvae of the major invertebrate groups through the season on baskets samplers in 1976, at three of the sampling sites. Bars represent ranges around the mean. Ranges less than 150 are not shown.

than at stations down river. However, biomass at other times of the summer was less than at other stations sampled (Fig. 2). When all stations could be compared at the same time there was an indication of a decrease in biomass from the fifth falls downstream, with the exception of the third falls upper area and second falls upper area in mid-July, which had relatively greater volumes of chironomids at this time.

In 1977, samplers were placed only at the lake outlet, the fifth falls, and the second falls. Samples were taken in July, August, and September (Figs. 4 and 5). One sampler was left from the previous year at the second falls lower area, and was removed on June 15. It was in a depth of 37 cm, and a water velocity of 112 cm·s⁻¹. It had 10,904 simuliid larvae, of volume 11.68 mL. As in previous years at this time, simuliid larvae were observed to be abundant and carpeting all structures in shallow fast water.

The total volumes of invertebrates sampled in 1977 were again very much higher at the fifth falls than at the second falls. The relative mean total volumes at the fifth falls compared to those at the second falls were 1.19 in July, 8.23 in August, and 9.75 in September. Except at the lake outlet, net-spinning trichopterans and chironomids were the dominant taxa. At the lake outlet the mean total volumes were similar to those at the second falls (Fig. 4) but much of this was made up by leeches (Hirudinea) at the lake outlet. Chironomids were abundant in July and had a greater biomass than net-spinning trichopterans at the fifth falls, but in the August and September samples net-spinning trichopterans were the dominant organisms.

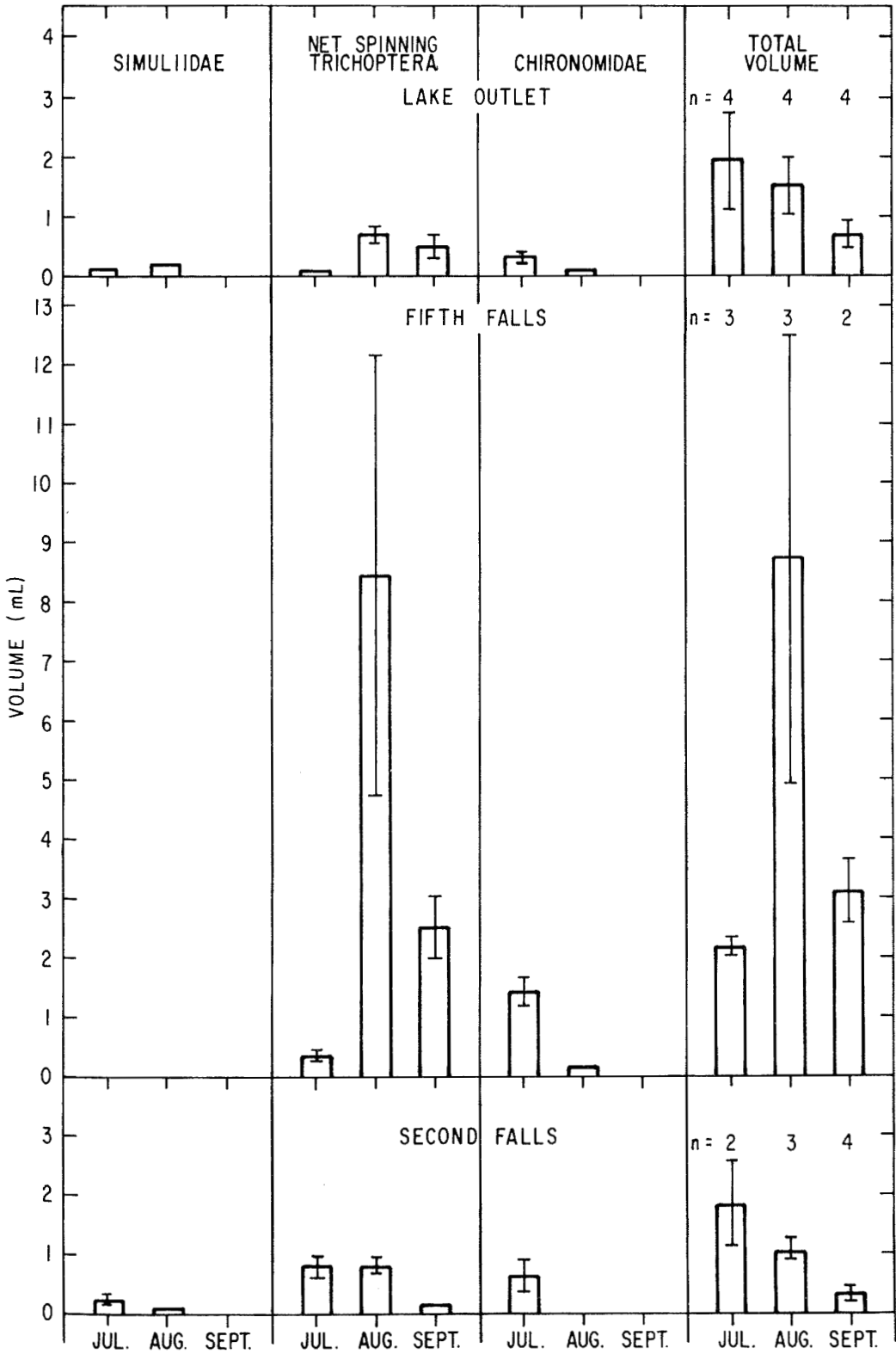
STOMACH ANALYSES

The mean percentage stomach fullness and the relative percentage of items eaten are shown for salmon parr in Fig. 6, and for brook trout in Fig. 7. Mean sizes of the fish are shown in Table I.

At the second falls stomach volumes for both brook trout and salmon were significantly less on August 14 than on July 6 ($P < 0.01$) (Table II). Yearling and two-year old brook trout had indices of only 8.8 (S_x 1.91) on August 14, which was significantly less ($P < 0.01$) than that of young salmon at this time (18.6, S_x 0.79).

At the fifth falls brook trout had no significant difference between stomach volumes on August

Figure 4. The volumes (mL) of invertebrates collected on small basket samplers in 1977. Bars indicate the standard error either side of the mean. The number (n) of samplers is shown under 'total volume'.



13 and July 6 ($P > 0.05$), although at both these times the stomach volumes were significantly less than on June 19 ($P < 0.01$) (Table II).

With both fish species aquatic insects were the most important part of the diet in June and early July, but as the season advanced, food of terrestrial origin became more frequent in the diet, and the importance of aquatic forms decreased.

At the second falls terrestrial and emergent insects made up 9.3%, 22% and 56.6% of the food of salmon on June 20, July 6, and August 14, whereas with brook trout at the same times the proportions were, 17.8%, 47.5% and 69.3%. Immature aquatic insects, other than case building trichopteran larvae, were eaten in greatest amounts by salmon in the June and July samples (61.7% and 54.8%). Corresponding proportions eaten by brook trout were 38.1% and 7.5%. Chironomids, mainly pupae, were important in the

diet of salmon on July 6, but formed only a small part of the diet of the trout at this time. Ephemeropteran nymphs were eaten more by salmon than by brook trout.

Therefore, at all three sampling times below the second falls, brook trout took more surface food than salmon, and salmon ate relatively more mid-water and bottom insects than brook trout. Brook trout ate relatively more case building trichopteran larvae than did salmon in June and July, perhaps indicating a greater tendency to feed from the substrate than from mid-water.

We categorized the food items in the following major groups, related partly to where they would probably be taken in the water column; terrestrial and emergent insects; trichopteran pupae (which could have been taken at the surface); case building trichopteran larvae; other aquatic food. From these we calculated the overlap indices.

TABLE I
Mean size of the different ages of fish sampled in 1976*

Date	Year class	Salmon		Brook trout	
		Fork length (cm)	Weight (g)	Fork length (cm)	Weight (g)
June 19-20	1+	5.8 (0.18)	3.0 (0.30)	9.4 (1.10)	10.1 (3.43)
	2+	11.8 (0.04)	21.2 (0.85)	13.9 (0.34)	33.9 (2.31)
	3+			18.1 (0.48)	67.3 (4.54)
	4+			22.6 (0.66)	131.2 (9.47)
	5+			27.3	264.3
July 6	1+	7.1 (0.17)	4.9 (0.35)	10.0 (0.11)	14.1 (1.42)
	2+	11.4 (0.20)	20.2 (1.35)	14.7 (0.23)	44.5 (2.07)
	3+	13.9	36.8	18.9 (0.38)	90.5 (5.30)
	4+			24.0 (0.28)	172.0 (9.02)
August 13-15	1+	8.7 (0.23)	8.3 (0.60)	10.7 (0.23)	14.6 (0.94)
	2+	12.2 (0.13)	23.1 (0.90)	15.8 (0.29)	50.2 (3.22)
	3+	15.4 (0.44)	47.0 (2.57)	19.6 (0.51)	92.9 (5.45)
September 5	1+	9.7 (0.22)	10.5 (0.63)		
	2+	12.7 (0.16)	22.9 (0.95)	16.5 (0.77)	48.2 (6.70)
	3+	15.6 (0.37)	49.0 (4.09)		

* Standard errors are given in brackets.

Overlap in the diets at the second falls was high at all times, although least in early July, when stomachs were the most full (Table II).

At the third falls on August 15 salmon parr had eaten a variety of items, but only 22.1% from the surface (Fig. 6). Much of the food was derived from the benthos, with a high proportion consisting of hydroptychid larvae, a net-spinning trichopteran (27.5%), case building trichopteran larvae (16.3%), and chironomid larvae and pupae (15.2%). However, salmon parr taken at the same time at the third falls (lower area) had eaten 79.6% surface food, only 7.4% consisted of case building trichopteran larvae, and no hydroptychid larvae or chironomid larvae were found. The overlap index for diets of the salmon at these two sites was only 0.46, indicating little overlap.

Brook trout at the third falls (lower area) had eaten 50.6% surface food, 17.0% case building trichopteran larvae, and no hydroptychid larvae. The diet overlap with salmon here was 0.97. The diet therefore of salmon at this site was more similar to that of the brook trout than to salmon further upstream immediately below the third falls.

At the fifth falls brook trout took 54.2% of surface items on June 19, but on July 6 only 8.7%, and

on August 13, 53.4%. On July 6 the greatest proportion of the food was of simuliid larvae (Fig. 7). A comparison with the diet of brook trout at the second falls on July 6 gave an index of 0.25; showing very little overlap in the diets at the two sites at this time.

At the lake outlet on July 6 brook trout had a mean stomach fullness index of 19.2 (S_x 1.36), and, except for one chironomid larva and one rhagionid larva which had been eaten, were feeding entirely on Simuliidae. Twenty-nine percent were adult simuliids, so probably taken at the surface, but 45% were pupae and 21.5% larvae, showing that food was also taken from the substrate and possibly mid-water.

Discussion

The most striking features of the data from the basket samplers are the decrease in abundance of invertebrates between the fifth and second falls, especially in August and September, the preponderance of filter feeders, and the changes in taxa through the season.

The abundance of filter-feeding invertebrates in outlets of lakes is well known (Müller, 1956;

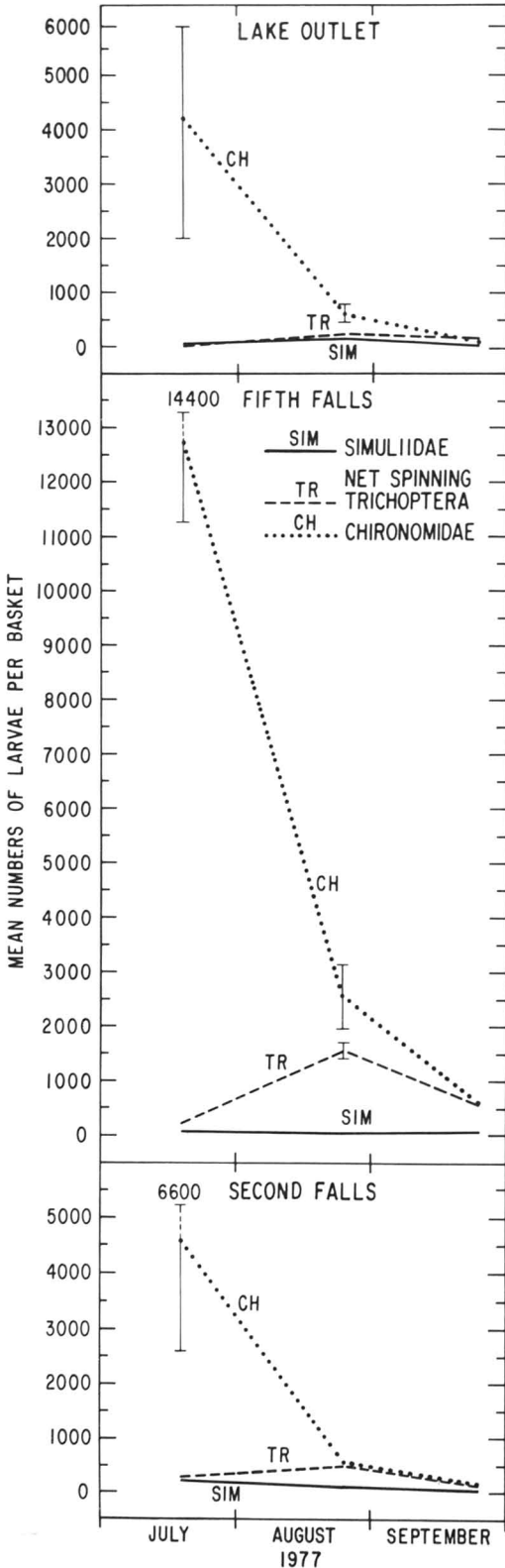
TABLE II

Indices* for stomach fullness at various locations** in 1976, and overlap indices of the major types of food for salmon parr and brook trout

Location	Date	Stomach fullness index		Overlap index
		Trout	Salmon	
2 U.A.	June 20	17.3 (1.76)	19.5 (3.50)	0.90
2 U.A.	July 6	20.7 (1.11)	22.1 (0.65)	0.66
2 U.A.	August 14	11.5 (2.44)	18.6 (0.79)	0.99
2 U.A.	September 5	3.3 (2.72)	9.3 (0.88)	0.79
3 U.A.	August 15	—	13.3 (1.48)	—
3 L.A.	August 15	5.6 (1.25)	11.3 (1.41)	0.97
5	June 19	22.5 (0.88)	—	—
5	July 6	17.0 (1.00)	—	—
5	August 13	15.4 (1.52)	—	—
Lake outlet	July 6	19.2 (1.36)	—	—

* Standards errors are given in brackets.

** Numbers under location refer to the falls, as in Figure 1.



Cushing, 1963; Ulfstrand, 1968; Hynes, 1970) although they are considered to decrease rapidly down the length of the river (Oswood, 1979). The rate of decrease is probably affected by size of the river and water velocity, and rate of removal of seston suitable as food. In a stream with mean discharge of $0.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ in Idaho, McCullough *et al.* (1979) calculated that the filter feeders in a 1 m^2 area were able to remove 0.01% of the seston flowing over them each day. However, over stream orders 1 through 4 in a southern Appalachian stream, Ross and Wallace (1983) showed that benthic filter feeders had a progressively smaller impact on the seston as stream size increased, related to higher transport velocities, which reduce the rates at which filter feeding caddisflies can process the organic inputs to a given reach of stream.

Downstream from Matamec Lake filter feeding invertebrates dominated other invertebrates throughout the length of the river. Williams & Williams (1979) found that the net-spinning Trichoptera were dominant over other trichopterans in the Matamec River, but not in streams and rivers of adjacent watersheds which did not drain lakes.

Zooplankton is more abundant at the fifth falls than at the second falls, but Carter (1979) found that in 1977 an abundant supply of copepods and cladocerans was present in the drift at the fifth falls only until early July. However, Williams & Williams (1979) found that phytoplankton, insects, and particulate organic matter as well as zooplankton were eaten here by the net-spinning trichopterans, and that their populations were sustained primarily by plankton drifting out of Matamec Lake. Ward (1976) found below a deep release dam that macroinvertebrates had higher standing crops, but less diversity than at sites unregulated by dams. However, reduction in suspended matter by the lake had detrimental effects on filter feeders.

In general, natural lakes are nutrient sinks (e.g. Hannan, 1979). Matamec Lake however appears to have an enhancing effect and the outlet river is considerably more productive than the inlet (Gibson, 1973a; O'Connor & Power, 1976). Hynes (1970) points out that although lakes act as fertility traps much organic matter leaves lakes in the form of plankton. Matamec Lake is an oligotrophic, humic, and acidic lake, in which much of the phy-

Figure 5. The changes in density of larvae of the major invertebrate groups through the season on basket samplers in 1977. Bars represent standard error about the mean — not shown if less than 150.

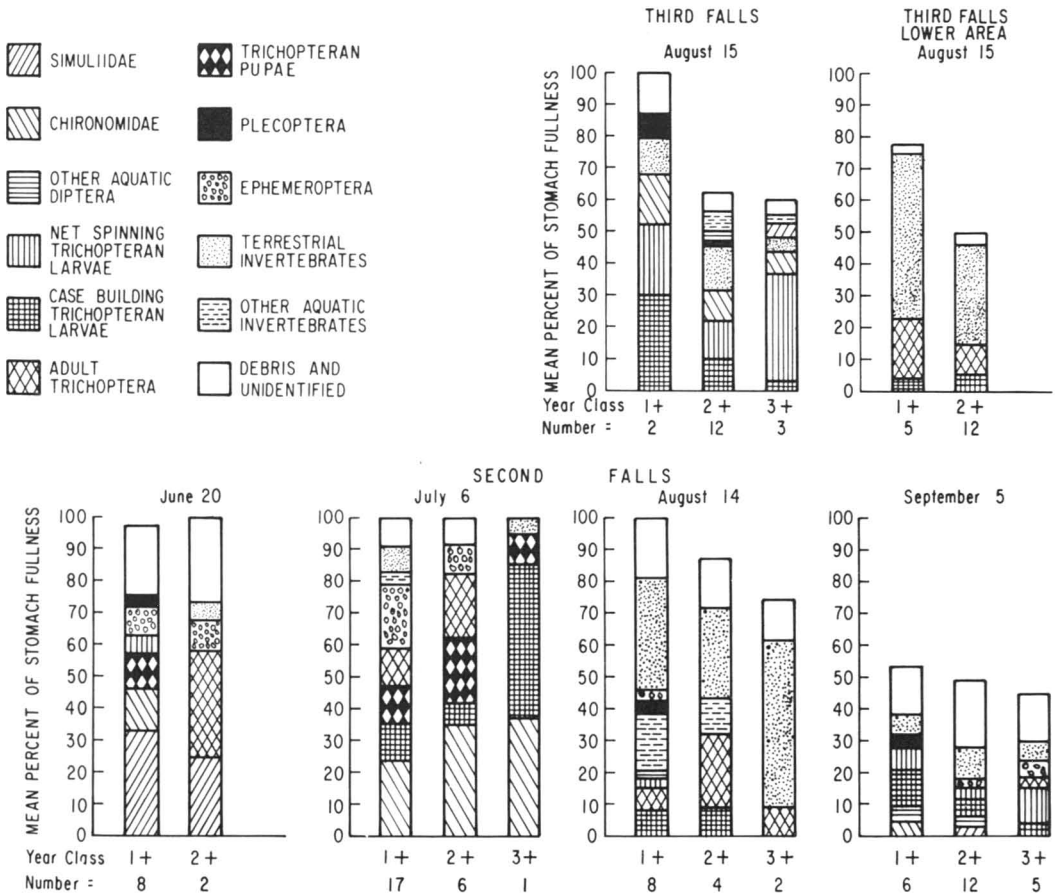


Figure 6. The mean percentage fullness of stomach samples from salmon parr in 1976 and the relative volumes of items eaten. Volumes less than 2% are not shown.

toplankton may grow heterotrophically (Janus & Duthie, 1979). Martin (1979) suggests that although the lake may be a nutrient trap, the two smaller lakes or ponds at the outlet do not necessarily act as nutrient traps. Since these latter receive epilimnetic water from Matamec Lake, the food quality is of high energy material. For the same reason the ponds are warmer, and therefore have a longer growing season. These smaller lakes therefore may be important in transporting nutrients to the river. It is possible that hydrodynamic effects of the falls have some enhancing effect on the habitat for filter feeders. Also it has been suggested (Hynes, 1970) that similarly to sea water, turbulence in rivers may enhance the precipitation of organic matter which is then colonized by bacteria, which are high grade food for organisms.

G. Jones (pers. comm.) detected decreases in ATP and particulate organic matter between

the fifth and second falls. He found that the lake acted as a nutrient trap in the mass balance sense of the term, but not at the energetic level. That is, the input to the lake was high but of low energy-nutrient availability (refractory organics, etc.). The epilimnion in spring and summer generated a mineralization activity high enough to liberate nutrients in a form available for photosynthetic incorporation. He found also that superimposed on the decline of high energy material down the length of the river there were alternate photoproduction and heterotrophic activity cycles, but of decreasing intensity moving downstream. His findings add further evidence towards the importance of lakes in this region and the metabolism of nutrients down the river.

Simuliidae at the lake outlet in the June samples were very much more abundant than further downstream, but samples later in the season did not show this difference in biomass of filter feeders.

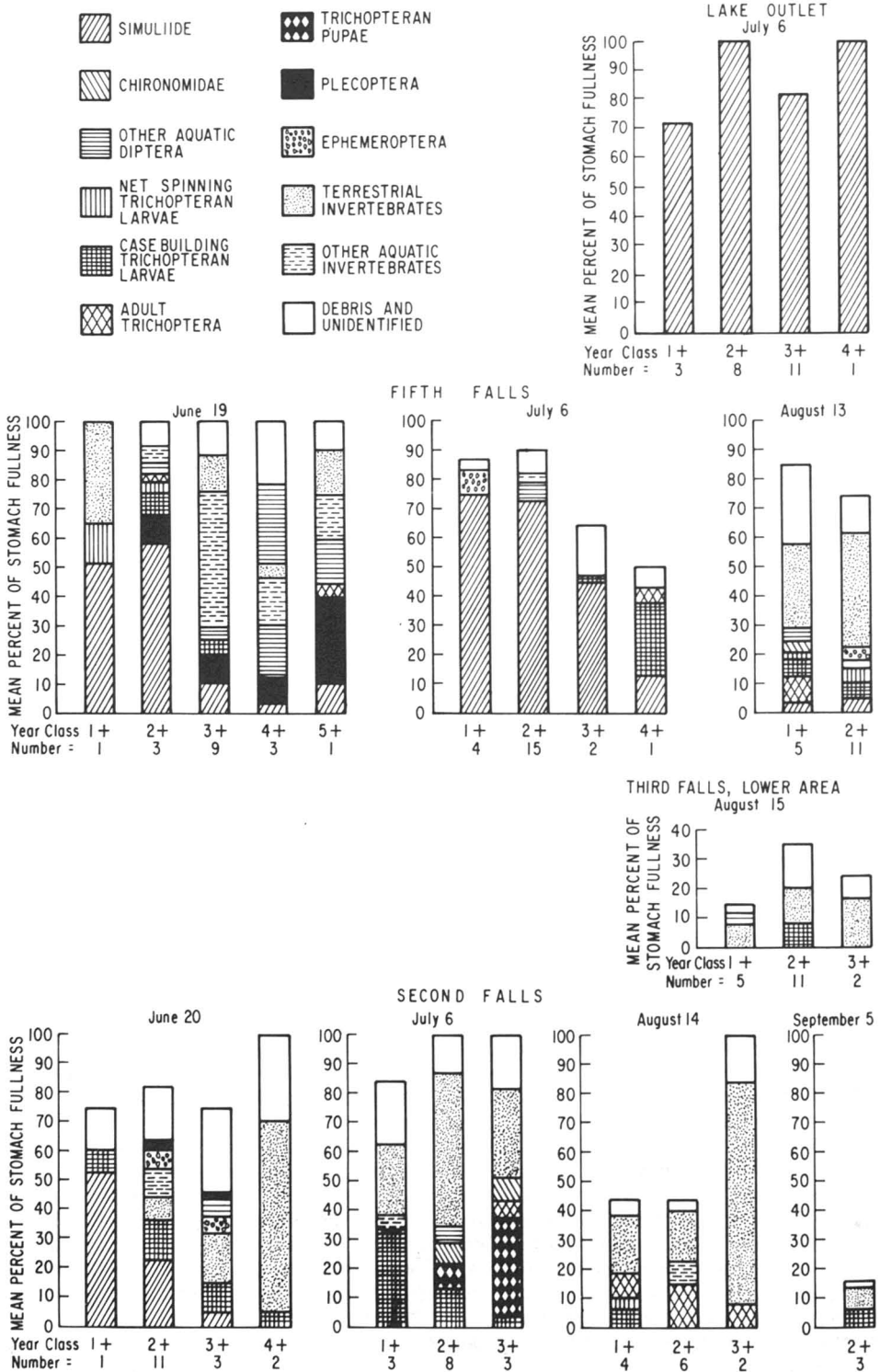


Figure 7. The mean percentage fullness of stomach samples from brook trout in 1976 and the relative volumes of items eaten. Volumes less than 2% are not shown.

Relative differences in abundance may have been due to either a difference in habitat or in food. Water temperatures were similar through the lower river. The section sampled at the lake outlet was a torrential rapids, with a substrate mainly of boulders and bedrock. Also it was between two lakes (Fig. 1). There was a more varied type of substrate below the fifth falls, and the smaller lakes and waterfall upstream may have had some unknown effects on the sources of food. Carlsson *et al.* (1977) in Swedish Lapland found simuliid larvae abundant at lake outlets, where they were present for a shorter period than elsewhere. They concluded that since large particles such as phytoplankton and coarse detritus occurred in similar numbers at other locations, and at all times, and therefore did not seem to control the abundance of blackfly larvae, that their food was of small particles down to colloidal size. These particles produced on the lake bottom by decomposition processes during the winter, were washed out into the river at ice melt.

Each type of sampler is selective, and the basket samplers were probably more conducive to colonization by filter feeders than by other groups (Khalaf & Tachet, 1980). Also water velocity may have had selective effects, although the type of substrate is evidently of greater importance than the current in attracting colonization by invertebrates (Minshall & Minshall, 1977; Reice, 1980). However, filter feeders were also abundant in drift samples collected in 1973, (Gibson & Galbraith, 1975), although the basket samplers in the present study gave a relatively higher representation of net-spinning trichopterans. Differences may have been due to natural variations in abundance or to the sampling techniques.

In all four months (June-September) the volume of animals from the drift samplers in 1973 was about twice as high at the fifth falls than at the second. With the basket samplers in the present study, the volumes in June and July at the two locations were similar. In August the volumes were 5.6 times higher at the fifth falls in 1976, and 8.2 times higher in 1977. In September of 1977 the volumes were 9.8 times higher.

Schiefer (1971) found that the rivers of the north shore of the Gulf of St. Lawrence which drained lakes were relatively more productive of salmon than those without lakes. No doubt hydrological and temperature effects are involved (Dirin-Khalturin, 1981), but the present study suggests that the relative abundance of food is of great importance in salmonid production in this region and that the relative abundance of filter feeders provides an indicator for abundance of fish food. A comparison of salmonid populations

at the fifth and second falls in 1971 showed that the biomass of brook trout below the fifth falls was $17.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, but the salmonid biomass (brook trout plus salmon) below the second falls was $1.9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (Gibson, 1973a). There was no difference in discharge, or temperature between the two areas, and habitat was similar. Also, sizes and growth rates of juvenile salmon progressively decrease from below the fourth falls downstream (Gibson, 1978; Gibson & Dickson, 1984). There are, however, long nose suckers (*Catostomus catostomus* (Forster)) downstream from the third falls, and these may have some competitive effects. In contrast, O'Connor & Power (1976) found that in four tributaries of Matamec Lake with the same fish fauna as below the fifth falls (except for a lack of eels [*Anguilla rostrata* (LeSueur)]), standing crops of brook trout were between 1.2 and $5.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. O'Connor (1974) found net-spinning trichopterans relatively unimportant in benthos and drift in these streams. Similarly, Moreau *et al.* (1976) found, in four other tributary streams of Matamec Lake and Matamec River, that net-spinning trichopterans were poorly represented. In these latter studies small lakes were in the drainage basins of some of the streams, but did not have the same effects as the discharge from a large lake into a relatively high order river as in the present study. Major lakes in this region on the main river stem therefore appear to increase production of invertebrates, notably filter feeders, over a significant distance downstream, with correspondingly higher fish biomass. Our results suggest also therefore that salmonid production in boreal rivers is limited by food rather than habitat.

The changes in volumes of stomach contents seen through the season may reflect changes in relative amounts of food available, endogenous changes in the fish, or changes in the physical habitat. The basket samplers at the second falls show a decrease in invertebrate biomass through the season, and this was emphasized by drift samplers at both second and fifth falls which showed very much higher volumes of invertebrates in June and July than in August and September (Gibson & Galbraith, 1975). Water temperatures remained suitable for salmonid activity. In 1976, water temperatures in August were less than 20°C , and were less than in early July, when frequently they exceeded 20°C (Gibson, 1977), and yet stomach volumes were greater in the early July samples than in August, for both species. Similar results were found in 1971, with both salmon and trout stomachs being most full in June and early July, and least full in late July, and in August and September (Gibson, 1973b). The heavy feeding of salmonids in spring, and the decrease in amount of food eaten in August is similar to findings in

other areas (e.g. Allen, 1940; Benson, 1953). Water levels in 1976 were lowest in July, and somewhat higher in August. The samples in June and September were taken therefore during higher discharges. This may have affected distribution of the fish and food availability. There is nevertheless a significant correlation between indices of stomach fullness and amounts of invertebrates colonizing the samplers at the same time (Fig. 8, $r^2 = 0.44$; $P < 0.05$), which provides further evidence that in this area the available food rather than habitat limits densities and production. Four of the co-ordinates (basket volumes vs stomach indices) appear to be "outliers": salmon at the second falls on July 6 (4.0 mL; 22.1 points) and on August 14 (1.01 mL; 18.6 points); and brook trout at the second falls on July 6 (4.0 mL; 20.7 points) and on September 5 (1.87 mL; 3.3 points). For both species on July 6 the stomach volumes have higher indices than might be expected from the regression. However large proportions of the food at this time (Figs. 6 and 7) were of items that would not be collected on the colonizing baskets, so the available food may not have been well represented. The trout stomachs contained 47.5% terrestrial and emergent insects, and 12.6% trichopteran pupae, at this time, and the salmon stomachs 22.0% terrestrial and emergent insects and 14.4% trichopteran pupae. Similarly on August

14, salmon stomachs were more full than might be expected (1.01 mL; 18.6 points), possibly because they contained 56.6% terrestrial and emergent insects. The brook trout stomach volumes on September 5 were unexpectedly small (1.87 mL; 3.3 points). This sample was taken just prior to spawning, so that endogenous effects may have affected feeding behaviour. If these four points are not included the correlation coefficient is improved ($r^2 = 0.85$; $P < 0.01$) and the regression equation becomes,

$$Y = 1.480X + 8.242.$$

The food and feeding of brook trout is reviewed by Power (1980). He notes that the brook trout is an opportunistic feeder that exists on a wide variety of natural prey. The differences in diet of the same species taken on the same day, but at different locations, in this study, illustrates well the opportunistic and catholic feeding of both species (Figs. 6 and 7). Diet overlap was higher between salmon and brook trout where they co-habited than between the same species at different locations. For example, on July 6 brook trout at the lake outlet were feeding on simuliids, at the fifth falls mainly on simuliids, but including other items, and at the second falls mainly on Trichoptera and terrestrial food (Fig. 7). Similarly, with salmon

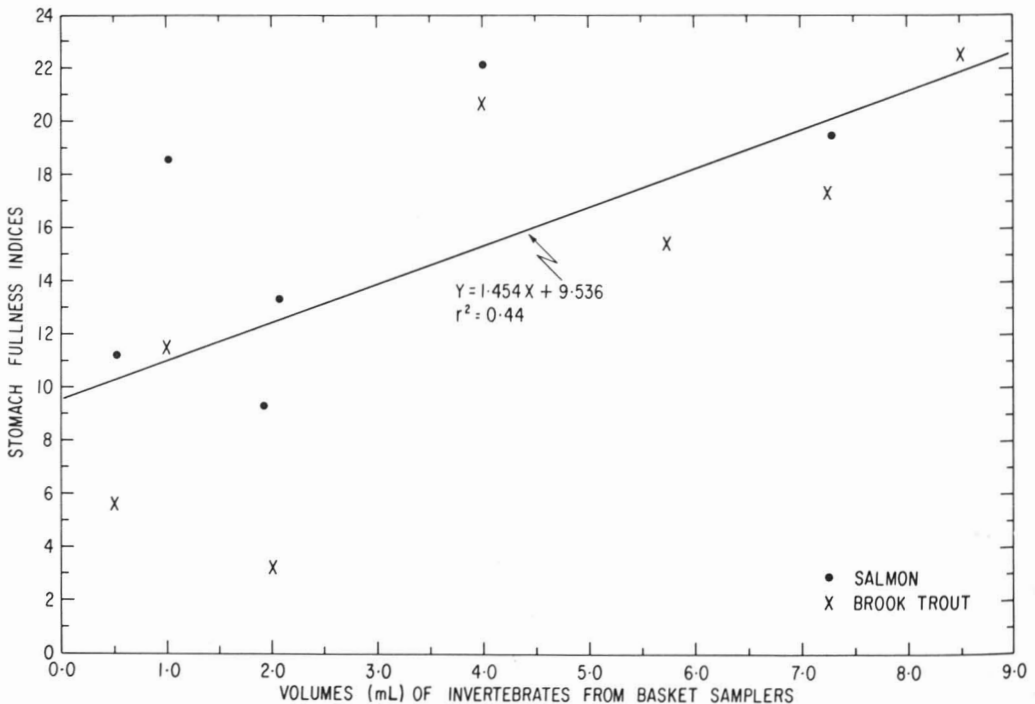


Figure 8. The relation between stomach volume indices and the amounts of invertebrates colonizing the samplers, collected at the same time ($r^2 = 0.44$; $P < 0.05$).

on August 15, in fast water at the third falls they were feeding mainly on items derived from the benthos, whereas in slower water downstream they were feeding mainly on surface items (Fig. 6). Similar results were found by Egglisshaw (1967), who found that young salmon in pools of a Scottish river fed more on emerging chironomids and terrestrial organisms than did salmon from runs. The adaptability of salmon parr is shown in a study by Keenleyside (1967), where they were found before DDT spraying in the Miramichi River to typically eat immature aquatic insects, concentrating on Diptera, Trichoptera, and Ephemeroptera. Reduction of all aquatic insects by DDT was soon followed by a resurgence of Chironomidae and other Diptera, and surviving parr fed on these, but also ate snails, worms, and fish, previously unimportant in their diet. When the insect fauna began to recover, Ephemeroptera and Trichoptera were relatively more abundant in parr stomachs than in the surrounding stream fauna.

Salmon parr at the second falls in August had more full stomachs (93% fullness) than brook trout at the second falls (57.5%). Brook trout at the fifth falls, where salmon did not occur, had fuller stomachs (77%) than brook trout at the second falls. This suggests that salmon parr had some competitive advantage over brook trout. In June and early July there is much overlap of habitat at the second falls between brook trout and salmon parr, but later in the season the brook trout are found mainly in deeper water downstream, whereas salmon parr are more numerous in rapids and close to the falls. In the absence of salmon parr, at the fifth falls, brook trout remained in the rapids (Gibson, 1973a). This provides an example of interactive segregation, as described by Nilsson (1967). In June and early July, when both species are in close association, food was abundant and therefore probably not limiting. Overlap in diets was high, although there was some difference in proportions of items taken by the two species, possibly related to size of the prey and a wider range in size of the trout. Later in the season, when food is scarcer, competition is minimized by a segregation in habitat.

In a study comparing feeding of brook trout and salmon in fast flowing third order stream, Thoney (1984) found that large salmon parr had a greater diet overlap with brook trout than did small salmon parr, due to large salmon parr feeding more on terrestrial prey than did small salmon. This complements the findings of Gibson & Dickson (1984) in the Matamec River, that although in general juvenile salmon have the competitive advantage over brook trout in lotic conditions, below the second falls, where much of the habitat

consisted of relatively deeper and slower water, brook trout had some negative effect on the growth of large salmon parr, but not on the yearlings, which tend to inhabit shallower and faster water than large parr. In this latter study the authors suggested that different size groups of young salmon occupy somewhat different niches.

Although net-spinning trichopterans were abundant at the fifth falls in August, they formed only a relatively small part of the diet of brook trout there (4.4%). The salmon diet at the third falls suggests therefore that salmon parr in August use this resource in greater proportions than brook trout. In a previous study (Gibson, 1973b), brook trout ate proportionately more net-spinning trichopterans (55%) in September at the fifth falls, but the mean fullness index was only seven (35% full) at this time. Net-spinning trichopterans are more likely to be abundant in fast riffle areas, the preferred habitat of salmon parr.

It can be concluded from this and previous studies in the Matamec River that the lake has a considerable influence on the fauna of the river. There is probably little input of nutrients from ground water and tributary streams as occurs in many systems. Also it is possible that in boreal areas, where leaves from deciduous trees provide

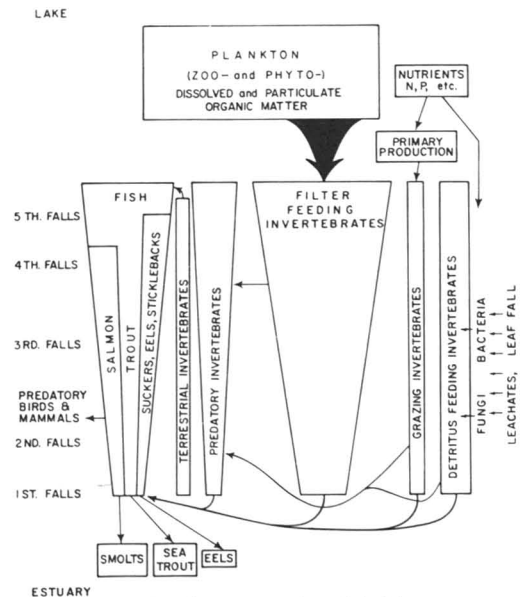


Figure 9. A conceptual model of the ecosystem in the Matamec River. The vertical length represents distance from Matamec Lake. Width of the columns represents biomass and the arrows between trophic levels indicate energy pathways. Inputs from gametes of adult salmon and from elvers are not shown. Salmon can migrate to below the fourth falls, but sea trout cannot ascend the first falls.

a minor source of allochthonous nutrients, lakes have a relatively greater effect on river production than in temperate areas. Filter feeding insects dominated the aquatic invertebrates throughout the length of the river, and were more abundant nearer the lake than downstream, although at the lake outlet itself this applied only to Simuliidae in June. A hypothetical diagram of nutrient inputs and changes in biomass of invertebrates and fish down the length of the river is presented in Fig. 9. Judging by the decrease in aquatic invertebrates and the reduced stomach volumes at stations downstream over the 4.3 km between the fifth and second falls, the available fish food decreased through the season, at least at the downstream locations. Aquatic invertebrates were the major food in June and early July, after which food of terrestrial origin was of major importance. Brook trout tended to eat more surface food and more case building trichopteran larvae than did salmon, possibly related to the greater tendency of brook trout to inhabit the pool environment than salmon, whereas salmon tended to feed more on mid-water and benthic invertebrates, except where the salmon inhabited slow and deep sections. Both species were opportunistic and showed considerable variety in the diet, related probably to both habitat and availability of food.

Acknowledgments

Field and laboratory work was funded by the Atlantic Foundation and the Woods Hole Oceanographic Institution. Analyses and preparation of the paper were supported by the Department of Fisheries and Oceans. The cooperation of the Québec Ministry of Recreation, Fish and Game is also much appreciated. We are also grateful to D.D. Williams for advice with the project, and for reviewing the MS and to D. Larson for reviewing the MS with many helpful comments and for suggesting Fig. 8. We would also like to thank N.H. Ringler, R. Peet, and P. Ryan for useful suggestions in improving the MS. C. F. Gibson assisted with collecting the fish. H.R. Mullett drafted the figures and P. Doyle typed the MS. Contribution no. 96 from the Matamek Research Station, Québec.

References

- ALLEN, K. R., 1940. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). I. Growth in the River Eden. — *J. Anim. Ecol.*, 9: 1-23.
- ALLEN, K. R., 1941. Studies on the biology of the early stages of the salmon (*Salmo salar*). II. Feeding habits. — *J. Anim. Ecol.*, 10: 47-76.
- ALLENSON, B. R. & J. E. KERRICK, 1961. A statistical method for estimating the numbers of animals found in field samples drawn from polluted rivers. — *Int. Assoc. theor. appl. Limnol.*, 14: 491-494.
- BENSON, N. G., 1953. Seasonal fluctuations in the feeding of brook trout in the Pigeon River, Michigan. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 83: 76-83.
- CARLSSON, M., L. M. NILSSON, B. SVENSSON, S. ULFSTRAND & R. S. WOTTON, 1977. Lacustrine seston and other factors influencing the black flies (Diptera: Simuliidae) inhabiting lake outlets in Swedish Lapland. — *Oikos*, 29: 229-238.
- CARTER, J. C. H., 1979. Zooplankton of the lower Matamek River, Québec. — *Naturaliste can.*, 106: 539-546.
- CUSHING, C. E., Jr., 1963. Filter-feeding insect distribution and planktonic food in the Montreal River. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 92: 216-219.
- DIRIN-KHALTURIN, D. K., 1981. Causes of size-age differences in young salmon and spawners (Salmonidae). — *J. Ichthyol.*, 21(4): 64-79.
- EGGLISHAW, H. J., 1967. The food, growth and population structure of salmon and trout in two streams in the Scottish Highlands. *Freshwat. Salm. Fish. Res.*, 38: 1-32.
- ELSON, P. F., 1940. Food of salmon, trout and eels in Goldmine Brook. *Fish. Res. Bd Can.*, MS Rep. Ser. (Biol.), no. 210, 10 p.
- FRENETTE, M. & P. JULIEN, 1981. Recueil de données sur les caractéristiques hydro-physiques de la rivière Matamek, Québec. — *Rapp. GCS-81-03*, Département de Génie civil, Univ. Laval (Québec), 286 p.
- GIBSON, R. J., 1973a. Interactions of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brook trout (*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)). — *Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ.*, no. 4, p. 181-202.
- GIBSON, R. J., 1973b. The interrelationships of brook trout *Salvelinus fontinalis* and juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. — Ph.D. thesis, Univ. Waterloo, Ontario, 163 p.
- GIBSON, R. J., 1977. Matamek annual report for 1976. — *Woods Hole Oceanog. Inst. Tech. Rep. WHOI-77-28*, 116 p.
- GIBSON, R. J., 1978. Recent changes in the population of juvenile Atlantic salmon in the Matamek River, Québec, Canada. — *J. Cons. int. Explor. Mer*, 38: 201-207.
- GIBSON, R. J. & Y. CÔTÉ, 1982. Production de saumonceaux et recaptures de saumons adultes étiquetés à la rivière Matamek, Côte-Nord, golfe du Saint-Laurent, Québec. — *Naturaliste can.*, 109: 13-25.
- GIBSON, R. J. & T. A. DICKSON, 1984. The effects of competition on the growth of juvenile Atlantic salmon. — *Naturaliste can.*, 111: 175-191.
- GIBSON, R. J. & D. GALBRAITH, 1975. The relationships between invertebrate drift and salmonid populations in the Matamek River, Québec, below a lake. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 104: 529-535.
- HANNAN, H. H., 1979. Chemical modification in reservoir-regulated streams. — Pages 75-94 in J. V. Ward & J. A. Stanford (eds.). *The ecology of regulated streams*. Plenum Press, New York and London, 398 p.

- HYNES, H.B.N., 1950. The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pungitius pungitius*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. — *J. Anim. Ecol.*, 19: 36-58.
- HYNES, H.B.N., 1970. The ecology of running waters. — Univ. Toronto Press, 555 p.
- JANUS, L.L. & H.C. DUTHIE, 1979. Phytoplankton and primary production of lakes in the Matamek Watershed, Québec. — *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 64: 89-98.
- KEENLEYSIDE, M.H.A., 1962. Skin-diving observations of Atlantic salmon and brook trout in the Miramichi River, N.B. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 19: 625-634.
- KEENLEYSIDE, M.H.A., 1967. Effects of forest spraying with DDT in New Brunswick on food of young Atlantic salmon. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 24: 807-822.
- KHALAF, G. & H. TACHET, 1980. Colonization of artificial substrata by macroinvertebrates in a stream and variations according to stone size. — *Freshwat. Biol.*, 10: 475-482.
- LECLERC, J., 1979. Écologie des populations d'ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) et d'ouananiches (*Salmo salar*) de la rivière Méo, Nouveau Québec. — Thèse M.Sc., Univ. Laval, 175 p.
- MARTIN, D.K., 1979. Do some lakes act as nutrient traps? — B.Sc. Honours thesis, Univ. Waterloo, Ontario, 40 p.
- McCULLOUGH, D.A., G.W. MINSHALL & C.E. CUSHING, 1979. Bionergetics of lotic filter-feeding insects *Simulium* spp. (Diptera) and *Hydropsyche occidentalis* (Trichoptera) and their function in controlling organic transport in streams. — *Ecology*, 60: 585-596.
- McEWEN, G.F., M.W. JOHNSON & T.R. FOLSOM, 1954. A statistical analysis for the performance of the Folsom plankton splitter, based upon test observations. — *Arch. Met. Geophys. Biochem.*, no. A7, p. 502-527.
- MINSHALL, G.W. & J.N. MINSHALL, 1977. Micro-distribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (U.S.A.) stream. — *Hydrobiologia*, 55: 231-249.
- MOREAU, G., A.-P. PLAMONDON, J.-B. SERODES, D. BERROUARD, J. PETITCLERC & P. JULIEN, 1976. Étude de l'influence de la végétation riparienne sur l'écologie des rivières de la Côte-Nord. — Centre de recherches sur l'eau, Univ. Laval, Rapp. CRE-76/03, 89 p.
- MÜLLER, K., 1956. Das produktionsbiologische Zusammenspiel zwischen See und Fluss (The interplay between lake and river in biological production). — *Ber. limnol. Flusssstn Freudenthal*, 7: 1-8.
- NEEDHAM, P.R., 1930. Studies on the seasonal food of brook trout. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 60: 73-88.
- NILSSON, N.-A., 1967. Interactive segregation between fish species, — Pages 295-313 in Shelby D. Gerking (ed.). The biological basis of freshwater fish production. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh, 495 p.
- O'CONNOR, J.F., 1974. On the brook trout (*Salvelinus fontinalis*) production and trophic dynamics of four streams in the Matamek River system, Québec. — Ph.D. thesis, Univ. Waterloo, 201 p.
- O'CONNOR, J.F. & G. POWER, 1976. Production by brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in four streams in the Matamek watershed, Québec. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 33: 6-18.
- OSWOOD, M.W., 1979. Abundance patterns of filter-feeding caddisflies (Trichoptera: Hydropsychidae) and seston in a Montana (U.S.A.) lake outlet. — *Hydrobiologia*, 63: 177-183.
- PIANKA, E.R., 1973. The structure of lizard communities. — *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 4: 53-74.
- POWER, G., 1980. The brook charr, *Salvelinus fontinalis* — Pages 141-203, in E.K. Balon (ed.). Charrs: salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Junk Publishers, 928 p.
- POWER, G., G.F. POPE & B.W. COAD, 1973. Post-glacial colonization of the Matamek River, Québec, by fishes. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 30: 1586-1589.
- REICE, S.R., 1980. The role of substratums in benthic macroinvertebrate microdistribution and litter decomposition in a woodland stream. — *Ecology*, 61: 580-590.
- RICKER, W.E., 1930. Feeding habits of speckled trout in Ontario waters. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 60: 64-72.
- ROBY, K.B., J.D. NEWBOLD & D.C. ESMAN, 1978. Effectiveness of an artificial substrate for sampling macroinvertebrates in small streams. — *Freshwat. Biol.*, 8: 1-7.
- ROSS, D.H., & J.B. WALLACE, 1983. Longitudinal patterns of production, food consumption and seston utilization by net-spinning caddisflies (Trichoptera) in a southern Appalachian stream (USA). — *Holarct. Ecol.*, 6: 270-284.
- SCHIEFER, K., 1971. Ecology of Atlantic salmon, with special reference to occurrence and abundance of grise in North Shore, gulf of St. Lawrence rivers. — Ph.D. thesis, Univ. Waterloo, 129 p.
- THONNEY, J.-P., 1984. Comparison of the diets of Atlantic salmon and brook trout in Wings Brook, Newfoundland. — B.Sc. Honours thesis, Memorial Univ., Newfoundland, 56 p.
- ULFSTRAND, S., 1968. Life cycles of benthic insects in Lapland streams (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera: Simuliidae). — *Oikos*, 19: 167-190.
- WARD, J.V., 1976. Comparative limnology of differentially regulated sections of a Colorado mountain river. — *Arch. Hydrobiol.*, 78: 319-342.
- WHITE, H.C., 1936. The food of salmon fry in eastern Canada. — *J. biol. Bd Can.*, 2: 499-506.
- WILLIAMS, D.D., 1981. The first diets of postemergent brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) alevins in a Québec river. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 38: 765-771.
- WILLIAMS, N.E. & D.D. WILLIAMS, 1979. Distribution and feeding records of the caddisflies (Trichoptera) of the Matamek River region, Québec. — *Can. J. Zool.*, 57: 2402-2412.

ADSORPTION DU BORE EN RELATION AVEC LE pH ET LES BASES ÉCHANGEABLES DU SOL

A. KARAM et M.P. CESCAS

*Département des sols, Faculté des sciences de l'agriculture et de
l'alimentation, Université Laval, Québec G1K 7P4*

Résumé

Nous avons évalué la relation entre l'adsorption du bore et certaines propriétés du sol telles le pH et les bases échangeables. À cette fin, deux sols, une argile Sainte-Rosalie et un loam sableux Yamaska ont été utilisés. Des équilibres ioniques ont été établis sur plusieurs portions des deux sols préalablement traités avec différentes quantités d'ions Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} et H^{+} . Les données d'adsorption du bore ont été ajustées au modèle linéaire de Freundlich. Des corrélations très significatives ont été obtenues entre la constante A de l'équation de Freundlich et la somme des bases échangeables ainsi qu'avec le pH du sol. Sur une base individuelle, le potassium échangeable était également corrélé avec la constante A, pour les échantillons du loam sableux. L'analyse de régression multiple a montré qu'une grande proportion de la variabilité de A était attribuable au pH. Les équations quadratiques suivantes ont été établies:

$$A = 5,36 - 1,55 \text{ pH} + 0,18 \text{ pH}^2 \text{ (échantillons de sol argileux),}$$

et

$$A = 7,13 - 2,45 \text{ pH} + 0,26 \text{ pH}^2 \text{ (échantillons du loam sableux)}$$

La variation dans l'adsorption du bore en fonction du pH du sol est conforme avec l'hypothèse de l'adsorption d'ions borate (H_2BO_3^-) ainsi que d'acide borique moléculaire.

Abstract

We have evaluated the relationship between the adsorption of boron by two soils, a Sainte-Rosalie clay and a Yamaska sandy loam, and both the pH and the exchangeable bases. Boron retention was determined on various portions of the two soils which were previously treated with different amounts of Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} and H^{+} ions. The boron adsorption data were described by the linear form of the Freundlich equation. For the two soil series, a highly significant correlation was found between the Freundlich A constant and both the sum of exchangeable bases and the soil pH. The exchangeable potassium of the sandy loam samples was also correlated with the constant A. The multiple regression analysis showed that the soil pH was the only variable which contributed significantly to the variation of A. The quadratic equations were computed as:

$$A = 5.36 - 1.55 \text{ pH} + 0.18 \text{ pH}^2 \text{ (clay samples),}$$

and

$$A = 7.13 - 2.45 \text{ pH} + 0.26 \text{ pH}^2 \text{ (sandy loam samples)}$$

The positive relation between soil pH and boron retention is in agreement with the hypothesis of the adsorption of borate ions (H_2BO_3^-) and molecular boric acid.

Introduction

L'adsorption du bore (B) par les sols a une signification agronomique importante dans la prévention de la toxicité et de la carence en bore chez les plantes. Plusieurs travaux de recherche, effectués sur divers types de sols, ont montré

des relations étroites entre la rétention du bore et certaines propriétés du sol. Des controverses demeurent cependant quant à l'effet de pH et des bases échangeables sur l'adsorption de cet élément. Contrairement à Harada & Tamai (1968), Bingham *et al.* (1971) et Keren & Gast (1981) rapportèrent que la rétention du bore était prin-

cipalement fonction du pH. Barbier & Chabannes (1953) conclurent que l'adsorption du bore n'était pas influencée par la nature des cations échangeables. Par contre, Cescas (1972) et Hadas & Hagin (1971) ont décelé une relation positive entre les divers cations échangeables et le niveau de bore adsorbé.

Compte tenu de ces divergences et de l'importance accrue de la fertilisation boratée, nous avons entrepris une étude afin de déterminer la contribution du pH et des bases échangeables sur l'adsorption du bore. Plutôt que d'utiliser des sols présentant une gamme étendue de pH et de bases échangeables, nous avons préféré procéder avec des échantillons ayant des propriétés similaires et constantes tout en ayant soin de faire varier le pH et les proportions des bases échangeables.

Matériel et méthodes

PRÉTRAITEMENTS DES SOLS

Nous avons choisi deux types de sol, un gleysol humique orthique (une argile de la série Sainte-Rosalie) et un podzol humo-ferrique gleyifié (un loam sableux de la série Yamaska) provenant de la région de Saint-Hyacinthe. Les deux sols ont été échantillonnés jusqu'à une profondeur de 30 cm dans deux champs cultivés. Les sols ont ensuite été séchés à l'air et tamisés à 2 mm. Leurs principales caractéristiques sont présentées au tableau I.

Nous avons traité les sols avec des solutions de diverses forces ioniques contenant un ou plusieurs cations tels Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} et H^{+} , pré-

parées à partir des chlorures correspondants. Trente-huit portions de l'argile Sainte-Rosalie et vingt-quatre portions du loam sableux Yamaska ont été traitées avec les solutions d'électrolytes en utilisant un rapport sol:solution de 1:10 (poids:volume). On a laissé reposer les suspensions de sol pendant deux semaines à la température de la pièce avant de les filtrer à l'aide d'un entonnoir Büchner muni d'un papier filtre Whatman n° 42 et d'un erlenmeyer relié à une trompe à eau. L'excès de sel ajouté a été éliminé en délavant les échantillons à plusieurs reprises avec de petites portions d'alcool méthylique (95%), jusqu'à disparition des ions Cl^{-} dans le filtrat (test avec AgNO_3). Les échantillons ont ensuite été séchés pendant une semaine à la température de la pièce, retamés de nouveau à 2 mm et conservés dans des flacons en polyéthylène pour les analyses subséquentes.

Le pH des échantillons traités avec les divers cations a été mesuré dans une solution 0,01 M CaCl_2 en utilisant un rapport sol:solution de 1:2. Les bases échangeables ont été extraites à l'aide d'une solution 1 N de NH_4OAc à pH 7,0. Les cations Ca^{+2} et Mg^{+2} contenus dans les extraits d'acétate d'ammonium furent déterminés par spectrophotométrie d'absorption atomique à partir d'une solution contenant 1% de lanthane. K^{+} fut déterminé par émission dans la flamme.

ADSORPTION DU BORE

Vingt-cinq millilitres de solutions d'acide borique (H_3BO_3) contenant respectivement 0, 5, 15, 25, 50 et 100 $\mu\text{g B/mL}$ ont été ajoutés à 2 500 g d'échantillon de sol dans des tubes de 50 mL en polyéthylène. Les tubes de centrifugation furent bouchés et agités horizontalement pendant 15 minutes. Les échantillons furent ensuite laissés au repos, à la température de la pièce pendant 48 heures avec agitation intermittente. Après la période d'équilibre, les suspensions de sol furent centrifugées à 2000 trm pendant 20 minutes et les solutions surnageantes décantées dans les béchers en polyéthylène. Le bore fut déterminé par colorimétrie en utilisant la méthode de la carmine (Hatcher & Wilcox, 1950).

Le bore adsorbé fut calculé par différence entre les quantités initialement ajoutées et celles présentes dans la solution surnageante à l'équilibre.

Les données d'adsorption du bore ont été ajustées à la forme linéaire de l'équation de Freundlich telle que rapportée ci-dessous:

$$\log S = \log(A) + N \log C$$

où S est la quantité de bore adsorbé par gramme de sol ($\mu\text{g/g}$); C est la concentration en bore ($\mu\text{g/mL}$) de la solution d'équilibre; A et N sont des constantes ($\mu\text{g/g}$ et L/g).

TABLEAU I

Caractéristiques de deux échantillons de sols des séries Sainte-Rosalie et Yamaska

Propriétés du sol	Série de sol	
	Sainte-Rosalie	Yamaska
Texture	Argile	Loam sableux
Granulométrie		
% sable	14,0	62,0
% limon	27,0	22,0
% argile	59,0	16,0
Matière organique (%)	3,2	2,3
pH (0,01 M CaCl_2)	7,5	4,9
Bases échangeables (méq/100 g)		
Ca	21,3	7,2
Mg	5,4	0,4
K	0,9	0,4
Bore soluble dans l'eau chaude ($\mu\text{g/g}$)	1,1	0,5

Les corrélations entre la constante A de Freundlich et les paramètres étudiés (pH et bases échangeables) ont été évaluées par régression simple et multiple.

Résultats et discussion

L'équation de Freundlich décrit fort bien l'adsorption du bore par les sols. La représentation graphique des termes $\log S$ et $\log C$ a donné des lignes droites ayant des coefficients de corrélation simple très significatifs de 0,970 à 0,996 pour les

échantillons du sol argileux (Sainte-Rosalie) et de 0,971 à 0,995 pour ceux du loam sableux (Yamaska). Ces données concordent avec l'ensemble des observations relatives à la représentation de l'équilibre entre les fractions dissoutes et adsorbées de bore dans les sols tel que défini par l'équation de Freundlich (Elrashidi & O'Connor, 1982). La constante A de Freundlich sert fréquemment à caractériser l'adsorption du bore par les sols. Van Bladel & Moreale (1977) considèrent que cette constante pourrait refléter le facteur capacité d'adsorption. Les valeurs calculées de

TABLEAU II

Valeurs de pH, teneur en bases échangeables et constantes de Freundlich relatives à l'adsorption du bore par les échantillons du sol argileux (Sainte-Rosalie)

pH 0,01 M CaCl ₂ (1:2)	Bases échangeables (méq/100 g)			Constantes de Freundlich	
	Ca	Mg	K	A (µg/g)	N (g/mL)
7,35	22,37	3,25	0,78	4,48	0,80
7,40	22,62	1,71	0,73	5,14	0,79
7,45	22,47	1,65	0,72	5,15	0,80
7,45	23,87	1,83	0,71	5,12	0,71
7,45	25,12	1,56	0,69	3,85	0,82
7,35	12,97	10,33	0,85	3,21	0,85
7,35	8,30	17,25	0,77	3,72	0,82
7,40	10,00	16,91	0,80	4,11	0,81
7,40	5,75	20,75	0,70	2,99	0,86
7,45	5,32	20,33	0,71	3,15	0,88
7,35	13,96	3,35	8,28	2,47	0,95
7,60	11,35	2,54	13,65	3,95	0,84
7,70	9,38	1,52	14,95	4,41	0,83
7,70	10,04	2,53	14,70	5,46	0,78
7,70	8,64	2,53	16,17	5,72	0,78
7,45	12,98	1,68	10,45	2,80	0,90
7,50	12,93	1,67	12,12	2,93	0,91
7,60	11,78	1,68	13,00	3,46	0,88
7,50	7,45	9,17	11,30	3,32	0,85
7,60	6,39	7,52	12,92	3,95	0,81
7,65	6,01	6,74	14,45	3,94	0,79
7,20	18,25	4,60	0,89	2,65	0,89
6,90	16,75	4,16	0,78	2,55	0,90
6,60	15,50	4,16	0,80	2,33	0,91
3,65	5,67	1,96	0,67	2,30	0,86
2,90	1,76	1,12	0,61	2,15	0,86
5,50	17,75	1,98	0,57	2,45	0,91
5,60	18,83	1,54	0,44	2,38	0,91
5,60	18,17	1,45	0,41	2,24	0,93
5,70	19,58	1,70	0,43	2,35	0,92
5,80	5,67	14,16	0,54	2,47	0,88
5,85	2,87	18,30	0,51	2,89	0,87
5,80	3,37	17,91	0,51	2,61	0,89
6,00	2,50	18,96	0,45	2,79	0,89
5,90	6,31	1,29	11,78	2,53	0,88
6,20	3,38	1,10	16,28	2,48	0,89
6,25	2,75	0,83	16,53	3,36	0,84
6,20	3,25	1,25	17,36	3,40	0,84

A varie de 2,15 à 5,72 $\mu\text{g/g}$ (tableau II) pour les échantillons du sol argileux (Sainte-Rosalie) et de 1,50 à 4,02 (tableau III) pour ceux du loam sableux (Yamaska).

Les corrélations entre la constante A de Freundlich et les paramètres pH et bases échangeables sont présentées au tableau IV. On a obtenu un coefficient de corrélation très significatif avec le pH, ce qui démontre bien la relation directe entre l'adsorption du bore et le pH du sol comme l'avaient déjà montré Hingston (1964) et Keren *et al.* (1981). Cette relation entre le pH et la rétention du bore est conforme avec l'hypothèse de l'adsorption d'ions boratés (H_2BO_3^-) par substitution anionique avec les ions hydroxyles (OH^-) des constituants du sol ainsi que l'adsorption d'acide borique moléculaire (H_3BO_3^0) à la surface des particules colloïdales (Hingston, 1964; Sims & Bingham, 1968a, 1968b).

Selon Hingston (1964) et Keren *et al.* (1981), les surfaces colloïdales manifestent une plus grande affinité pour les ions boratés que pour l'acide borique moléculaire. Si les minéraux argileux adsorbaient le bore uniquement sous forme

moléculaire, l'accroissement de l'adsorption avec le pH serait attribuable à la création de sites d'adsorption résultant de changements survenus à leur surface (Hingston, 1964). La corrélation significative entre la constante A et la somme des bases échangeables reflète simplement la relation directe entre le pH et le pourcentage de saturation en base. C'est en fait une confirmation de la corrélation avec le pH.

D'autre part, on a observé une corrélation significative entre la constante A et le potassium échangeable des échantillons du sol loam sableux (Yamaska). La relation entre la rétention du bore et le potassium échangeable n'est cependant pas évidente. Selon Hadas & Hagin (1971), le potassium échangeable n'affecte qu'indirectement l'adsorption du bore, soit en créant de nouvelles conditions plus favorables à sa rétention, soit en créant de nouveaux sites d'adsorption ayant une grande affinité pour le bore.

La contribution à un modèle linéaire de chacun des paramètres étudiés a été obtenue par un calcul de régression multiple étape par étape dont les résultats sont présentés au tableau V. Pour

TABLEAU III

Valeurs de pH, teneur en bases échangeables et constantes de Freundlich relatives à l'adsorption du bore par les échantillons du sol loam sableux (Yamaska)

pH 0,01 M CaCl_2 (1:2)	Bases échangeables (méc/100 g)			Constantes de Freundlich	
	Ca	Mg	K	A ($\mu\text{g/g}$)	N (g/mL)
6,85	10,15	0,14	0,09	3,01	0,84
6,85	10,30	0,06	0,09	1,52	0,99
6,95	11,99	0,06	0,12	2,47	0,90
6,85	13,25	0,04	0,11	4,02	0,79
6,60	10,30	0,04	0,07	1,72	0,98
6,70	4,55	4,83	0,11	2,88	0,85
6,70	3,15	6,83	0,95	2,45	0,92
6,85	2,08	8,83	0,08	2,07	0,92
6,70	1,68	8,41	0,07	2,36	0,90
6,50	1,98	8,34	0,08	2,69	0,85
6,75	4,12	0,50	4,00	3,70	0,80
7,05	3,19	0,34	7,09	3,16	0,84
7,05	2,72	0,33	8,60	3,64	0,82
7,05	2,26	0,33	9,74	2,95	0,85
6,95	1,68	0,17	10,07	3,36	0,83
6,90	4,33	0,04	3,20	2,37	0,92
6,70	3,78	0,04	4,50	2,38	0,92
6,50	2,97	0,04	4,67	2,50	0,91
6,85	1,01	3,78	5,15	2,04	0,93
6,85	0,97	3,96	6,02	2,29	0,91
6,95	1,68	5,04	4,60	2,86	0,86
4,60	6,85	0,32	0,35	1,53	0,95
4,05	3,56	0,21	0,30	1,69	0,87
3,70	1,84	0,08	0,28	1,50	0,89

TABLEAU IV

Relations linéaires simples entre la constante A de Freundlich et les propriétés chimiques du sol (pH et bases échangeables)

Type de sol	Paramètres étudiés	Ordonnée à l'origine	Pente	Coefficient de corrélation simple (r) ¹	Coefficient de détermination (R^2)
Argile Sainte-Rosalie	pH du sol	-0,43	0,56	0,628***	0,395***
	Ca éch.	0,93	0,04	0,258	0,067
	Mg éch.	3,46	-0,02	-0,116	0,014
	K éch.	3,10	0,04	0,280	0,079
	(Ca + Mg + K) éch.	0,69	0,11	0,570***	0,325***
Loam sableux Yamaska	pH du sol	-0,22	0,43	0,563**	0,317**
	Ca éch.	2,51	0,01	0,041	0,002
	Mg éch.	2,59	-0,02	-0,082	0,007
	K éch.	2,27	0,09	0,451*	0,204*
	(Ca + Mg + K) éch.	1,03	0,16	0,560**	0,314**

*, **, *** Significatif aux niveaux 0,05, 0,01 et 0,001 respectivement.

¹ $n = 38$ et 24 pour l'argile Sainte-Rosalie et le loam sableux Yamaska respectivement.

les deux sols étudiés, seule la variable pH a été retenue, les autres caractéristiques ne contribuant pas significativement au seuil de probabilité de 5%. Le pH ne réussit toutefois à expliquer que 39,5% de la variation de A dans le cas des échantillons du sol argileux et 31,7% dans celui des échantillons de loam sableux. Ceci montre bien que d'autres propriétés non considérées dans cette étude sont également impliquées dans l'adsorption du bore par les sols.

À l'aide d'une représentation graphique des résultats (fig. 1) et de façon à mieux analyser la relation entre la valeur A et le pH, on a fait l'examen d'un modèle quadratique. La relation entre la constante A de Freundlich ($\mu\text{g/g}$) et le pH des

échantillons de sol argileux et de loam sableux s'établit respectivement comme suit:

$$A = 5,36 - 1,55 \text{ pH} + 0,18 \text{ pH}^2,$$

et

$$A = 7,13 - 2,45 \text{ pH} + 0,26 \text{ pH}^2.$$

Ce modèle permet d'expliquer 49,6% et 35,6% de la variation totale.

Dans la pratique, le pH joue un rôle important dans les échanges ioniques. Nul doute que la rétention du bore dans les sols est responsable, en partie au moins, de la non-disponibilité de cet élément à des pH au-dessus de 6,5 pour des

TABLEAU V

Analyse de la régression étape par étape de la valeur A de Freundlich par rapport à divers paramètres

Paramètres	Échantillons de sol	R^2	ΔR^2
pH du sol	($n = 38$)	0,3946**	—
Ca éch.	Argile Sainte-Rosalie	0,4243	0,0297
Mg éch.		0,4254	0,0011
K éch.		0,4254	0,000047
(Ca + Mg + K) éch.		0,4254	0,000000
pH du sol	($n = 24$)	0,3167**	—
Ca éch.	Loam sableux Yamaska	0,4243	0,0676
Mg éch.		0,4154	0,0311
K éch.		0,4296	0,0142
(Ca + Mg + K) éch.		0,4296	0,0000

** Significatif au niveau 0,01.

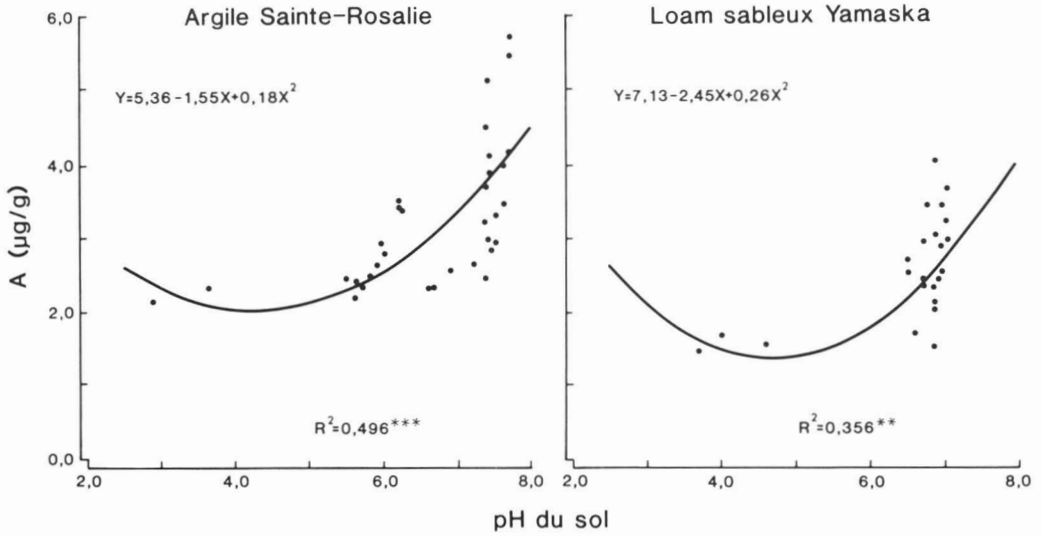


Figure 1. Relations entre la constante A de Freundlich et le pH des échantillons de sols argileux (Sainte-Rosalie) et loam sableux (Yamaska).

cultures telles la luzerne, les fèves soja et l'orge (Dionne & Pesant, 1978; Gupta, 1979).

Conclusion

On a démontré que le pH plutôt que la nature et la somme des bases échangeables expliquait avec le plus de précision la variation de l'adsorption du bore par les sols. L'effet des bases échangeables sur l'adsorption du bore résulterait de la relation étroite existant entre la somme des bases échangeables et le pH du sol.

Références

- BARBIER, G. & J. CHABANNES, 1953. Contribution à l'étude du bore dans le sol et les plantes. — *Annls agron.*, 1: 27-43.
- BINGHAM, F.T., A.L. PAGE, N.T. COLEMAN & K. FLACH, 1971. Boron adsorption characteristics of selected amorphous soils from Mexico and Hawaii. — *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 35: 546-550.
- CESSAS, M.P., 1972. Physical and chemical soil parameters most responsible for boron adsorption in Québec soils: a statistical evaluation. — *Agron. Abstr.*, p. 82.
- DIONNE, J.L. & A.R. PESANT, 1978. Effets des doses de bore, des régimes hydriques et du pH des sols sur les rendements de la luzerne et du lotier sur l'assimilabilité du bore. — *Can. J. Soil Sci.*, 58: 369-379.
- ELRASHIDI, M.A. & G.A. O'CONNOR, 1982. Boron sorption and desorption in soils. — *J. Soil Sci. Soc. Am.*, 46: 27-31.
- GUPTA, U.C., 1979. Boron nutrition of crops. — *Adv. Agron.*, 31: 273-307.
- HADAS, A. & J. HAGIN, 1971. Boron adsorption by soils as influenced by potassium. — *Soil Sci.*, 113: 189-193.
- HARADA, T. & M. TAMAI, 1968. Some factors affecting behaviour of boron in soil. I. Some soil properties affecting boron adsorption of soil. — *Soil Sci. Plant Nutr.*, 14: 215-224.
- HATCHER, J.T. & L.V. WILCOX, 1950. Colorimetric determination of boron using carmine. — *Analyt. Chem.*, 22: 567-569.
- HINGSTON, F.T., 1964. Reactions between boron and clays. — *Aust. J. Soil. Res.*, 2: 83-95.
- KEREN, R. & R.G. GAST, 1981. Effects of wetting and drying, and of exchangeable cations, on boron adsorption and release by montmorillonite. — *J. Soil Sci. Soc. Am.*, 45: 478-482.
- KEREN, R., R.G. GAST & B. BAR-YOSEF, 1981. pH-dependent boron adsorption by Na-montmorillonite. — *J. Soil Sci. Soc. Am.*, 45: 45-48.
- SIMS, J.R. & F.T. BINGHAM, 1968a. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides and soil materials. II. Sesquioxides. — *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 32: 364-369.
- SIMS, J.R. & F.T. BINGHAM, 1968b. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides and soil materials. III. Iron and aluminium coated layer silicates and soil materials. — *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 32: 369-373.
- VAN BLADEL, R. & A. MOREALE, 1977. Adsorption of herbicide — derived p — chloroaniline residues in soils: a predictive equation. — *J. Soil Sci.*, 28: 93-102.

POTATO PRODUCTION IN THE EASTERN COASTAL ZONE OF NEW BRUNSWICK: THE SIGNIFICANCE OF VIRUS DISEASES

A. ALEXANDER

Département de biologie, Université de Moncton
Moncton, Nouveau-Brunswick E1A 3E9

Résumé

Au cours des étés 1979, 1980 et 1981, nous avons planté plus de 400 tubercules de pommes de terre dans les localités suivantes du Nouveau-Brunswick: Rogersville, Sainte-Marie-de-Kent et Saint-Joseph-de-Memramcook. Les variétés de pommes de terre étaient les suivantes: Batoche, Cherokee, Fundy, Hudson, Kennebec, Raritan, Katahdin, Red Pontiac et Russet Burbank. Nous avons obtenu des données sur l'activité de vol des aphides vecteurs de virus de pommes de terre, sur l'infection par des virus de pommes de terre (PVY et PLRV) ainsi que sur le rendement de la récolte. Pour les variétés mentionnées, le principal problème viral est celui de la mosaïque (PVY), suivi du virus de l'enroulement des feuilles (PLRV). Nous avons noté la présence des vecteurs *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Myzus persicae* (Sulz.) et *Aphis nasturtii* (Kaltenbach).

Abstract

During 1979, 1980 and 1981 at least 400 tubers were planted at the following locations of New Brunswick: Rogersville, Sainte-Marie-de-Kent, Saint-Joseph-de-Memramcook. The potato varieties were: Batoche, Cherokee, Fundy, Hudson, Kennebec, Raritan, Katahdin, Red Pontiac, Russet Burbank. Data were collected on the flight activity of the potato virus aphid vectors, the potato virus infection and the potato yield. In the above mentioned varieties, the main virus problem is the mosaic (PVY) followed by potato leaf roll virus (PLRV). The virus vectors *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Myzus persicae* (Sulz.), and *Aphis nasturtii* (Kaltenbach) were present.

Introduction

In the past 10 years, there has been a modest increase in potato production in the north and east coastal zone of New Brunswick. Previously, there had been a continuous decline from 1911 to 1971 in area planted to potatoes. In 1911, there were 6,595 ha (17,807 acres) planted with potatoes in Gloucester, Northumberland, Kent and Westmorland counties (44% of the provincial total), as compared to 4,152 ha (25%) in what later came to be known as the "potato belt"—Carleton, Victoria and Madawaska counties in the upper St. John River valley. A steady shift of seed potato production to the upper St. John River area—opposite a similar development in Aroostook county, Maine—resulted in a planting of 9,335 ha (60.5% of provincial total) by 1951 while the coastal zone share had declined to 3,700 ha (24%). The postwar rise of the processing trade french fries and chips caused a further drastic imbalance. By 1971, the "potato belt" area had 23,050 ha (95%) and the coastal zone only 502 ha in potatoes. By 1981, planting in the coastal zone had increased to 802 ha (3.7%) while the "potato

belt" planting was marginally lower at 20,663 ha (94.9%) (Government of New Brunswick, 1960, 1982; Statistics Canada, 1981).

The apparent relationship between seed potato production and the shift in crop areas suggested the possibility of a higher spread of virus diseases in the coastal areas. Control of the aphid-transmitted mosaic and leaf roll diseases is one of the prime considerations in seed potato quality. Experiments were designed to assess the actual importance of these diseases and if possible, suggest ways the situation could be mitigated so that the trend for increased potato production in this area could be encouraged.

The critical question was: would our stocks of the different potato varieties accumulate unacceptable levels of mosaic or leaf roll disease?

Materials and methods

Virus-free seed stocks of 9 potato varieties: Batoche, Cherokee, Fundy (early-season), Hudson, Kennebec, Raritan (mid-season), Katahdin,

Red Pontiac, Russet Burbank (late-season) were obtained from D.A. Young (Agriculture Canada Research Station, Fredericton, New Brunswick). In 1979, the nine cultivars were planted in 4 replicated plots with 100 plants per 50 m² plot at The Trappist Monastery, Rogersville, Northumberland, Mr. Alyre LeBlanc's farm at Sainte-Marie-de-Kent, Kent and Memramcook Institute at Saint-Joseph, Westmorland counties (Fig. 1). These plantings were managed as seed plots. Diseased plants were immediately eliminated at the time of inspections. In the autumn, the harvested tubers of the remaining healthy plants were saved for replanting in 1980 and 1981.

The tubers were planted in rows one meter apart, and 40 cm between plants. The plantings were made at Rogersville on June 9, 1979, May 28, 1980, June 1, 1981; at Sainte-Marie-de-Kent on June 8, 1979, May 30, 1980, May 30, 1981, and at Saint-Joseph on June 4, 1979, May 26, 1980 and June 5, 1981. The fertilizer (10-10-10) was used: at Rogersville, 500 kg/ha; all other plots, 1,000 kg/ha.

The plants were harvested on the following dates: at Rogersville on October 11, 1979, October 8, 1980, October 9, 1981; at Sainte-Marie-de-

Kent on September 23, 1979, October 11, 1980, October 7, 1981, and at Saint-Joseph on September 28, 1979, October 4, 1980 and October 1, 1981. Each season, the number of plants infected with mosaic (PVY), leaf roll (PLRV) and the yield were recorded.

Potato virus Y is known to be transmitted by a number of different but largely unidentified aphid species, whilst the leaf roll virus is transmitted mostly by the green peach aphid, *Myzus persicae* Sulz. (De Bokx, 1972). With the aid of 2 Moericke traps (yellow pans with slightly soapy water on which insects alight but cannot take off), samples of winged aphids prevalent in each area were obtained.

Results and discussion

A few mosaic diseased plants were found in the crop grown from high quality seed in 1979, however more disease appeared in the 1980 crop and there was a significant increase in mosaic by 1981 in 4 of the 9 varieties: Batoche, Raritan, Red Pontiac, and Russet Burbank (Table I). There was moderate infection in Fundy. The varieties Cherokee, Hudson, Kennebec, and Katahdin re-

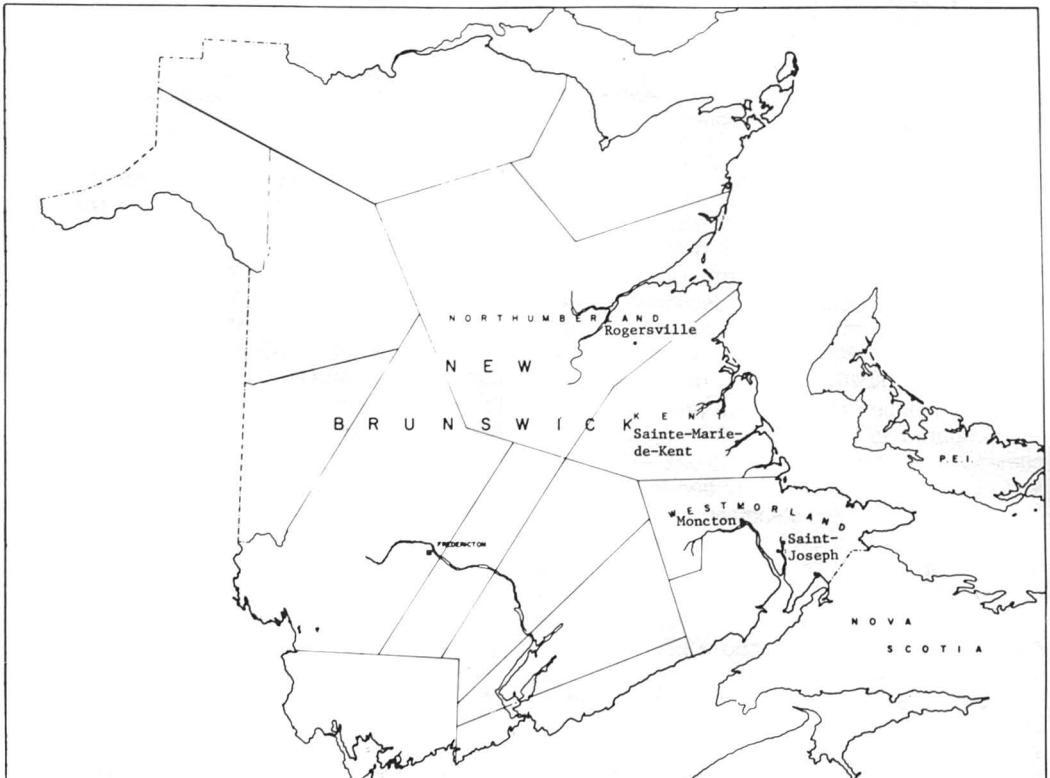


Figure 1. Study region and location of planting.

TABLE I

Percentage of mosaic disease (PVY) in field plots at Rogersville, Sainte-Marie-de-Kent and Saint-Joseph, 1980 and 1981

Variety	Rogersville		Sainte-Marie		Saint-Joseph	
	1980	1981	1980	1981	1980	1981
Batoche	3*	18.5	0	10	0	12
Cherokee	0	0	0	0	0	0
Fundy	2	4	0	1	0	4
Hudson	0	0	0	0	0	0
Kennebec	0	0	0	0	0	0
Raritan	0	9	0	6	0	10.5
Katahdin	0	0	0	0	0	0
Red Pontiac	0	6	0	8	2	12
Russet Burbank	4	13.5	3	10	1	12

* Sample size: approximately 400.

mained virtually free from mosaic. These varieties have been rated highly resistant to PVY and Fundy moderately so (Government of New Brunswick, 1983; Bagnall, pers. comm.). Some PLRV were accumulated (Table II), particularly in the highly susceptible variety Russet Burbank, but it is clear that mosaic in the varieties noted above was the main virus problem.

Monitoring of the aphid populations indicated that of four species known to colonize potatoes, *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae* and *Aphis nasturtii* were present, but were relatively scarce (Table III). Most of the aphids trapped were species that do not colonize potatoes. Some of them alight on potato plants and probe briefly, while searching for suitable plants on which to feed; and in this way can transmit the "non-persistent" PVY. PLRV, on the other hand, requires

a longer feeding period for both acquisition and transmission by the aphid vector. The feeding habits of *Myzus persicae* are better suited for this purpose (De Bokx, 1972). It was not possible to relate aphid numbers or species to the spread of PVY.

The yield data were obtained only at Rogersville and Sainte-Marie-de-Kent from plots (4 replicates \times 1/200 ha) planted on land that had not been used for potatoes for several years (Table IV). Yield obtained from Saint-Joseph-Memramcook was not used because of problems with *Fusarium* on Russet Burbank, and late blight on Kennebec and Katahdin.

It has been suggested that if a processing plant were opened in the coastal region, a large increase in potato production would occur. How-

TABLE II

Percentage of leaf roll disease (PLRV) in field plots at Rogersville, Sainte-Marie-de-Kent, and Saint-Joseph, 1980 and 1981

Variety	Rogersville		Sainte-Marie		Saint-Joseph	
	1980	1981	1980	1981	1980	1981
Batoche	0.5*	1	2	1	0	1
Cherokee	0	0	1	0	0	0
Fundy	2	1	2.5	1	1	2
Hudson	0	0	1	0.5	1.5	2
Kennebec	0	3	0.5	1	2	2
Raritan	0	0	1	2	2	0
Katahdin	0.5	0	1	0	1	0
Red Pontiac	0	1	1	1	3	2.5
Russet Burbank	2	2.5	3.5	4	3	2

* Sample size: approximately 400

TALBE III

Aphid species trapped at Rogersville, Sainte-Marie-de-Kent, and Saint-Joseph during June, July and August 1979, 1980, 1981

	1979				1980				1981			
	Mp*	Me	An	Oth	Mp	Me	An	Oth	Mp	Me	An	Oth
Rogersville	4	23	12	1063	4	41	0	192	0	6	0	128
Sainte-Marie	2	10	31	1372	9	102	0	395	0	9	1	202
Saint-Joseph	3	6	19	1058	3	12	0	122	0	8	0	150

* Mp = *Myzus persicae*; Me = *Macrosiphum euphorbiae*; An = *Aphis nasturtii*; Oth = other non-potato colonizing aphids

ever, varieties for this purpose tend to be specialized. Kennebec, a variety suitable for chipping and Katahdin could be grown for seed producing in the area. Russet Burbank which produces high quality french fries is highly susceptible to mosaic.

There are two other problems faced by the coastal zone: (1) Potato operations are relatively small. The average planting in 1981 was 7.7 ha versus 40 ha for the "potato belt". The expense of modern machinery makes adequate size imperative; and processors find it more efficient to deal with relatively few large operators. (2) The coastal zone is an elongated strip of land. Transportation would be a problem.

TABLE IV

Yield of 9 different potato varieties at Rogersville and Sainte-Marie-de-Kent, 1979, 1980, 1981

	Rogersville			Sainte-Marie-de-Kent		
	1979	1980	1981	1979	1980	1981
Batoche	293	538	541	347	365	351
Cherokee	256	533	478	529	617	567
Fundy	240	583	531	504	500	593
Hudson	278	367	347	556	344	311
Katahdin	271	578	520	578	209	550
Kennebec	237	672	690	555	419	604
Russet Burbank	268	290	391	349	347	342
Raritan	385	329	406	431	516	485
Red Pontiac	220	227	227	555	518	531

* Hectolitres per hectare X .89 gives hundredweight/acre

It appears that selection of potato varieties better adapted to the local markets deserve higher priority at the present time. Such varieties should be resistant to the mosaic virus (PVY) and at least moderately so to the leaf roll virus.

Acknowledgments

This investigation was supported by the Université de Moncton, Moncton (New Brunswick) and the Department of Agriculture and Rural Development of New Brunswick, Fredericton (New Brunswick). I wish to thank Dr. D. A. Young, Agriculture Canada Research Station, Fredericton, (New Brunswick) for the seed potatoes. I am also very grateful to Dr. R. H. Bagnall, Laboratory of Virology, Agriculture Canada Research Station, Fredericton (New Brunswick) for his helpful comments in the preparation of this paper.

References

- DE BOKX, J. A., 1972. Viruses of potatoes and seed-potato production.—Pudoc. Wageningen, 233 p.
- GOVERNMENT OF NEW BRUNSWICK, 1960. Report of the Royal Commission on the New Brunswick Potato Industry, Fredericton, N.B., 239 p.
- GOVERNMENT OF NEW BRUNSWICK, 1982. Agricultural statistics.—Department of Agriculture and Rural Development of New Brunswick, Fredericton, N.B., 67 p.
- GOVERNMENT OF NEW BRUNSWICK, 1983. Atlantic Canada Potato Guide.—Department of Agriculture and Rural Development of New Brunswick, Fredericton, N.B. 22 p.
- STATISTICS CANADA, 1981. Census of Canada agriculture. New Brunswick—Ottawa, 156 p.

TWO FERN-ASSOCIATED MUSHROOMS, *MYCENA LOHWAGII* AND *M. PTERIGENA*, IN CANADA

S.A. REDHEAD

Biosystematics Research Institute, Agriculture Canada,
Ottawa, Ontario K1A 0C6

Résumé

Mycena lohwegii Singer est la désignation correcte d'une espèce auparavant signalée dans l'ouest des États-Unis sous le nom de *Mycena tenella*. Cette espèce est signalée au Canada (Colombie-Britannique) pour la première fois et elle est distinguée d'une autre espèce, *M. pterigena* (Fr.) Kummer, avec laquelle on l'a confondue. Le présent article fait aussi état des premières observations de *M. pterigena* en Colombie-Britannique et à Terre-Neuve. Les deux espèces se développent sur les restes de fougères, principalement ceux d'*Athyrium filix-femina* (L.) Roth.

Abstract

Mycena lohwegii Singer is shown to be correct name for a species previously reported from the western U.S. under the misapplied name *Mycena tenella*. The species is reported from Canada (B.C.) for the first time and is distinguished from a second species, *M. pterigena* (Fr.) Kummer, with which it has been confused. First records of *Mycena pterigena* for British Columbia and Newfoundland are reported. Both species grow on fern remains mainly of *Athyrium filix-femina* (L.) Roth.

Introduction

Two characteristic species of *Mycena* are common on decaying lady ferns (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth.) in the coastal forest and in the Columbian forest zones of British Columbia, and less common elsewhere in North America. These have been identified as *Mycena pterigena* (Fr.: Fr.) Kummer and *Mycena tenella* (Schum.: Fr.) Qué. *sensu* Smith (1947). Maas Geesteranus (1983a) recently pointed out that the name *M. tenella* was a *nomen dubium*. He was also of the opinion that *M. tenella sensu* Smith (1947) was conspecific with *M. pterigena* (Maas Geesteranus, 1983b). However, the former taxon differs from the latter as demonstrated below and is properly named *Mycena lohwegii* Singer, a species recognized as distinct by Maas Geesteranus (1982). Colors are compared to Rayner (1970).

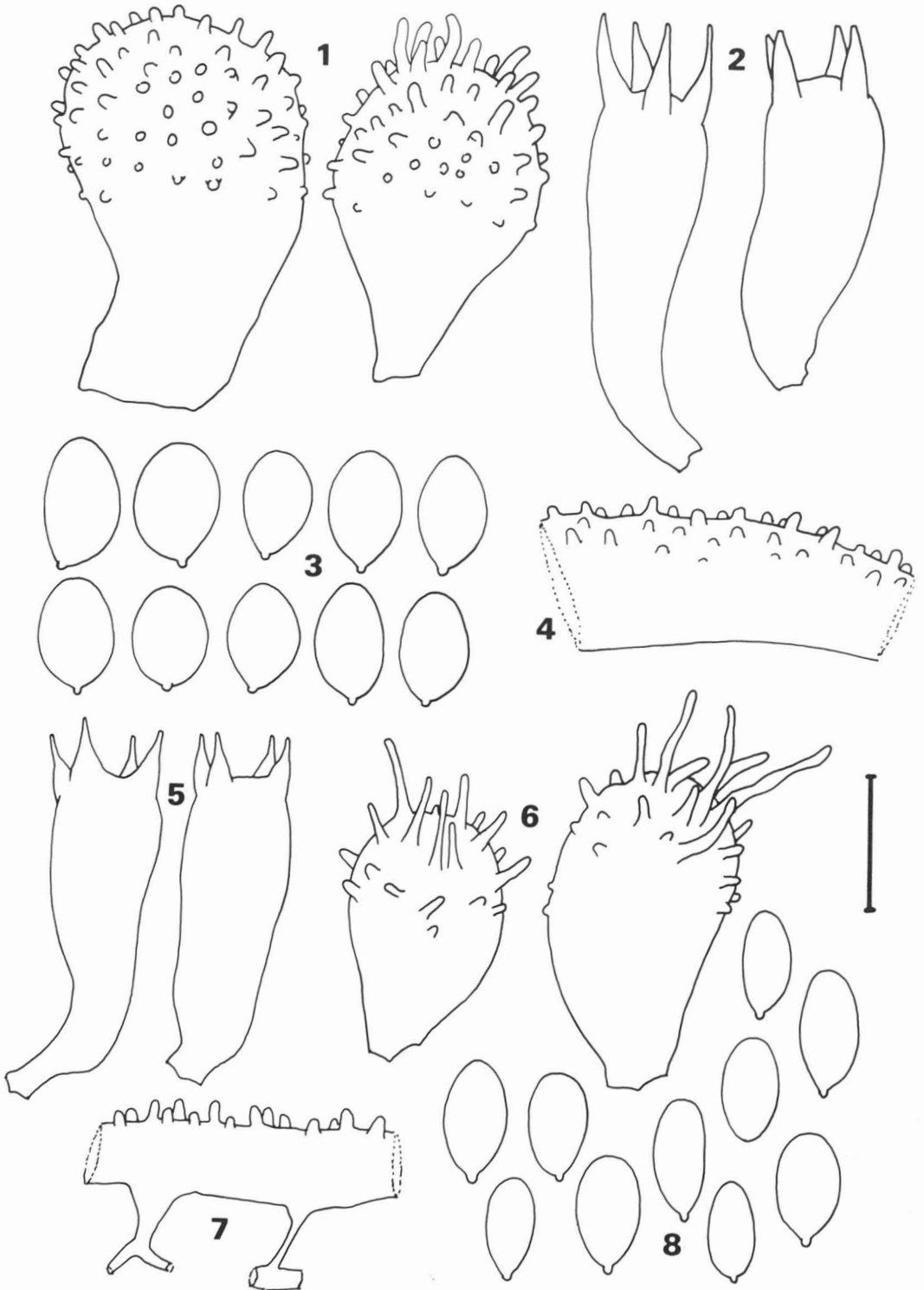
Descriptions

MYCENA LOHWAGII Singer, Beih. Bot.
Centralbl., 46:93, 1930.
(Figs. 1-4)

Pileus 2-5.5 mm wide, initially greyish-sepia with whitish margins only, soon white to whitish with a pale hazel, honey or buff center, mostly

parabolic, often somewhat flattened centrally with scalloped, sometimes flared edges, or more evenly convex, translucent and somewhat plicate-striate with age, dry, submembranous; with a concolorous thin context; odor and taste not distinctive or vaguely of cut grass. Lamellæ ascending, broadly adnate, moderately narrow, subcrowded, white or whitish and only faintly tinted on the faces; lamellulæ in 1-2 tiers. Stipes 19-75 x 0.2-0.8 mm, very narrow and strict in the upper portion, fawn to hazel or greyish-sepia, except for the whitish apex, glabrous, polished, fistulose, cartilaginous, extremely brittle near the base, often slightly swollen at the base near the point of attachment and seated on a few radiating, hyaline, hairs, scattered patches of whitish fibrils occasionally developed where the subterranean portions of the stipes contact fern debris.

Spores 7.5-20 x 5-6.5 µm, broadly ovate to amygdaliform, hyaline, smooth, thin-walled, strongly amyloid, bearing a conspicuous apiculus. Basidia 22-29 x 8.5-9 µm, clavate, clamped, 4-spored, nonamyloid. Cheilocystidia abundant, forming a sterile margin in most, nonamyloid, clavate to subvesiculose and apically echinate with numerous short rod-shaped projections up to 4 µm long. Pleurocystidia only near the lamellar edge and similar to the cheilocystidia. Pileus and



Figures 1-4. *Mycena lohwagii*, S.A.R. 3953. Fig. 1. Cheilocystidia. Fig. 2. Basidia. Fig. 3. Basidiospores. Fig. 4. Segment of pileipellis hypha. Figures 5-8. *M. pterigena*, S.A.R. 3738. Fig. 5. Basidia. Fig. 6. Cheilocystidia. Fig. 7. Segment of pileipellis hypha showing anastomoses. Fig. 8. Basidiospores. Scale = 10µm.

lamellar tramas of greatly inflated, ellipsoid, subparallel cells 10-23 μm diam., with smooth, thin, dextrinoid walls, and clamp connections. Pileipellis a layer of repent, radially arranged hyphæ 3-15 μm diam. with numerous superficial diverticulæ and subgelatinized on the lower surfaces. Stipe hyphæ 3-8 μm diam. and sparsely diverticulate on the surface, up to 20 μm diam. internally, strongly dextrinoid, cylindrical, parallel, with obscure clamp connections. Basal agglutinated strands composed of filamentous nonamyloid hyphæ 2-4 μm diam.

Habit: In small to large densely aggregated groupings emerging through litter and loamy soils from senescent subterranean rhizomes of *Athyrium filix-femina* in dense coniferous forests, often along creeks, springs or other wet depressions.

Collections examined:

CANADA: BRITISH COLUMBIA: Glacier Natl. Park, Rogers Pass area, Illecillewaet R. valley, Sept. 13 and 27, 1980, S.A. *Redhead* 3685, and 4112 (DAOM 178092 and 178104); Mt. Revelstoke Natl. Park, Grant Cedars trail, lower east slopes, Sept. 10, 1980, S.A.R. 3953 (DAOM 178131); Vancouver I., Cowichan L., Sept. 26, 1979, S.A.R. 3174 (DAOM 182430). U.S.A.: OREGON: Mt. Hood, Oct. 2, 1922, C.H. Kauffman (MICH); Rhododendron, Oct. 22, 1944, A.H. Smith 20129 and W.B. Gruber (MICH). WASHINGTON: Jayze, Crescent Beach, Oct. 3, 1935, A.H.S. 2834 (MICH); Longmire, Sept. 13, 1948, A.H.S. 31197 (MICH); Mt. Rainier, Oct. 1, 1952, A.H.S. 40401 (MICH); Olympic Mts., Elwha R., Sept. 27, 1941, A.H.S. 17350 (MICH), Mt. Angeles, Oct. 4, 1941, A.H.S. 17529 (MICH), Olympic Hot Springs, Sept. 22, 1941, A.H.S. 17133 (MICH).

This species, not previously reported from Canada, had been recorded as *M. tenella* from Washington and Oregon based on Smith's (1947) collections.

MYCENA PTERIGENA (Fr.: Fr.) Kummer

Der Führer in die Pilzkunde, p. 108, 1871.
(Figs. 5-8)

≡ *Agaricus pterigenus* Fries, *Observ. mycol.*, 1: 43, 1815.

Pileus 1-2.5 mm wide, narrowly parabolic, translucent and somewhat plicate striate, initially coral to apricot or peach coloured, soon whitish with coral tints centrally and on the margins; margins entire; context thin, concolorous, membranous; odor not distinctive. Lamellæ ascending, broadly adnate, whitish with coral-tinted margins, moderately spaced; lamellulæ in 1 tier. Stipes 2-35 x 0.1-0.2 mm, filiform, glabrous except for a slight basal pubescence, faintly coral to whitish, subsinistituous, with a slightly swollen base and a minute subhyaline appressed corona.

Spores 7-9 x 3.5-5 μm , narrowly to broadly ellipsoid, strongly to weakly amyloid in the same mounts, hyaline, smooth, thin-walled, bearing a conspicuous apiculus. Basidia 23-28 x 8-8.5 μm , clavate, 4-spored, nonamyloid. Cheilocystidia abundant, forming a sterile edge, clavate to saccate, 19-24 x 11-13 μm , nonamyloid, covered apically by short to long finger-like projections up to 10 μm long. Pileus trama hyphæ mostly greatly inflated, 5-30 μm diam., smooth, thin-walled, strongly dextrinoid. Lamellar trama hyphæ similar to those of the pileus, 5-10 μm diam., subparallel. Pileipellis a layer of repent, densely diverticulate, nonamyloid or scarcely dextrinoid hyphæ 3-10 μm diam., often anastomosing with lower hyphæ and often subgelatinizing, causing the diverticulæ to lift slightly from the lumens of the hyphæ. Stipe hyphæ 5-7 μm diam. and densely diverticulate on the surface, up to 15 μm diam. in the interior, cylindrical, strongly dextrinoid, clamped. Basal disc of radiating appressed, agglutinated hairs 2-4 μm diam., with walls thickened slightly and somewhat subgelatinized or refractive, often slightly sinuous, nonamyloid except near the stipe where faintly dextrinoid.

Habit: Scattered to densely gregarious along fallen, senescent fronds of *Athyrium filix-femina* in the coastal forest and Columbian forest zones in British Columbia and on the west coast of Newfoundland, on *Onoclea sensibilis* L. in the Great Lakes forest zone in Ontario, mostly in very dense stands of the ferns with abundant accumulated litter.

Collections examined:

CANADA: BRITISH COLUMBIA: Glacier Natl. Park, Beaver R. valley, Sept. 11, 1980 and Roger's Pass summit, Sept. 14, 1980, S.A. *Redhead* 3588 and 3738 (DAOM 178099 and 178135); Vancouver I.: Cathedral Grove Park, S.A.R. AN-13 (DAOM 175721); L. Cowichan, Sept. 26, 1979, S.A.R. 3156 (DAOM 180989). NEWFOUNDLAND: Gros Morne Natl. Park, Baker's Brook Pond trail, Sept. 19, 1983, S.A.R. 4839 (DAOM 189791). ONTARIO: L. Timagami, Paradise Bay, Sept. 3, 1936, H.S. Jackson & A.H. Smith 4476 (DAOM 80541 ex TRTC 11415; MICH). U.S.A.: IDAHO: Bonner Co., Kaniksu Natl. For., Granite Cr., Oct. 6 and 9, 1956, A.H.S. 54160 and 54400 (MICH). MICHIGAN: Marquette, Sept. 14, 1935, E.B. & E. Mains (MICH); Munising, Sept. 1933, A.H.S. 33-889. NEW YORK: 7th L., Adirondack Mts., Sept. 18, 1921, C.H. Kauffman (MICH). OREGON: Neskowin Campground, Cascade Head, Tillamook Co., Oct. 17, 1970, A.H.S. 79105 (MICH); Rhododendron, Oct. 8, 1946, A.H.S. 24251 (MICH). WASHINGTON: Mt. Rainier: Baker L., Sept. 2, 1941, A.H.S. 16573 (MICH), Carbon R., Oct. 15, 1952, A.H.S. 41026 (MICH). SWEDEN: Uppland. Bondkyrka parish, Kronoparken, Sept. 27, 1945, A. Melderis (DAOM 65535). U.S.S.R.: Altai Mts., Artubasz, 1937, R. Singer (MICH).

Mycena pterigena had previously been reported from Ontario by Smith (1947).

Discussion

Smith (1947) gave a broader range for the pilei of both species: 2-5 mm for *M. pterigena* and 3-10 mm for *M. lohwegii* (reported as *M. tenella*). He also noted rosy colours in some collections of the latter, but I was unable to confirm this observation on fresh material even of very young basidiomata. *Mycena pterigena* and *M. lohwegii* often grow together on the same host plant, and some of Smith's collections of *M. tenella* contained both species. Possibly this is the source of the rosy colours as reported by Smith. He noted that most of his collections made in October 1941, when *M. lohwegii* was abundant, lacked rosy pigments.

Mycena pterigena and *M. lohwegii*, although closely allied, differ in quite a number of features. The former is a more diminutive species which is coral coloured when young, unlike the greyish-sepia *M. lohwegii*, and it colonizes frond tissue not the rhizomes as does *M. lohwegii*. The spores of *M. pterigena* are narrower and the cheilocystidia bear longer projections than those of *M. lohwegii*. The superficial hyphae of the stipe of *M. pterigena* are densely diverticulate versus the sparse diverticulæ on *M. lohwegii*. Maas Geesteranus (pers. comm.) now believes that the two taxa represent distinct species. He has also compared North American material of *M. lohwegii* to the type of *Mycena lohwegii* which he studied earlier (Maas Geesteranus, 1982) and agrees that they are conspecific. Singer (1930, 1938) gave only the briefest descriptions of *M. lohwegii*, but his description is supplemented by studies of the species by Maas Geesteranus (1982), Kühner (1938) and Vasil'eva (1973). This species originally described from the Caucasus mountains, has since been found in the far eastern U.S.S.R.

Smith (1947) discussed *Mycena lohwegii* (p. 108) and keyed it next to *M. tenella* and *M. pterigena* (p. 79); where all three were said to occur on fern remains. Singer (1930) reported *M. lohwegii* on rachi and leaves but most abundant on rhizomes of ferns. The pileus was stated to be white with a brownish disc, cystidia to be absent, and the stipe to be fragile. Both Kühner (1938) and Maas Geesteranus (1982) have studied type material of *M. lohwegii* and found echinulate cheilocystidia present as reported by Singer (1938) for later collections. Singer (1938) and Vasil'eva (1973) found *M. lohwegii* to be most abundant on *Athyrium filix-femina*; according to the latter author it occurs rarely on *Dryopteris crassirhizoma*

Nakai in the eastern U.S.S.R. Vasil'eva also reported the disc to be greyish or brownish. Maas Geesteranus (1982) could not confirm the delicate nature of the stipe from the type, but this discrepancy can be attributed to a different interpretation. In nature *M. lohwegii* has a very delicately attached base, and the stipe often snaps off the substrate when being collected, leaving no trace of its connection to the substrate which in the case of fern rhizomes is firmly anchored. The stipe is rather wiry. One of the best methods of determining the substrate is to lift large clusters and their surroundings and wash them in running water which is often nearby in the form of a creek or spring. Clumps tested in this manner were invariably found to arise from the fern rhizomes and old rachis bases.

Acknowledgments

I thank Drs. A.H. Smith and R. Shaffer for making possible the examination of material at Ann Arbor (MICH) and Dr. R.A. Maas Geesteranus (L) for a valuable exchange of correspondence. Parks Canada kindly permitted collecting in National Parks (Glacier, Mt. Revelstoke, and Gros Morne). Base support was also provided by the Pacific Forest Research Centre and the Cowichan Lake Research Station.

References

- KÜHNER, R., 1938. Le genre *Mycena* (Fries). — *Encycl. Mycol.*, 10, Paul Lechavalier, Paris, 710 p.
- MAAS GEESTERANUS, R.A., 1982. Studies in *Mycenas* 35-58. — *Proc. K. Ned. Akad. Wet. (C)*, 85:261-271.
- MAAS GEESTERANUS, R.A., 1983a. Studies in *Mycenas* 73-92. — *Proc. K. Ned. Akad. Wet. (C)*, 86:385-389.
- MAAS GEESTERANUS, R.A., 1983b. Studies in *Mycenas* 93-121. — *Proc. K. Ned. Akad. Wet. (C)*, 86:499-516.
- RAYNER, R.W., 1970. A mycological colour chart. C.M.I., Kew. 34 p. 9 sheets.
- SINGER, R., 1930. Pilze aus dem Kaukasus. Ein Beitrag zur Flora des südwestlichen Zentralkaukasus. — *Beih. Bot. Centralbl.*, 46: 71-113.
- SINGER, R., 1983. Notes sur quelques Basidiomycetes. IV. — *Rev. Mycol. (N.S.)*, 3: 187-199.
- SMITH, A.H., 1947. North American species of *Mycena*. — *Univ. Mich. Stud. Sci. Ser.* 17, Univ. Mich. Press, Ann Arbor, 521 p.
- VASIL'EVA, L.N., 1973. Agarikovye shliapochnye griby (Por Agaricales) Primorskogo kraia. — *Akademiya Nauk, S.S.S.R.*, 332 p.

COMMUNICATIONS BRÈVES

VARIATIONS MINEURES CHEZ

PRIMULA MISTASSINICA MICHX. (PRIMULACEAE)

J. CAYOUCETTE

Herbier Louis-Marie et Département de phytologie,
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation,
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

L'auteur signale pour la première fois au Québec des individus de *Primula mistassinica* Michx. à feuilles à forte farinosité jaunâtre. Cette variante est ramenée au rang de forme: *P. mistassinica* f. **intercedens** (Fern.) J. Cayouette *comb. nov.* Une forme à corolle double du *P. mistassinica* est également décrite: f. **plena** J. Cayouette.

Abstract

Primula mistassinica Michx. with yellow-farinosae leaves is reported for the first time from Québec. This variant is reduced to the rank of form: *P. mistassinica* f. **intercedens** (Fern.) J. Cayouette *comb. nov.* A double-corolla form of *P. mistassinica* is also described: f. **plena** J. Cayouette.

Introduction

Primula mistassinica Michx. est une espèce boréale nord-américaine (Hultén, 1968) confinée aux habitats calcaires, principalement dans la portion méridionale de son aire de répartition. Au sud du Québec, sa répartition est discontinue. Dans la région du Saguenay par exemple (*sensu* Cayouette, 1968), elle n'est connue que de deux stations, une située dans le nord-est du comté de Saguenay (Lavoie, 1984) et une autre appartenant à la flore calcicole de la rivière Shipshaw, concentrée surtout à la hauteur de Chute-aux-Galets (48°39'05"N. – 71°12'10'O.), environ 32 km au nord-est de Chicoutimi (Cayouette *et al.*, 1972).

Lors d'une étude de l'habitat de 34 espèces vasculaires de milieux ouverts sur les calcaires de la rivière Shipshaw (Cayouette, 1979), plusieurs centaines d'individus de cette primevère furent observés. Elle se retrouve en abondance dans plusieurs types d'habitats coïncés entre la rivière et la forêt environnante: dalles calcaires situées presque au niveau de la rivière, petits et moyens replats faisant saillie sur les escarpements et talus à colluvions stabilisées s'étendant au pied des parois rocheuses. Elle préfère les habitats où le substrat limono-argileux est souvent parcouru par

les eaux de suintement coulant entre les lits de calcaire Trenton. Dans ces milieux, elle croît en compagnie d'un mélange d'espèces arctiques-alpines comme *Saxifraga aizoides* L. et *Woodsia glabella* R.Br., d'espèces boréales comme *Campanula rotundifolia* L., *Carex aurea* Nutt., *C. capillaris* L. ssp. *chlorostachys* (Stev.) Löve, Löve & Raymond, *C. concinna* R.Br., *C. eburnea* Boott, *C. flava* L., *Conioselinum chinense* (L.) BSP., *Lobelia kalmii* L., *Muhlenbergia glomerata* (Willd.) Trin., *Pinguicula vulgaris* L. et *Salix vestita* Pursh, et d'espèces tempérées comme *Solidago hispida* Muhl. et *Sphenopholis intermedia* Rydb.

Forme à feuilles farineuses

Presque tous les individus de *P. mistassinica* de la rivière Shipshaw possèdent des feuilles vertes sur les deux faces ou légèrement farineuses à la face inférieure, ce qui correspond au f. *mistassinica*. À quelques reprises, des individus à feuilles couvertes d'une abondante farinosité jaunâtre à la face inférieure furent notés parmi des plantes typiques. Cette variante mineure est connue surtout de la région des Grands-Lacs. Fernald (1928) en avait fait une espèce nouvelle: *Primula intercedens* Fern. À l'opposé, Vogelmann (1960) et Scoggan (1979) l'incluent dans l'éventail

de variation du *P. mistassinica* sans lui donner de rang infraspécifique. Boivin (1966, 1968) la traite au rang de variété: var. *intercedens* (Fern.) Boivin. Le rang de forme lui conviendrait davantage parce que les populations sont polymorphes pour ce caractère:

Primula mistassinica Michx.

f. *intercedens* (Fern.) J. Cayouette comb. nov.
Basé sur *Primula intercedens* Fernald, Rhodora, 30: 86-87, 1928.

Les spécimens suivants de la région de Chute-aux-Galets appartiennent à cette forme à feuilles fortement farineuses inférieurement:

QUÉBEC, comté de Dubuc: Chute-aux-Galets, rive ouest de la rivière Shipshaw, éboulis actif au pied d'un escarpement vertical, dalles recouvertes de matériel meuble limoneux, près de la centrale électrique, 15 août 1974, J. Cayouette et L. Guimond 74-381 (QFA). — Falaise calcaire le long de la rivière Shipshaw à environ deux kilomètres en aval de Chute-aux-Galets, 6 août 1969, R. et J. Cayouette 9290 (QUE) [un des huit individus].

Il existe cependant des individus intermédiaires dont les feuilles sont moyennement farineuses. Brown (1937) en a signalé la présence au lac Supérieur. Un des individus de la récolte suivante est intermédiaire: Chute-aux-Galets, falaise calcaire suintante, 20 juin 1969, J. Cayouette 1307 (QUE).

Aucune autre récolte du f. *intercedens* ne fut trouvée parmi les spécimens de *P. mistassinica* du Québec examinés dans les herbiers QFA, QUE, MT, SFS, MTMG, DAO et CAN. Rousseau & Raymond (1955) ont signalé des individus farineux de cette espèce près du lac Mistassini. Cependant, il n'existe aucun spécimen authentifiant cette observation dans les herbiers MT et QUE. Les récoltes citées plus haut sont vraisemblablement les premières mentions du f. *intercedens* au Québec. Cette forme est peu fréquente en dehors de la région des Grands-Lacs. Il en existe une récolte à la baie de James: ONTARIO: Cochrane District, James Bay, E end Shippans Island, in tundra meadow of Moose River, June 28, 1975, D.F. Brunton et al. 830 (DAO).

L'observation suivante vient appuyer la réduction de cette variante au rang de forme. Fernald (1928, 1950) mentionne que les graines du *P. intercedens* sont rugueuses alors que celles du *P. mistassinica* sont lisses. L'examen de quelques spécimens des Grands-Lacs a confirmé cette observation. Cependant, les spécimens farineux de Chute-aux-Galets (nos 74-381 et 9290) ainsi que ceux de la forme typique provenant du même endroit ont des graines plutôt lisses. Il n'y a pas de corrélation entre la texture des graines et la présence de farinosité sur les feuilles.

Forme à corolle double

La variation mineure suivante est signalée pour la première fois:

Primula mistassinica Michx.

f. *plena* J. Cayouette forma nova.

A forma typica duplici corolla differt.

HOLOTYPE: Québec, comté de Dubuc: Chute-aux-Galets, escarpement calcaire assez humide au sud de la centrale électrique, fleur anormale (double), 20 juin 1974, J. Cayouette et L. Guimond 74-113 (QFA).

Un seul individu de cette forme à corolle double fut trouvé parmi des individus typiques. Cette variation résulte de la présence d'un verticille supplémentaire de pétales disposés de façon interne par rapport au verticille régulier. Le dédoublement n'est pas parfait, les pétales internes n'étant pas tous de la même longueur.

Remerciements

M. Bernard Boivin a examiné les récoltes du f. *intercedens* de Chute-aux-Galets et a confirmé l'existence de ce taxon. Les conservateurs des herbiers mentionnés plus haut sont remerciés pour le prêt de spécimens. Pierre Morisset et Robert Gauthier ont aimablement commenté une première version du manuscrit.

Références

- BOIVIN, B., 1966. Énumération des plantes du Canada. III. Herbidées, 1ère partie: Digitatae, Dimerae, Liberae. — *Naturaliste can.*, 93: 583-646.
- BOIVIN, B., 1968. Flora of the Prairie provinces. Part 2. Digitatae, Dimerae, Liberae. — *Phytologia*, 17: 58-112. Réimprimé dans *Provancheria* (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 3, 185 p.
- BROWN, C. A., 1937. Ferns and flowering plants of Isle Royale, Michigan. — U.S. Dept. Interior., Nat. Park Serv., Washington D.C., 90 p.
- CAYOUILLE, J., 1979. L'habitat de trente-quatre espèces vasculaires des milieux ouverts du secteur calcaire de la rivière Shipshaw, Saguenay. — Thèse M.Sc., Univ. Laval, 371 p.
- CAYOUILLE, R., 1968. Études sur la flore du Saguenay. I. Commentaires sur un article et sur des récoltes de E. J. Hill. — *Naturaliste can.*, 95: 177-186.
- CAYOUILLE, R., J. CAYOUILLE & A. ASSELIN, 1972. Études sur la flore du Saguenay. V. Présence du *Salix vestita* Pursh à la rivière Shipshaw. — *Naturaliste can.*, 99: 231-232.
- FERNALD, M. L., 1928. *Primula* Section *Farinosae* in America. — *Rhodora*, 30: 85-104.
- FERNALD, M. L., 1950. Gray's manual of botany, 8th ed. — American Book Co., New York, 1632 p.

- HULTÉN, E., 1968. Flora of Alaska and neighboring territories. — Stanford Univ. Press, California, 1008 p.
- LAVOIE, G., 1984. Contribution à la connaissance de la flore vasculaire de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord, Québec/Labrador. — *Provancheria* (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 17, 149 p.
- ROUSSEAU, J. & M. RAYMOND, 1955. New Québec stations for *Woodsia glabella* R.Br. — *Archs. Soc. zool. bot. Fenn. 'Vanamo'*, 9: 313-319.
- SCOGGAN, H.J., 1979. The flora of Canada. Part 4. Dicotyledoneae (Loasaceae to Compositae). *Publ. Bot. natn. Mus. nat. Sci. Canada*, no 7, p. 1117-1711.
- VOGELMANN, H.W., 1960. Chromosome numbers in some american farinose *Primulas* with comments on their taxonomy. — *Rhodora*, 62: 31-42.

CHROMOSOME NUMBERS OF SOME PLANTS NATIVE AND NATURALIZED IN CANADA

G.A. MULLIGAN

Biosystematics Research Institute, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario K1A 0C6

Résumé

L'auteur présente le nombre chromosomique de 83 taxa de plantes indigènes et naturalisées.

Abstract

Chromosome counts of 83 taxa of plants native and naturalized in Canada are presented.

There are often two or more chromosome numbers reported in the literature for the same taxon and the sampling of plants in most areas is small or non-existent. In addition, most of the numbers reported are not supported by voucher specimens. This situation, therefore, often makes it impossible to determine the chromosome number situation in any area. This list is an attempt to supply documented chromosome numbers for some Canadian plants.

Pollen mother cells were collected from plants growing in the wild and killed, fixed and stained as outlined by Snow (1963). Voucher specimens for all the material counted, including those from the additional Canadian locations not listed to save space, are in the herbarium of Agriculture Canada at Ottawa (DAO).

GRAMINEAE

Poa annua L., $n = 14$. Ottawa, Ontario, Mulligan & Grainger 4004. 1 other location.

Setaria glauca (L.) Beauv., $2n = 36$. Marmora, Ontario, Dore & Hammond 14009. 1 other location.

Setaria viridis (L.) Beauv., $2n = 18$. Sussex, New Brunswick, Anderson 1430.

Sorghum halepense (L.) Persoon, $n = 20$. Harrow, Ontario, Hamill 1975.

POLYGONACEAE

Polygonum scabrum Moench, $n = 11$. Ottawa, Ontario, MacLeod 4839. 1 other location.

Rumex acetosella L., $n = 21$ (up to 9II's + 6IV's). Spencerville, Ontario, Grainger & MacLeod 4085. 2 other locations.

AMARANTHACEAE

Amaranthus albus L., $n = 16$. Indian Head, Saskatchewan, MacLeod 215.

Amaranthus retroflexus L., $n = 17$. Indian Head, Saskatchewan, MacLeod 219.

CARYOPHYLLACEAE

Cerastium vulgatum L., $n = 72$. Ottawa, Ontario, Mulligan, Grainger & MacLeod 4013. 6 other locations.

Lychnis alba Mill., $n = 12$. Ottawa, Ontario, Mulligan & MacLeod 4258.

Saponaria officinalis L., $n = 14$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4899.

Saponaria vaccaria L., $n = 15$. Ottawa, Ontario, MacLeod 149.

Silene cucubalus Wibel, $n = 12$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4135. 4 other locations.

Silene noctiflora L., $n = 12$. Manotick, Ontario, Grainger & MacLeod 4433.

Stellaria graminea L., $n = 26$. Smith Falls, Ontario, Mulligan 4284. 7 other locations.

Stellaria media (L.) Cyrillo, $n = 20$. Ottawa, Ontario, Grainger and MacLeod 4041. 3 other locations.

RANUNCULACEAE

Ranunculus acris L., $n = 7$. Ottawa, Ontario, MacLeod 4144. 4 other locations.

CRUCIFERAE

Alliaria officinalis Andr., $n = 21$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4155.

Arabidopsis thaliana (L.) Heynh., $n = 5$. Ottawa, Ontario, Mulligan & Grainger 4005.

Barbarea vulgaris R.Br., $n = 8$. Spencerville, Ontario, Grainger & MacLeod 4084. 15 other locations.

Camelina microcarpa Andr. ex DC., *n* = 20. Regina, Saskatchewan, *MacLeod* 188.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medic., *n* = 16. Indian Head, Saskatchewan, *MacLeod* 44. 13 other locations.

Descurainia sophia (L.) Webb., *n* = 14. Fort San, Saskatchewan, *MacLeod* 212.

Erucastrum gallicum (Willd.) O.E. Schulz., *n* = 15. Viscount, Saskatchewan, *MacLeod* 168.

Erysimum cheiranthoides L., *n* = 8. Ottawa, Ontario, *Mulligan & Grainger* 4005.

Hesperis matronalis L., *n* = 12. Toronto, Ontario, *Cody* 21126.

Lepidium densiflorum Schrad., *n* = 16. Chamberlain, Saskatchewan, *MacLeod* 233.

Lepidium ramosissimum Nelson, *n* = 32. Indian Head, Saskatchewan, *MacLeod* 27.

Nasturtium microphyllum Boenn., *n* = 32. Dundas, Ontario, *Cody* 21136.

Rorippa palustris (L.) Bess., *n* = 16. Rowatt, Saskatchewan, *MacLeod* 103.

Sinapis arvensis L., *n* = 9. Rowatt, Saskatchewan, *MacLeod* 99. 7 other locations.

Sisymbrium altissimum L., *n* = 7. Viscount, Saskatchewan, *MacLeod* 174. 2 other locations.

Thlaspi arvense L., *n* = 7. Bethune, Saskatchewan, *MacLeod* 56. 1 other location.

ROSACEAE

Potentilla argentea L., *n* = 21. Ottawa, Ontario, *Grainger & MacLeod* 4235. 4 other locations.

Potentilla recta L., *n* = 14 (irregular; both bivalents and univalents). Ottawa, Ontario, *Mulligan & MacLeod* 4252. 2 other locations.

LEGUMINOSAE

Glycyrrhiza lepidota Pursh., *n* = 8. Saskatoon, Saskatchewan, *MacLeod* 250.

Medicago lupulina L., *n* = 8. Indian Head, Saskatchewan, *MacLeod* 218. 4 other localities.

Medicago sativa L., *n* = 16. Regina, Saskatchewan, *MacLeod* 193.

Melilotus alba Desr., *n* = 8. Viscount, Saskatchewan, *MacLeod* 173. 1 other locality.

Melilotus officinalis (L.) Lam., *n* = 8. Chamberlain, Saskatchewan, *MacLeod* 230. 3 other localities.

Trifolium pratense L., *n* = 7. Vancouver, British Columbia, *MacLeod* 265.

OXALIDACEAE

Oxalis stricta L., *n* = 12. Ottawa, Ontario, *Mulligan & Frankton* 3640. 2 other locations.

EUPHORBIACEAE

Euphorbia nutans Lag., *n* = 20. Ottawa, Ontario, *MacLeod* 4819.

ANACARDIACEAE

Rhus radicans L. var. *negundo* (Green) G.A. Mulligan, *n* = 15. South March, Ontario, *Junkins & Ferguson* 32. 2 other locations.

Rhus radicans L. var. *rydbergii* (Small ex Rydberg) Redher, *n* = 15. Constance Bay, Ontario, *Junkins & Ferguson* 27. 1 other location.

Rhus vernix L., *n* = 15. Lac Beauchamp, Québec, *Guilbeault & Junkins* 35.

BALSAMINACEAE

Impatiens capensis Meerb., *n* = 10. Ottawa, Ontario, *MacLeod* 5208.

MALVACEAE

Malva neglecta Wallr., *n* = 21. Ottawa, Ontario, *Grainger & MacLeod* 4178.

HYPERICACEAE

Hypericum perforatum L., *n* = 16 (3 to 4 quadrivalents at metaphase I). Ottawa, Ontario, *MacLeod* 4849. 2 other locations.

UMBELLIFERAE

Daucus carota L., *n* = 9. Ottawa, Ontario, *MacLeod* 4798.

Pastinaca sativa L., *n* = 11. Windsor, Ontario, *Cody* 21176.

Zizia aptera (Gray) Fern., *n* = 11. Moose Jaw, Saskatchewan, *MacLeod* 62.

BORAGINACEAE

Echium vulgare L., *n* = 16. Kemptville, Ontario, *Bailey & Roze* 140.

Lappula echinata Gilib., *n* = 24. Regina, Saskatchewan, *MacLeod* 25.

LABIATAE

Glechoma hederacea L., *n* = 18. Carleton Place, Ontario, *Mulligan* 4113. 3 other localities.

Lamium maculatum L., *n* = 9. Elora, Ontario, *Cody* 21099.

Nepeta cataria L., *n* = 17. Ottawa, Ontario, *Grainger & MacLeod* 4453.

Prunella vulgaris L., *n* = 14. Ottawa, Ontario, *Grainger & MacLeod* 5128.

Satureja vulgaris (L.) Fritsch, *n* = 10. Ottawa, Ontario, *Grainger & MacLeod* 4337.

SCROPHULARIACEAE

Veronica peregrina L., *n* = 26. Ottawa, Ontario, *Grainger & MacLeod* 4109. 1 other location.

Veronica serpyllifolia L., *n* = 7. Franktown, Ontario, *Mulligan, Grainger & MacLeod* 4052. 2 other locations.

PLANTAGINACEAE

Plantago major L., *n* = 16. Ottawa, Ontario, *Grainger & MacLeod* 4058.

COMPOSITAE

Achillea lanulosa Nutt., *n* = 18. Regina, Saskatchewan, *MacLeod* 196.

- Anthemis cotula* L., $n = 9$. Manotick, Ontario, Grainger & MacLeod 4733.
- Artemisia vulgaris* L., $n = 8$. Ottawa, Ontario, MacLeod 4835.
- Cichorium intybus* L., $n = 9$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4326. 1 other locality.
- Erigeron philadelphicus* L., $n = 9$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4217.
- Eupatorium urticaefolium* Reichard, $n = 17$. Cumberland, Ontario, Grainger & MacLeod 5261.
- Galinsoga quadriradiata* Ruiz. & Pavon, $n = 16$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4478. 3 other localities.
- Hieracium aurantiacum* L., $n = 18$. Ottawa, Ontario, Mulligan & MacLeod 4277. 1 other location.
- Hieracium florentinum* All., $n = 18$. Ottawa, Ontario, Mulligan & MacLeod 4269. 4 other localities.
- Lactuca pulchella* (Pursh.) DC., $n = 9$. Craven, Saskatchewan, MacLeod 116.
- Matricaria matricarioides* (Less.) Porter, $n = 9$. Indian Head, Saskatchewan, MacLeod 43. 9 other localities.
- Rudbeckia hirta* L., $n = 19$. Spencerville, Ontario, Grainger & MacLeod 4858. 3 other localities.
- Senecio vulgaris* L., $n = 20$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4241. 3 other localities.
- Solidago missouriensis* Nutt., $n = 9$. Viscount, Saskatchewan, MacLeod 175.
- Sonchus arvensis* L., $n = 27$. Dunrobin, Ontario, Grainger 5089. 1 other location.
- Sonchus asper* (L.) Hill., $n = 9$. Ottawa, Ontario, Grainger & MacLeod 4789. 1 other location.
- Sonchus uliginosus* Bieb., $n = 18$. Indian Head, Saskatchewan, MacLeod 29. 8 other locations.
- Tanacetum vulgare* L., $n = 9$. Kenmore, Ontario, Grainger & MacLeod 5158. 3 other locations.
- Taraxacum officinale* Weber, $2n = 24$ (24I's to 16I's + 1II + 2III's at metaphase I of meiosis). Ottawa, Ontario, Mulligan & Grainger 4001. 4 other locations.
- Tragopogon dubius* Scop., $n = 6$. Ottawa, Ontario, Mulligan 4371.
- Tragopogon pratensis* L., $n = 6$. Ottawa, Ontario, Mulligan & MacLeod 4257. 2 other locations.

Reference

- SNOW, R. 1963. Alcoholic hydrochloric acid — carmine as a stain for chromosomes in squash preparations. — *Stain Technol.*, 38: 9-13.

**SELF-POLLINATION AND PROBABLE AUTOGAMY
IN CHAMISSO'S ORCHID
PLATANThERA CHORISIANA (CHAM.) REICHB.F.**

P.M. CATLING

*Biosystematics Research Institute
Central Experimental Farm,
Ottawa, Ontario K1A 0C6*

Résumé

L'examen des fleurs du *Platanthera chorisiana* var. *chorisiana*, provenant de 8 stations sur les îles de la Reine-Charlotte et d'une station sur l'île de Vancouver, a révélé que la plante possède un gynostème caractéristique des orchidées autogames: la croissance, en contact direct, des pollinies et de la surface du stigmate mène à l'auto-pollinisation.

Abstract

Examination of flowers of *Platanthera chorisiana* var. *chorisiana* from 8 stations on the Queen Charlotte Islands and one station on Vancouver Island revealed that the plant has a column structure characteristic of autogamous orchids with the pollinia and the stigmatic surface growing in direct contact resulting in self-pollination.

Introduction

Autogamy in orchids frequently involves structural modifications such as closed or partially closed flowers, the absence of a rostellum separating the stigmatic surface from the pollinia and frequently also the absence or incomplete development of the viscidium, which, in many genera, attaches the pollen mass to the pollinator (Uphof, 1938; Catling, 1983, and references). These kinds of structural modifications are readily apparent in herbarium specimens. Furthermore self-pollination has been shown to be directly evident in carefully prepared dried specimens since the pollinia germinate while still in the anther sacs, the pollen tubes entering the stigmatic tissue. This situation could not occur with insect pollination where pollinia are removed from the anther sacs and subsequently deposited in portions on parts of the stigmatic surface away from the anther sacs (Catling, 1983). Thus self-pollination is structurally and functionally evident in dried material of some orchid species and true autogamy (*i.e.* self-pollination followed by self-fertilization and seed development) can be strongly implied.

Most illustrations of Chamisso's Orchid (*Platanthera chorisiana* (Cham.) Reichb. f.) show the flowers closed, and the corresponding descriptions note that the floral segments scarcely spread (Correll, 1950; Szczawinski, 1959; Luer, 1975).

Although the lateral sepals do spread slightly, the other perianth parts form a tight sphere around the column with the maximum opening being a slit less than 0.5 mm across (Fig. 1). This lack of opening suggests autogamy. In a recent review (Catling, 1983) autogamy was documented in many Canadian orchids, but *P. chorisiana*, a rare western coastal species has never been studied. Thus an examination of herbarium material was undertaken to establish the probable mode of pollination.

Materials and methods

Since the Biosystematics Research Institute of Agriculture Canada was extensively involved with the vascular plant inventory of coastal British Columbia, *P. chorisiana* is relatively well represented in the Institute's vascular plant collections (DAO). The sheets mostly have ample material with 5-10 plants per sheet, each plant with 5-10 flowers. A single flower from each of nine sheets was removed and placed in strong saline for three days, then examined under the microscope and drawn with the aid of a camera lucida.

Results and discussion

Examination of softened flowers revealed a column structure characteristic of autogamous

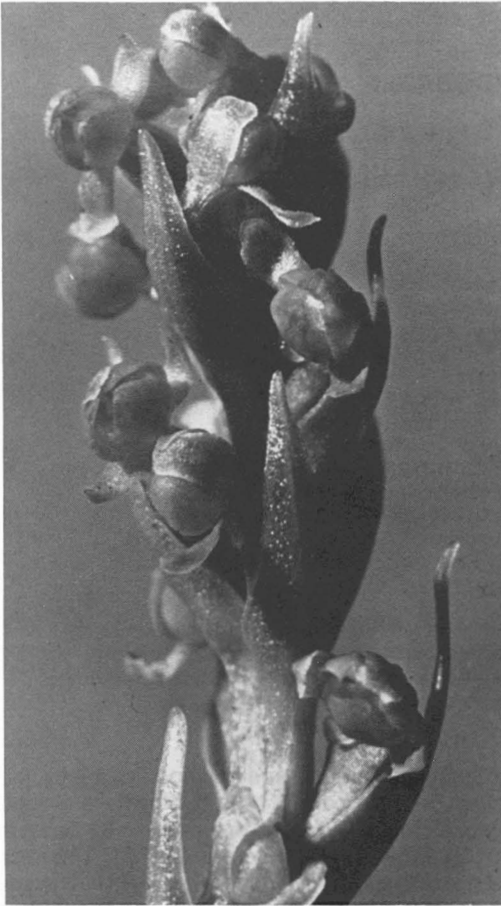


Figure 1. Inflorescence of *Platanthera chorisiana*. Attu, Aleutian Islands, Photograph by C.A. Luer. The portion of inflorescence shown is approx. 15 mm high.

orchids with the rostellum absent, the pollinia remaining in the anther but in direct contact with the stigmatic surface and the viscidia absent or poorly developed (Fig. 2). The massulae in the proximal portions of the pollinia were milky opaque and interwoven with pollen tubes continuous with the stigmatic surface. Only the massulae in the distal portion of the anther furthest from the stigmatic surface were dark brown and somewhat coherent. None of the anther sacs were empty and in all cases the portion of the pollinia adjacent to the stigmatic surface had germinated *in situ*.

The material examined included one station on Vancouver Island (Kennedy River, *Calder and McKay* 30629) and eight stations on the Queen Charlotte Islands (Cumshewa Inlet, Moresby Island, *Calder and Taylor* 23752; Rennell Sound, *Calder and Taylor* 23299; NW corner of Graham Island, *Calder, Savile and Taylor* 22516; Bigsby

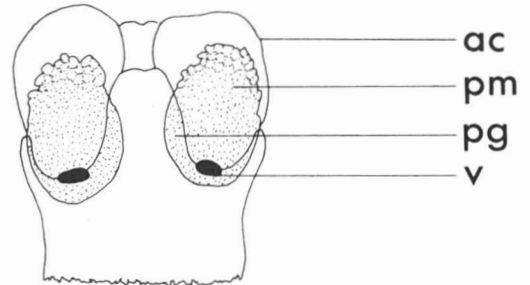
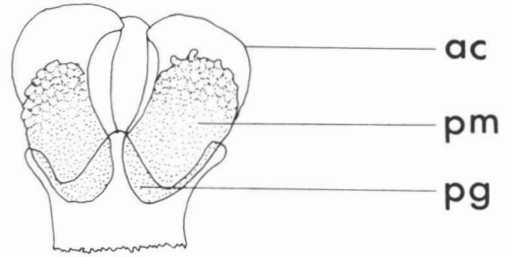


Figure 2. Camera lucida drawings of columns of *Platanthera chorisiana* viewed from below. Above: *Calder and Taylor* 23229 (DAO). Below: *Calder, Savile and Taylor* 22965 (DAO). ac – anther cap; pm – pollinia; pg – pollinia germinated with complex mass of pollen tubes; v – vestigial viscidium. The columns are approx. 1.2 mm high.

Inlet, *Calder, Savile and Taylor* 22120; Echo Harbour, Moresby Island, *Calder, Savile and Taylor* 22359; Kootenay Inlet, Moresby Island, *Calder and Taylor* 36193; Sunday Inlet, Moresby Island, *Calder and Taylor* 36637 and Skidegate Channel, Graham Island, *Calder, Savile and Taylor* 22965).

All of the columns examined corresponded to the upper drawing in Fig. 2 with the exception of *Calder and Taylor* 22965 which had a relatively broader central stigmatic lobe and vestigial viscidia. Somewhat parallel variability in column structure has been illustrated in the autogamous *Platanthera clavellata* (Michx.) Luer (Catling, 1983).

Platanthera chorisiana is apparently obligately self-pollinating and probably autogamous, with the pollinia and the stigmatic surface growing in direct contact in the almost closed flowers. A similar mechanism of autogamy has been reported in Canadian *Cypripedium passerinum* Rich. and *Corallorhiza odontorhiza* (Wild.) Nutt., but the column structure of *P. chorisiana* most closely resembles that of *Platanthera clavellata* (Catling, 1983). Field study is desirable to confirm autogamy in *P. chorisiana* and to document its relationship

in terms of pollination and floral biology with *P. chorisiana* var. *efata* Finet (= *P. ditmariana* Kom., see Hultén 1927-1930, 1968), this latter var. ranging from Kamchatka south to Honshu. The var. *chorisiana* ranges from Honshu north to and across the Aleutian Islands, coastal Alaska and down coastal British Columbia to north coastal Washington (Hultén, 1968).

Acknowledgments

Dr. D.R. Gunn drew the closed flower characteristic of *P. chorisiana* to my attention and Dr. C.A. Luer kindly provided an excellent illustration (Fig. 1).

References

- CATLING, P.M., 1983. Autogamy in eastern Canadian Orchidaceæ: a review of current knowledge and some new observations. *Naturaliste can.*, 110: 37-53.
- CORRELL, D.S., 1950. Native orchids of North America north of Mexico. *Chronica Botanica Co.*, Waltham, Mass., 399 p.
- HULTÉN, E., 1927-1930. Flora of Kamtchatka and the adjacent islands. – *Kungl. Vet. Akad. Stockholm Handb.*, NS., 5: 1-1135.
- HULTÉN, E., 1968. Flora of Alaska and neighbouring territories. – *Stanford Univ. Press*, Stanford, Calif., 1008 p.
- LUER, C.A., 1975. The native orchids of the United States and Canada excluding Florida. – *New York Botanical Garden*, New York, 361 p.
- SZCZAWINSKI, A.F., 1959. Orchids of British Columbia. – *British Columbia provincial Museum Handbook*, no. 16, 124 p.
- UPHOF, J.C.T., 1938. Cleistogamic flowers. *Bot. Rev.*, 4: 21-49.

FIRST RECORD OF A PINK SALMON (*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*) IN THE MIRAMICHI RIVER, NEW BRUNSWICK

R. G. RANDALL

Research Branch, Department of Fisheries and Oceans
P. O. Box 5030, Moncton, New Brunswick E1C 9B6

Résumé

En septembre 1983, un saumon rose (*Oncorhynchus gorbuscha*) adulte a été capturé dans un filet maillant sur la rivière Miramichi au Nouveau-Brunswick. Il s'agissait d'un mâle mûr (poids: 1,7 kg; longueur totale: 58,5 cm) de la classe d'âge 1982. Cinq lieux d'origine sont possibles, tous situés à une distance considérable de la Miramichi, ce qui met en relief le caractère peu confiné des introductions de cette espèce. Cette espèce est mentionnée pour la première fois dans la rivière Miramichi.

Abstract

An adult pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) was captured by gill-net in the Miramichi River, New Brunswick, in September 1983. The specimen was a ripe male (weight 1.7 kg; total length 58.5 cm) from the 1982 year-class. Five possible origins of the salmon are cited; all are a considerable distance from the Miramichi, emphasizing that introductions of this species cannot be considered to be localized. This is the first record of a pink salmon in the Miramichi River.

An adult pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) was captured in the lower Miramichi River, New Brunswick (Fig. 1), on 20 September 1983. The specimen was a ripe male, weighing 1.7 kg, and it was captured in a gill-net (11.4 cm mesh; 12.2 × 2.4 m) owned by Vincent and Stephen Paul of Red Bank, New Brunswick. The fish was found alive at 20h30 and it was the only fish in the gill-net at the time. The specimen was in excellent condition, and it was sent to the Huntsman Marine Laboratory, St. Andrews, for examination and preservation. The salmon has been permanently stored at the Royal Ontario Museum, catalog number ROM 43003. Meristic counts are given in Table I. This is the first record of a pink salmon in the Miramichi River.

Examination of flank scales indicated that the salmon was in its second year of growth, and thus was from the 1982 year-class. Pacific coast pink salmon migrate to sea as fry shortly after emerging from redds in spring, and they usually return to spawn in the second year at a weight of about 2 kg. Their usual life span is 2 years (Scott & Crossman, 1973).

There are five possible origins of this specimen: (1) Eggs of pink salmon were transplanted from British Columbia to North Harbour River, Newfoundland from 1969 to 1977 (Lear, 1975; Demp-

son, 1980) to try to establish a commercial fishery. These transplants were not successful. Although the last documented adult return occurred in 1978, Dempson (1980) noted that small populations may have become established elsewhere in Newfoundland. (2) Dempson (1980) noted the possibility that some Labrador recoveries of pink salmon in 1973 and 1978 may have come from Russian transplants in the Baltic and White Sea areas. Russian origin pink salmon have been recovered in Norway, Sweden, Scotland and as far west as Iceland (Dempson, 1980); it is conceivable they could reach eastern Canada as well. (3) Approximately 1000 juvenile pink salmon escaped from a cage-rearing experiment in the Bay d'Espoir watershed, Newfoundland, in November 1979 (D. R. Idler, pers. comm.). However, these would have returned as adults in 1980, 1982, etc. (i.e. during even years), and thus it is unlikely the Miramichi pink salmon came from this escape-ment. (4) Pink salmon were introduced into Lake Superior in 1956, and they have since become established throughout the Great Lakes (Emery, 1981). Although by 1981 they had apparently not moved from Lake Ontario into the St. Lawrence River, Emery (1981) noted that this would probably happen eventually. (5) The pink salmon captured in the Miramichi River may have come from Maine. In May 1982, 900,000 Alaskan pink salmon fry

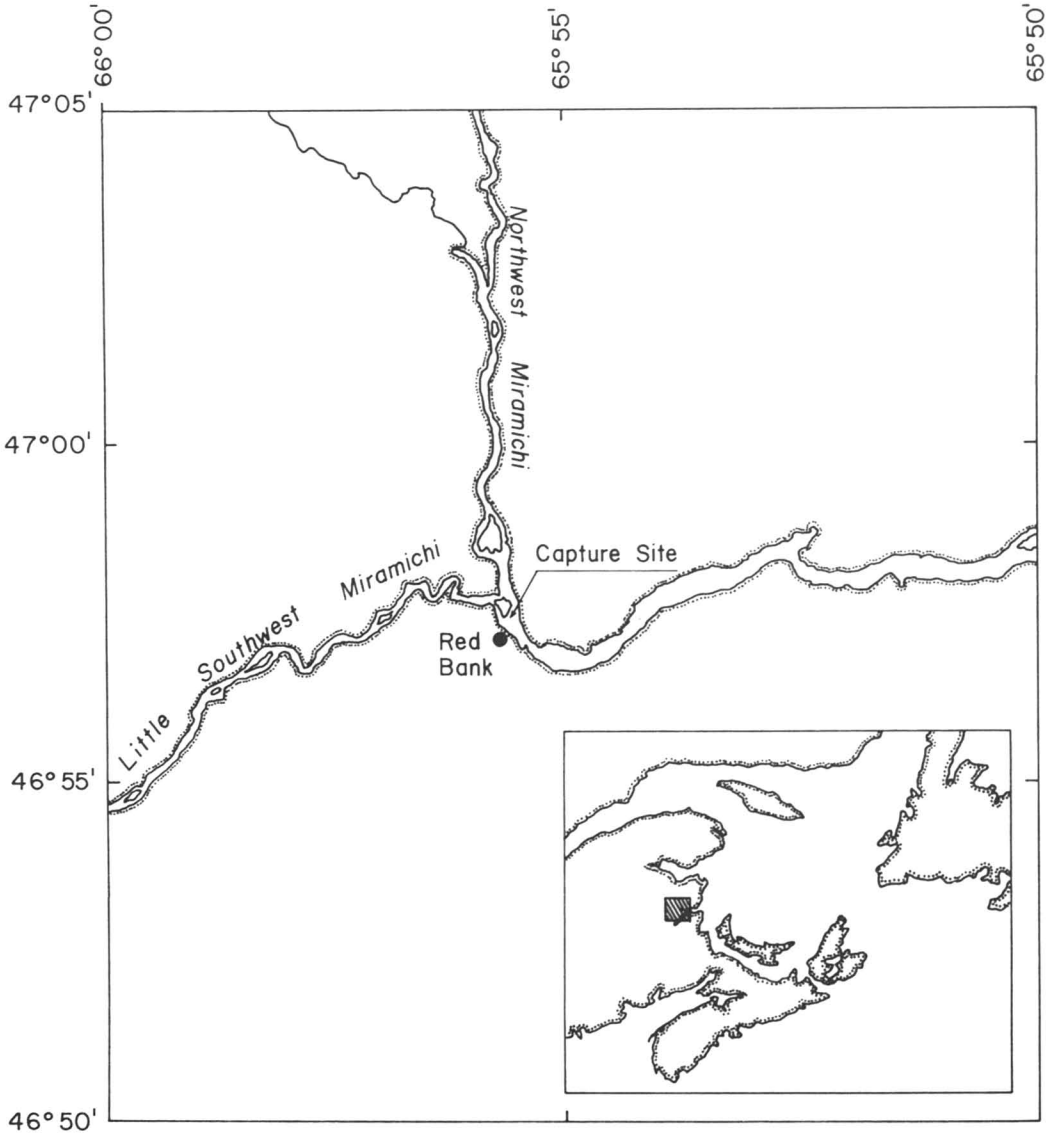


Figure 1. Map of the lower Miramichi River, New Brunswick, showing location of pink salmon capture in September, 1983.

(about 0.5 g) were released in the effluent of a power plant located on an island, about 0.4 km offshore from the Royal River in Yarmouth, Maine (E. Sawyer, pers. comm.). Several (> 150) adult pink salmon returned to the power plant site and to the Royal River in autumn 1983. The Miramichi salmon may have been a stray from this planting.

It is not possible to determine for certain the origin of the pink salmon, but the latter two possibilities, particularly the fifth one, seem the most likely. All of the possible origins are a considerable

distance from the Miramichi River, emphasizing that introductions of this species cannot be considered to be localized. Pink salmon are occasionally known to wander considerable distances from their home streams (Scott & Crossman, 1973).

Potential interactions between pink salmon and native Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Miramichi River seem unlikely at this point. Despite intensive stocking, pink salmon never became established in Newfoundland because of unsuit-

TABLE I

Meristic characteristics of the pink salmon captured at Red Bank, New Brunswick, September 1983

Total length	58.5 cm
Weight (fresh)	1706.0 g
Fin rays	
pectoral	16
pelvic	11
dorsal	14
anal	17
Scales above lateral line	≈195
Pyloric caecae	150 +
Gill rakers	11 + 1 + 17
Vertebrae	
precaudal	40
caudal	26
ural	2

able environmental conditions, predation by native species, premature termination of the stocking program and/or unsuitable donor stocks (Lear, 1975). Unsuitable conditions may apply to the Miramichi River, as well, but it is difficult to predict. Pink salmon were initially chosen for introduction into Newfoundland because they would not compete with native fish for food in freshwater (Lear, 1975). Other potential interactions might occur, however, and future interactions with Atlantic

salmon should not be ruled out (competition for spawning areas, prey at sea, or other factors not apparent or predictable at present). Future occurrences of pink salmon in the Miramichi River will be carefully monitored.

Acknowledgments

Dr. D. Markle (Huntsman Marine Laboratory, St. Andrews) verified the identification of the salmon, and determined the meristic counts. L. Haight prepared the figure. I would like to thank Vincent and Stephen Paul (Red Bank, N.B.) for bringing this salmon to my attention. B. Dempson (Department of Fisheries and Oceans, St. John's, Nfld.) and D. Markle reviewed the manuscript.

References

- DEMPSON, J. B., 1980. Present status of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in the Newfoundland Region. — ICES C. M. 1980/M: 27.
- EMERY, L., 1981. Range extension of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) into the lower Great Lakes. — Fisheries, 6: 7-10.
- LEAR, W. H., 1975. Evaluation of the transplant of Pacific pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) from British Columbia to Newfoundland. — J. Fish. Res. Bd Can., 32: 2343-2356.
- SCOTT, W. B. & E. J. CROSSMAN, 1973. Freshwater fishes of Canada. — Bull. Fish. Res. Bd Can., no. 184, 966 p.

REVUE DES LIVRES

TURNER, N. J., J. THOMAS, B. F. CARLSON & R. T. OGILVIE, 1983. **Ethnobotany of the Nitinaht Indians of Vancouver Island.** — B. C. Ministry of Provincial Secretary and Government Services and Parks Canada, Western Region (Occasional Papers of the British Columbia Provincial Museum, no. 24), 165 p., 19,5 x 26,5 cm. Couverture souple, 5,00\$.

Les Nitinaht ont habité traditionnellement la côte ouest de l'île de Vancouver en Colombie-Britannique. De nos jours, on ne trouve plus qu'une cinquantaine de Nitinaht dans cette région, parlant encore couramment cette langue de la famille linguistique Wakashan. L'intérêt de cet ouvrage est évident: sauvegarder des connaissances véritablement en train de se perdre.

Quelques commentaires sont utiles pour mieux situer cette nouvelle discipline qu'est l'ethnobotanique, amalgame de sciences naturelles et humaines. Le terme est de J. W. Harshberger de l'Université de Pennsylvanie et désignait à l'origine (1895-1896) une science visant à mettre en lumière les utilisations des végétaux par les autochtones, dans le but de mieux déterminer «la distribution ancienne de ces végétaux et de définir les voies jadis suivies pour l'échange des produits d'origine végétale». Depuis, l'ethnobotanique en tant que discipline affirmée s'est développée en deux courants majeurs. Le premier est plutôt inspiré des travaux de botanistes: il s'agit alors de «dévoiler la trame végétale de l'humanité», l'expression provenant de l'ethnobotaniste québécois, Jacques Rousseau. Le second est directement issu des sciences humaines et plus particulièrement de la linguistique: le but recherché consiste à dévoiler la structure cognitive des peuples par des études portant sur les façons de nommer et de classer les plantes (v.g. Berlin, Breedlove & Raven).

On peut dire que le présent document se situe au carrefour des deux courants. Ses auteurs (deux linguistes, un autochtone et un professionnel de recherche) prétendent en fait traiter la relation entre les autochtones et leur univers végétal sous de multiples aspects, autant linguistiques, culturels, utilitaires que botaniques.

Le livre se divise en quatre sections précédées d'une introduction et suivies de quelques annexes. En introduction, on apprend que la recherche a duré plus d'un an (1980-1981), que les fonds étaient octroyés par le Musée de la Colombie-Britannique, qu'un des chercheurs est lui-même un autochtone ayant fait des études universitaires en linguistique, que les informateurs étaient au nombre de cinq, qu'une revue de la littérature des groupes voisins aux Nitinaht a été effectuée et que le travail consistait essentiellement à faire des entrevues à partir de spécimens botaniques ou tout simplement selon les noms vernaculaires des plantes connues.

La première section du livre définit la langue nitinaht dans ses particularités phonétiques et grammaticales. La section suivante est consacrée à la description du milieu physique des Nitinaht mêmes: (v.g. températures annuelles), flore (v.g. 439 plantes vasculaires recensées

dont 150 sont communes) et végétation (forêt de cèdre principalement, mais quelques sous-régions à végétation particulières: bord des cours d'eau, région côtière ou encore montagneuse).

La troisième section est de loin la plus importante. Elle se veut la synthèse des connaissances populaires des Nitinaht. Elle se divise en quatre parties: plantes alimentaires (32 espèces), plantes utilisées pour la construction d'objets divers (plus de 50 espèces), plantes médicinales (30 à 40 espèces) et analyse de la nomenclature et de la classification autochtones des végétaux. En ce qui concerne la description des utilisations des plantes, les techniques de préparation sont abondamment illustrées (83 figures). La nomenclature et les principes de classification populaires sont présentés de façon succincte: cent taxons nitinaht organisés en neuf classes majeures, mais non chapeautés par un terme unique qui correspondrait à la «flore» au sens linnéen du terme. Cette dernière situation semble assez fréquente chez les peuples habitant des régions tempérées ou arctiques. Somme toute, sans être trop approfondie, cette partie fournit une idée assez générale de la «vision du monde» des Nitinaht par rapport à leur univers végétal.

La quatrième section occupe, en nombre de pages, au moins la moitié de l'ouvrage. Il s'agit d'un inventaire des plantes connues des Nitinaht. Les espèces apparaissent par famille à partir des algues jusqu'aux angiospermes. Chaque famille comprend une énumération de plantes par ordre alphabétique selon les taxons botaniques. Pour chacune des plantes, on mentionne le nom anglais correspondant, le nom vernaculaire accompagné dans certains cas d'une analyse étymologique, les utilisations nitinaht de même que celles des peuples voisins. Cette section constitue un ouvrage de référence en soi et pourrait éventuellement servir à des fins de comparaison pour spécialistes.

L'ouvrage comprend enfin quelques annexes portant sur les plantes non identifiées, la terminologie botanique des Nitinaht, le système orthographique, les plantes introduites et la préparation des «racines» en guise d'aliments. Le document se termine par deux index: un vernaculaire, l'autre botanique.

L'abondance des illustrations constitue certainement l'apport le plus intéressant de cet ouvrage. Sans ces photographies anciennes, ces dessins de plantes ou d'objets culturels fabriqués, la lecture aurait certainement été plus ardue. De même, pour alléger le texte, on aurait pu encore inclure dans un style moins spécialisé d'autres données originales telles les connaissances des Nitinaht sur le système de reproduction botanique ou encore la place octroyée dans leur univers mythologique à ces êtres vivants que sont les plantes. Bien que le livre s'adresse avant tout à des spécialistes, il ne comporte rien de nouveau comme méthode ou comme théorie ethnobotanique. On peut toutefois reconnaître le bien-fondé de ce type de recherche sous

au moins deux aspects : celui de conserver et de transmettre un savoir ancestral, et celui de procurer aux scientifiques un matériel de base à partir duquel il sera peut-être possible de découvrir un jour de nouveaux alcaloïdes bénéfiques à l'espèce humaine. N'est-ce pas là au moins un des buts avoués de l'ethnobotanique!

Daniel CLÉMENT

Département d'anthropologie
Université Laval

WAREING, P. F. & H. SMITH (édit.), 1983. **Photoperception by plants**. Phil. Trans. R. Soc. (London) B. 303, 345-536. 29,5 x 17,5 cm. Broché, prix non indiqué.

Le numéro 1116, volume 303, de Philosophical Transactions of the Royal Society of London est consacré à la perception de la lumière par les plantes. Il origine d'une discussion scientifique organisée par les professeurs P. F. Wareing et H. Smith en mars 1983. Chacun des quatorze articles de synthèse a été écrit par un ou des spécialistes reconnus, et constitue une excellente mise au point, remise en question ou ré-évaluation des connaissances sur les photorécepteurs et le photcontrôle du développement des plantes. Ce domaine très complexe de la physiologie végétale, désigné encore sous le nom de photomorphogénèse, a connu une percée très importante, il y a déjà vingt-cinq ans, avec la découverte et l'isolation du phytochrome. Les chercheurs se sont d'abord intéressés aux techniques d'isolation, de purification, de localisation *in situ* au niveau cellulaire de cette chromoprotéine tétrapyrrolique ayant une masse moléculaire de 124 kd. Ils ont étudié ses rôles multiples dans l'adaptation des plantes à leur milieu, par exemple au moment de la germination, de la levée (étiolement, désétiolement), de la floraison, de l'entrée et de la sortie de dormance. Ils ont aussi émis plusieurs hypothèses sur le mode d'action de phytochrome dans la photorégulation du développement. Cependant, à la suite de la mise au point et de l'utilisation de techniques de recherche plus précises; plusieurs connaissances qui semblaient bien fondées sont maintenant remises en question. L'organisation d'une discussion de fond entre spécialistes s'imposait donc.

Chaque article compte en moyenne une douzaine de pages incluant les références et quelques questions de participants. L'ouvrage s'adresse particulièrement aux chercheurs et étudiants en morphogénèse des plantes. Il pourrait se prêter très bien à un cours ou à un séminaire de niveau avancé. Pour le bénéfice des lecteurs de cette revue, voici la liste des sujets traités et des auteurs:

1. Photorécepteurs du rayonnement dans le bleu (Briggs & Iino);
2. Propriétés moléculaires de phytochrome (Furuya);
3. Chimie des photoconversions du phytochrome: (Rüdiger);
4. Le phytochrome: ses propriétés moléculaires et sa biogénèse (Quail et coll.);
5. Les photorécepteurs chez les plantes agissent-ils au niveau membranaire? (Raven);

6. Photorégulation du développement du chloroplaste: comment fonctionnent les contrôles de la transcription de la traduction et de la post-traduction? (Jenkins et coll.);
7. Photocontrôle de l'activation et de l'inactivation enzymatique (Bradbeer);
8. Le Pfr est-il la forme active du phytochrome? (Smith);
9. Photocontrôle de l'expansion cellulaire: approche biophysique (Cosgrove);
10. Photoperception et photomouvement (Haupt);
11. Perception du stimulus de la lumière unilatérale (Poff);
12. Photoperception et désétiolement (Möhr & Schäfer);
13. Perception de l'ombre (Holmes);
14. La perception des passages lumière \rightleftharpoons obscurité (Vince-Prue).

H.-P. THERRIEN

Département de phytologie
Université Laval

LAROCHELLE, A., 1984. **Les punaises terrestres (Hétéroptères: Géocorisés) du Québec**. Association des entomologistes amateurs du Québec, Fabriques, Supplément n° 3, 513 p. Membres, 15,00\$; non-membres, 20,00\$.

In 1950, George A. Moore published «Liste des Hémiptères de la Province de Québec» (Naturaliste can., 77: 233-271) listing nearly 420 species of land bugs. In 1984, André Larochelle added to the list in his publication «Les Punaises Terrestres (Hétéroptères: Géocorisés) du Québec». In it are 488 listed species, over half (280 species) of which are Miridae or plant bugs.

This book is concerned with identification of Heteroptera occurring in Québec. Keys are provided for nymphs and families, adults and families, adults and genera, and adults and species along with approximately 1000 illustrations. The publication contains complete drawings of about 200 species, claspers are illustrated for 250 species. Nearly 300 host plants are listed, and a glossary of about 330 terms is given. About 600 papers are listed in the bibliography.

The illustrations and keys are sufficiently detailed so that this publication should be of great value to amateur and professional taxonomists working on Heteroptera.

It is most unfortunate that it was necessary to add 28 pages of corrections and additions.

Leonard A. KELTON

Biosystematic Research Institute
Ottawa

KETCHUM, B. H. (édit.), 1983. **Estuaries and the enclosed seas**. — Elsevier Scientific Company, Amsterdam, 500 p., 19,5 x 27 cm. Relié, 170,25\$ US.

Cet ouvrage de la collection «Ecosystem of the world» est publié dans une période où, plus que jamais, les

océanographes et les écologistes s'intéressent aux eaux côtières et découvrent la très grande importance des estuaires. Il est sans doute un peu malencontreux que l'intensification de l'intérêt des chercheurs pour ces milieux complexes et diversifiés soit venu avec l'aggravation des impacts que leur fait subir l'activité humaine. Beaucoup d'estuaires et de mers semi-closes ne sont ainsi connus qu'après quelques décennies de changements plus ou moins profonds et plus ou moins anarchiques résultant directement ou indirectement de la révolution industrielle.

Le caractère complexe et le particularisme de ces milieux côtiers a longtemps rendu leur étude peu séduisante, le potentiel de généralisation apparaissant comme très faible par comparaison avec celui de l'océanographie plus «fondamentale» pratiquée dans les milieux océaniques. Mais c'est finalement ce caractère très personnalisé des systèmes côtiers qui a graduellement permis d'entreprendre l'étude de certains mécanismes fondamentaux dans des conditions où leur manifestation a souvent un caractère plus schématique que dans les systèmes océaniques (v.g. les ondes internes, les fronts, le transport passif du plancton, etc.). Pour approfondir encore davantage l'analyse de ces mécanismes, la possibilité de comparer des milieux distincts mais de même catégorie et d'y entreprendre des expériences statistiquement «contrôlables» est fort souhaitable. Dans cette perspective, un ouvrage comme celui qu'a édité B. H. Ketchum peut être considéré comme un événement significatif, puisqu'il peut permettre de révéler aux océanographes côtiers l'existence de milieux moins connus d'eux et d'en souligner les particularités principales.

«Estuaries and enclosed seas» est divisé en deux sections principales. La première est une tentative de synthèse sur les estuaires: leurs caractéristiques (B. H. Ketchum), la circulation estuarienne (C. B. Officer), les réponses au stress estuarien (W. B. Vernberg), le phytoplancton (T. J. Smayda), le zooplancton (C. B. Miller), le benthos (W. J. Wolff) et les poissons (R. L. Haedrich). Cette section a permis de colliger bon nombre d'informations utiles dispersées dans la documentation et parfois ignorées des chercheurs, leur domaine particulier les enfermant trop souvent dans un univers bibliographique très restreint. Malheureusement, l'on doit dire que dans l'ensemble les chapitres de cette première section déçoivent; ils tiennent davantage de la compilation que de la synthèse critique, sont peu incisifs et loin d'être stimulants. Le temps qui s'écoule entre la

mise en chantier de ce type d'ouvrage encyclopédique et sa publication a de plus l'inconvénient inévitable de laisser dans l'ombre les travaux plus récents, ce qui peut être déplorable dans un domaine où l'acquisition de connaissances nouvelles connaît une accélération sensible. Pour celui qui est bien au fait de la documentation récente sur les estuaires, il est difficile, à la lecture de ces premiers chapitres, de ne pas avoir un peu l'impression du suranné.

La deuxième section est, à mon sens, la plus importante et justifie vraisemblablement à elle seule la publication de l'ouvrage. On y trouve généralement une description honnête et satisfaisante d'un certain nombre de milieux côtiers semi-clos les plus intéressants et les mieux connus au plan océanographique: la Méditerranée (les aspects physiques par A. R. Miller et les aspects biologiques par A. Ben-Tuvia), la Mer Noire (Yu. I. Sorokin), la Mer Rouge (D. A. Ross), la Baltique (G. Kullenberg), la Mer de Béring (D. W. Hood), les mers asiatiques (S. Nishimura), le golfe du Saint-Laurent (L. M. Dickie et R. W. Trites) et le golfe de Californie (S. Alvarez-Borrego). Chacun de ces chapitres est construit selon le même plan général (aspects physiques, chimiques et biologiques), mais avec parfois, selon sans doute la quantité et la qualité des données disponibles, un accent plus marqué, tantôt pour la géomorphologie, tantôt pour la circulation, tantôt pour l'un ou l'autre des niveaux trophiques. Dans plusieurs cas, l'on discute des influences de l'activité humaine. Dans le cas du golfe du Saint-Laurent, on aborde la question des politiques de gestion, avec une insistance pour la moins démesurée sur la petite histoire locale.

Sans être vraiment d'importance majeure pour les océanographes, cet ouvrage pourra, par certains de ces chapitres, constituer pour plusieurs années une source utile de renseignements de base sur telle ou telle mer semi-close. Il est très bien édité; sa mise en page est faite de façon efficace et agréable à l'œil et sa composition presque impeccable. Il convient de souligner la présence, dans les dernières pages, d'une liste taxonomique élaborée, d'un index des auteurs cités, d'un index systématique par taxon et d'un index général. De toute façon, à cet égard, la collection «Ecosystems of the World» a valeur exemplaire.

Guy LACROIX

*Département de biologie
Université Laval*

LIVRES REÇUS

ANDREWARTHA, H. G. & L. C. BIRCH, 1984. **The ecological web — More on the distribution and abundance of animals.** — The University of Chicago Press, 506 p., 18 x 25 cm. Relié.

Écrit par les auteurs du traité classique d'écologie des populations de 1954 «The distribution and abundance of animals», cet ouvrage présente une analyse des influences de l'environnement sur la répartition et l'abondance des animaux. Les auteurs consacrent les deux premières parties de ce très dense volume à l'élaboration d'une nouvelle théorie de l'environnement expliquant les interactions écologiques qui agissent sur la reproduction et la survie des animaux. On y retrouve, entre autres, des chapitres portant sur les ressources, la reproduction, la prédation, la distribution contagieuse et le degré de dispersion, les événements malencontreux, etc. La dernière partie vise à démontrer la validité de cette théorie en la mesurant à des situations écologiques bien décrites dans la documentation scientifique. — C. B.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1983. **Les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans le milieu aquatique: formation, sources, devenir et effets sur le biote aquatique.** — Publication n° 18982 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 218 p., 21 x 27 cm. Couverture souple, 8\$.

Les membres du groupe d'experts sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques ont fait dans cette étude un examen touchant, comme le titre l'indique, les aspects dynamiques de leur présence dans les milieux aquatiques. On y analyse leur formation (par combustion, diagenèse et biosynthèse), leurs sources (atmosphérique, hydrique) et leur devenir (cycle abiotique et cycle biotique) dans les milieux aquatiques. Les principaux effets au plan toxicologique ou au plan écologique sont l'objet d'une brève discussion. — G. L.

DICKINSON, J. P., 1984. **Science and scientific researchers in modern society.** — Unesco, Paris, 254 p., 15,5 x 24 cm. Broché, 90 FF.

Présentation des objectifs poursuivis par la recherche scientifique dans le contexte contemporain et discussion autour du dilemme de la recherche «pure» et de celle que guident les rapports coût-bénéfice. L'auteur met en relief les caractéristiques propres de la recherche scientifique, son étroite association avec la technologie, tout en retraçant ses origines dans la philosophie et en soulignant ses affinités avec l'art. Pour l'auteur, le scientifique est aussi un citoyen qui peut être, à certains moments, préoccupé par certains problèmes sociaux

ou éthiques que soulève parfois l'activité scientifique, mais qui n'oublie pas le rôle que doit jouer la Science à l'égard du développement de l'humanité, voire même de la paix dans les sociétés humaines. — G. L.

INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION, 1984. **Ocean science for the year 2000.** — Unesco, Paris, 95 p., 17 x 24 cm. Broché.

Rapport d'une étude de prospective sur l'océanographie de demain, menée par le «Scientific Committee in Oceanic Research» (SCOR) et le «Advisory Committee in Marine Resources Research» (de la F.A.O.) pour la Commission océanographique intergouvernementale et l'Unesco. Le comité d'experts présidé par Eugen Seibold s'est intéressé aux divers aspects des sciences marines: océanographie physique, océanographie chimique, océanographie biologique et géologie marine. Dans chacune de ces sphères, l'on a tenté de prédire les voies d'avenir, au plan des questions scientifiques proprement dites, du développement des techniques et des applications. Selon le comité d'experts, l'océanographie biologique devrait mettre de plus en plus l'accent sur les propriétés et le fonctionnement des écosystèmes plutôt que sur les organismes vivants comme tels, s'attacher à élucider les questions encore nombreuses touchant les échelles spatio-temporelles des processus biologiques et de la répartition des populations et comparer en vue de généralisations les effets de l'activité humaine sur différents écosystèmes côtiers. — G. L.

OVINGTON, J. D. (édit.), 1983. **Temperate broad-leaved evergreen forests.** Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 242 p., 19,5 x 26,5 cm. Relié, 75\$ US.

Le 10^e volume de la collection «Ecosystems of the world» est consacré à deux types de forêts sempervirentes, plus particulièrement la forêt ombrophile tropicale et la forêt sclérophylle. Chacune des régions où ces forêts sont présentes fait l'objet d'un chapitre à l'intérieur duquel on présente le régime climatique, la composition faunistique et floristique, les processus de production et de décomposition de la matière organique, le statut économique et l'exploitation future de la forêt. Chacun des chapitres comporte une liste de références. On trouve également à la fin du volume un index d'auteur, un index taxonomique et un index général. — C. B.

POTTS, G. W. & R. J. WOOTTON (édit.), 1984. **Fish reproduction: strategies and tactics.** — Academic Press, Don Mills (Ontario), 410 p., 15 x 23 cm. Relié, 66\$.

Ce volume est le compte rendu d'un colloque international organisé par le « Fisheries Society of the British Isles », en juillet 1982. Vingt-quatre auteurs ont contribué à ces vingt chapitres, qui portent sur l'un ou l'autre des deux thèmes principaux du colloque et parfois sur les deux: la valeur adaptative des régimes de reproduction des poissons et les mécanismes qui les contrôlent. — F. W.

SHUBERT, L. E. (édit.), 1984. **Algae as ecological indicators.** — Academic Press, London, 434 p., 15 x 23 cm. Relié, 87,75\$.

Ce livre dont l'idée est venue à la suite d'un symposium sur les algues comme indicateurs écologiques porte essentiellement sur l'utilisation des algues dans les épreuves biologiques visant à reconnaître certains états écologiques des milieux. Dix-neuf spécialistes ont apporté leur contribution à la rédaction des quatorze chapitres regroupés en six parties. Les trois premières parties traitent abondamment du sujet central pour les écosystèmes d'eau douce, les écosystèmes marins et les écosystèmes terrestres. La quatrième partie examine les effets de contaminants sur les algues aquatiques et de l'utilisation de ces dernières pour faire le suivi des métaux lourds dans les eaux douces. La cinquième partie est consacrée aux applications industrielles et la dernière à la modélisation. — G. L.

STEIDINGER, K. A. & L. M. WALKER (édit.), 1984. **Marine plankton. Life cycle strategies.** — CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 158 p., 18 x 26 cm. Relié, 67\$ US.

Ouvrage consacré à un aspect particulièrement fascinant de l'étude du plancton marin: l'importance des cycles vitaux et des stades de développement dans l'analyse écologique des populations et des communautés planctoniques. Le rôle des cycles de reproduction et de certains stades pour la survie, la dispersion et le maintien des populations phytoplanctoniques et zooplanctoniques est au cœur de chacun des six chapitres de ce livre. Sont l'objet d'un examen particulier les diatomées, les dinoflagellés, les foraminifères et radiolaires, les copépodes planctoniques, les larves pélagiques des invertébrés benthiques et des poissons. — G. L.

THEUTENBERG, B. J., 1984. **The evolution of the law of the sea.** — Tycooly International Publishing Limited, Dublin, Ireland, 261 p., 17 x 24,5 cm. Broché, 12,50\$.

Cette analyse rédigée par l'ambassadeur suédois Theutenberg, juriste intéressé par les problèmes juridiques de la mer et de l'exploitation de ses ressources, devrait retenir l'attention des biologistes des pêches et des océanographes. Elle est rédigée dans un style clair, vivant et dépourvu de jargon, permettant la compréhension des éléments principaux de la Convention des Nations-Unies sur la Loi de la mer adoptée à Montego Bay, en Jamaïque, en décembre 1982. Le texte de cette convention occupe d'ailleurs une partie importante

du livre (pages 112-261). Après un rappel historique des principales étapes qui ont graduellement conduit à la nécessité de conventions internationales, l'auteur évoque les principaux points en cause: la zone économique exclusive (EEZ), le régime touchant les îles et les mers semi-closes, l'environnement des régions couvertes par la glace, la recherche scientifique, le développement de la technologie, etc. Il traite également des effets des nouvelles conventions sur l'Arctique et l'Antarctique et discute de la redistribution qu'elles devraient générer quant aux richesses marines. — G. L.

VALIELA, I., 1984. **Marine ecological processes.** — Springer-Verlag, New York, 546 p., 16 x 24 cm. Relié, 34\$ US.

Ce volume se veut plus qu'un ouvrage pédagogique dans le domaine de l'écologie marine. Il se propose de montrer cette discipline tant dans ses dépendances à l'égard de la biologie, de l'écologie terrestre et de la limnologie que dans son état évolutif, les conclusions fermes avoisinant fréquemment les questions en suspens. Les sept premiers chapitres ont trait à l'organisation, tant au niveau physiologique qu'à celui des populations (production primaire, dynamique des populations des consommateurs, compétition pour les ressources, flux énergétique, etc.). Les deux chapitres suivants traitent des interactions entre les populations, alors que les chapitres 10 et 11 abordent la question des cycles d'éléments nutritifs et des transformations de la matière organique. Les derniers chapitres portent sur la structure des communautés marines et des écosystèmes et son maintien dans l'espace et dans le temps. Le tout est complété par plus de 70 pages de références bibliographiques. — G. L.

WEBBER, J. M., 1984. **The vascular flora of Peel county, Ontario.** — Botany Press, Toronto, v + 94 p., 20 x 26,5 cm. Broché, 10\$.

La flore vasculaire du comté de Peel, située à proximité de Toronto, comprend 1 334 taxons selon cette compilation. La présence de chaque espèce ou variété est indiquée par « township ». Un code d'abondance de 0 à 4, fondé sur le nombre de stations où la plante se rencontre aujourd'hui, est attribué à chaque taxon. La liste est précédée de l'introduction habituelle sur la géologie, le climat, la végétation du comté, etc. L'auteur note, entre autres, que 10% de la flore originale est maintenant éteinte. — P. M.

YOSHIMOTO, C. M., 1984. **The insects and arachnids of Canada. Part 12. The families and subfamilies of Canadian chalcidoid wasps. Hymenoptera: Chalcidoidea.** — Agriculture Canada, Publication no 1760, 149 p., 15 x 23 cm. Couverture souple, 5,95\$.

Cette douzième publication porte sur la systématique des Chalcidoidea (Hymenoptera), groupe important utilisé dans la lutte contre les insectes nuisibles. Les premières sections traitent de la biologie, de la classification et de l'anatomie de ces insectes. Les sections suivantes

comportent les clés d'identification (rédigées en français et en anglais) de 16 familles et 52 sous-familles et de nombreuses illustrations. Pour chacune des familles et sous-familles décrites, on présente une brève description de leur morphologie, la répartition géographique, une

liste des organismes parasités et une liste bibliographique. À la fin du volume, on trouve de plus un glossaire, un index taxonomique, un index des animaux-hôtes et des plantes-hôtes. — C. B.

LE
NATURALISTE
CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111
1984

UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

LE NATURALISTE CANADIEN

Revue d'écologie et de systématique

CN ISSN 0028-0798

RÉDACTEUR
GUY LACROIX

RÉDACTEUR-ADJOINT
PIERRE MORISSET

ADMINISTRATEUR
NORBERT LACROIX

COMITÉ DE RÉDACTION

CYRILLE BARRETTE, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD BERNIER, *Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval*

ANDRÉ BOUCHARD, *Institut botanique, Université de Montréal*

CARL M. BOYD, *Département d'océanographie, Université Dalhousie, Halifax*

EDWIN BOURGET, *Département de biologie, Université Laval*

PIERRE COUILLARD, *Département des sciences biologiques, Université de Montréal*

JEAN-MARC DESCHÊNES, *Station de recherches, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec*

FERNAND M. GAUTHIER, *Direction générale de la recherche et de l'enseignement, Ministère de l'Agriculture du Québec*

PIERRE LEGENDRE, *Département de sciences biologiques, Université de Montréal*

WILLIAM C. LEGGETT, *Département de biologie, Université McGill*

JEREMY McNEIL, *Département de biologie, Université Laval*

BERNARD J. R. PHILOGÈNE, *Département de biologie, Université d'Ottawa*

Publication trimestrielle de l'Université Laval, LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) publie des articles *inédits*, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche en écologie, en systématique et dans certains domaines apparentés. La revue s'intéresse également aux aspects appliqués, notamment dans la perspective des ressources agricoles, forestières et halieutiques du Québec et du Canada oriental et nordique.

LE NATURALISTE CANADIEN (Revue d'écologie et de systématique) est publié grâce à des subventions du Fonds F.C.A.C. du Québec pour l'aide et le soutien à la recherche et du Conseil de la recherche en sciences naturelles et en génie du Canada.

Les manuscrits doivent être expédiés à l'adresse suivante : LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

Toute correspondance touchant les abonnements ou les droits de reproduction doit être adressée aux Presses de l'Université Laval, Case postale 2447, Québec G1K 7R4. L'abonnement annuel est de \$ 17 (personnel), \$ 19 (personnel, étranger) et \$ 34 (collectif, *multi-user*). Le numéro régulier se vend \$ 5.

LE NATURALISTE CANADIEN
Revue d'écologie et de systématique

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME 111

Numéro 1

PRINCIPES ET DÉVELOPPEMENT DE LA CLASSIFICATION DES PLANTES

BERNIER, R. Système et méthode en taxonomie: Adanson, A.-L. de Jussieu et A.-P. de Candolle	3-12
BAUM, B. R. Les méthodes numériques comme critères de validité systématique	13-19
BARABÉ, D. Les principes directeurs des systèmes modernes de classification des Angiospermes	21-30
POWELL, G. R. Forest cover on two watersheds of the Nashwaak Experimental Watershed Project in west-central New Brunswick	31-44
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 1. Cocconeioideae (Achnanthes, Achnantheaceae)	45-61
REEVES, R. R. & E. MITCHELL Catch history and initial population of white whales (<i>Delphinapterus leucas</i>) in the river and gulf of St. Lawrence, eastern Canada	63-121
REVUE DES LIVRES	123-124

Numéro 2

GARBARY, D. J. & R. S. FITCH Some brackish species of <i>Vaucheria</i> (Tribophyceae) from British Columbia and northern Washington	125-130
HOOPER, R. G. & A. WHITTICK The benthic marine algae of the Kaipokok Bay, Makkovik Bay and Big River Bay region of the central Labrador coast	131-138
VINCENT, G. Analyse de la flore vasculaire d'un secteur de la réserve amérindienne de Caughnawaga (Québec)	139-155
GIROUX, M. Effets d'application d'urée au sol et au feuillage sur le rendement, le poids spécifique et la nutrition azotée de la pomme de terre	157-166
GIROUX, M. & L. M. BORDELEAU Effet du potassium et du magnésium sur la croissance et la nodulation de plantules de luzerne (<i>Medicago sativa</i> L.)	167-173
GIBSON, R. J. & T. A. DICKSON The effects of competition on the growth of juvenile Atlantic salmon	175-191

ANALYSES ET COMMENTAIRES

WALSH, G. & G. J. FITZGERALD Biais inhérents à l'analyse de l'alimentation des poissons. Cas de trois espèces d'épinoches (Gasterosteidae)	193-202
---	---------

COMMUNICATIONS BRÈVES

CLAVEAU, R. & J.-P. FILLION Fréquence et distribution du ver des méninges (<i>Parelaphostrongylus tenuis</i>) chez le cerf de Virginie de l'est du Québec	203-206
CAYOUILLE, J. Nouvelles stations du <i>Barbarea stricta</i> Andr. au Québec	207-209
COUTURE, R. & R. SAVIGNAC Première mention au Québec de l'écrevisse <i>Orconectes limosus</i> (Rafinesque).....	211-212
GIBSON, R. J., J.-P. THONNEY & K. HILLIER An easterly extension in the known range for <i>Fundulus diaphanus</i> in Newfoundland.....	213-214

REVUE DES LIVRES

LEGENDTRE, L. Application of ecological modelling in environmental management. Part A. Developments in environmental modelling (S. E. Jørgensen, édit.) Application of ecological modelling in environmental management. Part B. Developments in environmental modelling (S. E. Jørgensen & W. J. Mitsch, édit.)	215
BERGERON, Y. Field guide to forest ecosystem classification for the clay belt, site region 3e (R. K. Jones, G. Pierpoint, G. M. Wickware, J. K. Jeglum, R. W. Arnup & J. M. Bowles)	215-216
DE LA NOUË, J. Handbook of mariculture. Volume 1. Crustacean aquaculture (J. P. McVey)	216-217
ST-PIERRE, C.-A. Isozymes in plant genetics and breeding. Parts A and B (D. S. Tanksley & T. J. Orton, édit.)	217-218

Numéro 3

RILEY, S. C., A. T. BIELAK & G. POWER The Atlantic salmon stock of the Grand Watshishou River (Québec) — a historical perspective	219-228
LEVESQUE, C. & G.-Y. LEVESQUE Abondance relative et activité saisonnière de Leiodidae et Staphylinidae (Coleoptera, Staphylinidae) de biotopes forestiers décidus des Laurentides (Québec)	229-233
EIDT, D. C. & C. A. A. WEAVER The fenitrothion and aminocarb content and the distribution of the aquatic plant <i>Ceratophyllum demersum</i> relative to forest spraying in New Brunswick and Nova Scotia	235-239
GAUTHIER, R. & J.-P. DUCRUC Contribution à la connaissance des sphaignes (<i>Sphagnum</i>) du Québec-Labrador, 1. Première mention du <i>Sphagnum aongstroemii</i> C. Hartm. au Québec	241-244
CAUBOUE, M. Exemple d'utilisation de l'analyse en composantes principales et de l'analyse discriminante en phytoécologie	245-261
CAYOUILLE, J. Additions et extensions d'aire dans la flore vasculaire du Nouveau-Québec.....	263-274
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 2. Tabellarioideae et Diatomoideae (Fragilariales, Fragilariaceae)	275-295
LORTIE, G. & J.-P. GUILBAULT Les diatomées et les foraminifères de sédiments marins post-glaciaires du Bas-Saint-Laurent (Québec): une analyse comparée des assemblages	297-310

COMMUNICATIONS BRÈVES

BOUVRY, M., P. BRASSARD & M. E. RAU <i>Diplostomum spathaceum</i> dans le système nerveux des poissons	311-313
DESHAYE, J. & M. BLONDEAU La présence de <i>Carex rufina</i> Drejer au Québec	315-318
IRELAND, R. R. <i>Anacamptodon splachnoides</i> in Canada	319-320

SABOURIN, A. Mise au point sur <i>Cardamine bulbosa</i> , une crucifère rare au Québec	321-323
CAYOUILLE, R. & J. CAYOUILLE Variations de la coloration des pétales chez le <i>Trillium cernuum</i> L. var <i>cernuum</i> (Liliaceae)	325-327
POMERLEAU, R. À propos du nom scientifique de l'orange américaine	329-330

REVUE DES LIVRES

J. MORALES & J. DE LA NOÛE Acuicultura marina animal (J. Coll Morales)	331
LACROIX, G. La pêche et les pêcheurs des provinces maritimes du Canada. Contribution à l'étude du sous-développement à l'intérieur d'un pays riche (J. Chaussade)	331-332
PARENT, L.-E. New trends in soil biology (P. Lebrun, H. M. André, A. De Medts, C. Grégoire-Wibo & G. Wauthy)	332
FITZGERALD, G. F. Coevolution (M. H. Nitecki, édit.)	332-333
HABER, E. Wildflowers of the Yukon and northwestern Canada. Including adjacent Alaska (J. G. Trelawny)	333-334
LACROIX, G. Carbon dioxide: friend or foe? (S. B. Idso)	334
LIVRES REÇUS	335-336

Numéro 4

HIMMELMAN, J. H. Urchin feeding and macroalgal distribution in Newfoundland, eastern Canada	337-348
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec 3. Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae)	349-367
CARDINAL, A. M. POULIN & L. BÉRARD-TERRIAULT Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec 4. Naviculales, Naviculaceae (à l'exclusion des genres <i>Navicula</i> , <i>Donkinia</i> , <i>Gyrosigma</i> et <i>Pleurosigma</i>)	369-394
DUTIL, J.-D. & R. LALLIER Testing bacterial infection as a factor involved in the mortality of catadromous eels (<i>Anguilla rostrata</i>) migrating down the St. Lawrence Estuary (Canada)	395-400
CÔTÉ, Y., I. BABOS & J. A. ROBITAILLE Caractéristiques scalimétriques des saumons du Koksoak (Ungava, Québec)	401-409
GIBSON, R. J., F. G. WHORISKEY, J.-Y. CHARETTE & M. WINSOR The role of lakes in governing the invertebrate community and food of salmonids during the summer in a Québec boreal river	411-427
KARAM, A. & M. P. CESCAS Adsorption du bore en relation avec le pH et les bases échangeables du sol	429-434
ALEXANDER, A. Potato production in the eastern coastal zone of New Brunswick: the significance of virus diseases	435-438
REDHEAD, S. A. Two fern-associated mushrooms, <i>Mycena lohwegii</i> and <i>M. pterigena</i> in Canada	439-442

COMMUNICATIONS BRÈVES

CAYOUILLE, J. Variations mineures chez <i>Primula mistassinica</i> Michx. (Primulaceae)	443-445
--	---------

MULLIGAN, G. A. Chromosome numbers of some plants native and naturalized in Canada	447-449
CATLING, P. M. Self-pollination and probable autogamy in Chamisso's orchid <i>Platanthera chorisiana</i> (Cham.) Reichb. f.	451-453
RANDALL, R. G. First record of a pink salmon (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>) in the Miramichi River, New Brunswick	455-457

REVUE DES LIVRES

CLÉMENT, D. Ethnobotany of the Nitinaht Indians of Vancouver Island (N. J. Turner, J. Thomas, B. F. Carlson & R. T. Ogilvie)	459-460
TERRIEN, H.-P. Photoperception by plants (P. F. Wareing & H. Smith, édit.)	460
KELTON, L. A. Les punaises terrestres (Hétéroptères: Géocorisés) du Québec (A. Larochelle)	460
LACROIX, G. Estuaries and the enclosed seas (B. H. Ketchum, édit.)	460-461
LIVRES REÇUS	463-465

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME 111

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

ALEXANDER, A. Potato production in the eastern coastal zone of New Brunswick: the significance of virus diseases	435-438
BABOS, I. (voir CÔTÉ, Y., I. BABOS & J. ROBITAILLE)	401-409
BARABÉ, D. Les principes directeurs des systèmes modernes de classification des Angiospermes	21-30
BAUM, B. R. Les méthodes numériques comme critère de validité systématique	13-19
BÉRARD-TERRIAULT, L. (voir POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL)	45-61
BÉRARD-TERRIAULT, L. (voir POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL)	275-295
BÉRARD-TERRIAULT, L. (voir POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL)	349-367
BÉRARD-TERRIAULT, L. (voir CARDINAL, A., M. POULIN & L. BÉRARD-TERRIAULT)	369-394
BERGERON, Y. Field guide to forest ecosystem classification for the clay belt, site region 3e(R. K. Jones, G. Pierpoint, G. M. Wickware, J. K. Jeglum, R. W. Arnup & J. M. Bowles)	215-216
BERNIER, R. Système et méthode en taxonomie: Adanson, A.-L. de Jussieu et A.-P. de Candolle	3-12
BIELAK, A. T. (voir RILEY, S. C., A. T. BIELAK & G. POWER)	219-228
BLONDEAU, M. (voir DESHAYE, J. & M. BLONDEAU)	315-318
BORDELEAU, L. M. (voir GIROUX, M. & L. M. BORDELEAU)	167-173
BOUVRY, M., P. BRASSARD & M. E. RAU. <i>Diplostomum spathaceum</i> dans le système nerveux des poissons	311-313
BRASSARD, P. (voir BOUVRY, M., P. BRASSARD & M. E. RAU)	311-313
CARDINAL, A. (voir POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL)	45-61
CARDINAL, A. (voir POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL)	275-295
CARDINAL, A. (voir POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL)	349-367
CARDINAL, A., M. POULIN, & L. BÉRARD-TERRIAULT. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 4. Naviculales, Naviculaceae (à l'exclusion des genres <i>Navicula</i> , <i>Donkinia</i> , <i>Gyrosigma</i> et <i>Pleurosigma</i>)	369-394
CATLING, P. M. Self-pollination and probable autogamy in Chamisso's orchid <i>Platanthera chorisiana</i> (Cham.) Reichb. f.	451-453
CAUBOUE, M. Exemple d'utilisation de l'analyse en composantes principales et de l'analyse discriminante en phytoécologie	245-261
CAYOUILLE, J. Nouvelles stations du <i>Barbarea stricta</i> Andr. au Québec	207-209
CAYOUILLE, J. Additions et extensions d'aire dans la flore vasculaire du Nouveau-Québec	263-274
CAYOUILLE, J. (voir CAYOUILLE, R. & J. CAYOUILLE)	325-327
CAYOUILLE, J. Variations mineures chez <i>Primula mistassinica</i> Michx. (Primulaceae)	443-445
CAYOUILLE, R. & J. CAYOUILLE. Variations de la coloration des pétales chez le <i>Trillium cernuum</i> L. var. <i>cernuum</i> (Liliaceae)	325-327
CASCAS, M. P. (voir KARAM, A. & M. P. CASCAS)	429-434
CHARETTE, J.-Y. (voir GIBSON, R. J., F. G. WHORISKEY, J.-Y. CHARETTE & M. WINSOR)	411-427
CLAVEAU, R. & J.-P. FILLION. Fréquence et distribution du ver des méninges (<i>Parelaphostrongylus tenuis</i>) chez le cerf de Virginie de l'est du Québec	203-206
CLEMENT, D. Ethnobotany of the Nitinaht Indians of Vancouver Island (N. J. Turner, J. Thomas, B. F. Carlson & R. T. Ogilvie)	459-460
CÔTÉ, Y., I. BABOS & J. A. ROBITAILLE. Caractéristiques scalimétriques des saumons du Koksoak (Ungava, Québec)	401-409
COUTURE, R. & R. SAVIGNAC. Première mention au Québec de l'écrevisse <i>Orconectes limosus</i> (Rafinesque)	211-212
DE LA NOÛE, J. Handbook of mariculture. Volume 1. Crustacean aquaculture (J. P. McVey)	216-217
DE LA NOÛE, J. (voir MORALES, J. & J. DE LA NOÛE)	331
DESHAYE, J. & M. BLONDEAU. La présence de <i>Carex rufina</i> Drejer au Québec	315-318
DICKSON, T. A. (voir GIBSON, R. J. & T. A. DICKSON)	175-191
DUCRUC, J.-P. (voir GAUTHIER, R. & J.-P. DUCRUC)	241-244
DUTIL, J.-D. & R. LALLIER. Testing bacterial infection as a factor involved in the mortality of catadromous eels (<i>Anguilla rostrata</i>) migrating down the St. Lawrence Estuary (Canada) ..	395-400
EIDT, D. C. & C. A. A. WEAVER. The fenitrothion and aminocarb content and the distribution of the aquatic plant <i>Ceratophyllum demersum</i> relative to forest spraying in New Brunswick and Nova Scotia	235-239
FILLION, J.-P. (voir CLAVEAU, R. & J.-P. FILLION)	203-206

FITCH, R. S. (voir GARBARY, D. J. & R. S. FITCH)	125-130
FITZGERALD, G. J. (voir WALSH, G. & G. J. FITZGERALD)	193-202
FITZGERALD, G. J. Coevolution (M. H. Nitecki, édit.)	332-333
GARBARY, D. J. & R. S. FITCH. Some brackish species of <i>Vaucheria</i> (Tribophyceae) from British Columbia and northern Washington	125-130
GAUTHIER, R. & J.-P. DUCRUC. Contribution à la connaissance des sphaignes (<i>Sphagnum</i>) du Québec-Labrador, 1. Première mention du <i>Sphagnum aongstroemii</i> C. Hartm. au Québec	241-244
GIBSON, R. J. & T. A. DICKSON. The effects of competition on the growth of juvenile Atlantic salmon	175-191
GIBSON, R. J., J.-P. THONNEY & K. HILLIER. An easterly extension in the known range for <i>Fundulus diaphanus</i> in Newfoundland	213-214
GIBSON, R. J., F. G. WHORISKEY, J.-Y. CHARETTE & M. WINSOR. The role of lakes in governing the invertebrate community and food of salmonids during the summer in a Québec boreal river	411-427
GIROUX, M. Effets d'application d'urée au sol et au feuillage sur le rendement, le poids spécifique et la nutrition azotée de la pomme de terre	157-166
GIROUX, M. & L. M. BORDELEAU. Effet du potassium et du magnésium sur la croissance et la nodulation de plantules de luzerne (<i>Medicago sativa</i> L.)	167-173
GUILBAULT, J.-P. (voir LORTIE, G. & J.-P. GUILBAULT)	297-310
HABER, E. Wildflowers of the Yukon and northwestern Canada. Including adjacent Alaska (J. G. Trelawny)	333-334
HILLIER, K. (voir GIBSON, R. J., J.-P. THONNEY & K. HILLIER)	213-214
HIMMELMAN, J. H. Urchin feeding and macroalgal distribution in Newfoundland, eastern Canada	337-348
HOOPER, R. G. & A. WHITTICK. The benthic marine algae of the Kaipokok Bay, Makkovik Bay and Big River Bay region of the central Labrador coast	131-138
IRELAND, R. R. <i>Anacamptodon splachnoides</i> in Canada	319-320
KARAM, A. & M. P. CESCAS. Adsorption du bore en relation avec le pH et les bases échangeables du sol	429-434
KELTON, L. A. Les punaises terrestres (Hétéroptères: Géocorisés) du Québec (A. Larochelle) ..	460
LACROIX, G. La pêche et les pêcheurs des provinces maritimes du Canada. Contribution à l'étude du sous-développement à l'intérieur d'un pays riche (J. Chaussade)	331-332
LACROIX, G. Carbon dioxide: friend or foe? (S. B. Idso)	334
LACROIX, G. Estuaries and the enclosed seas (B. H. Ketchum, édit.)	460-461
LALLIER, R. (voir DUTIL, J.-D. & R. LALLIER)	395-400
LEGENDRE, L. Application of ecological modelling in environmental management. Part A. Developments in environmental modelling (S. E. Jørgensen, édit.)	
Application of ecological modelling in environmental management. Part B. Developments in environmental modelling (S. E. Jørgensen & W. J. Mitsch, édit.)	215
LEVESQUE, C. & G.-Y. LEVESQUE. Abondance relative et activité saisonnière de Leiodidae et Staphylinidae (Coleoptera, Staphylinidae) de biotopes forestiers décidus des Laurentides (Québec)	229-233
LEVESQUE, G.-Y. (voir LEVESQUE, C. & G.-Y. LEVESQUE)	229-233
LORTIE, G. & J.-P. GUILBAULT. Les diatomées et les foraminifères de sédiments marins post-glaciaires du Bas-Saint-Laurent (Québec): une analyse comparée des assemblages	297-310
MITCHELL, E. (voir REEVES, R. R. & E. MITCHELL)	63-121
MORALES, J. & J. DE LA NOÛE. Acuicultura marina animal (J. Coll Morales)	331
MULLIGAN, G. A. Chromosome numbers of some plants native and naturalized in Canada	447-449
PARENT, L.-E. New trends in soil biology (P. Lebrun, H. M. André, A. De Medts, G. Grégoire-Wibo & G. Wauthy)	332
POMERLEAU, R. À propos du nom scientifique de l'orange américaine	329-330
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 1. Cocconeioideae (Achnanthesales, Achnantheaceae)	45-61
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 2. Tabellarioideae et Diatomoideae (Fragilariales, Fragilariaceae)	275-295
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 3. Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae)	349-367
POULIN, M. (voir CARDINAL, A., M. POULIN & L. BÉRARD-TERRIAULT)	369-394
POWELL, G. R. Forest cover on two watersheds of the Nashwaak Experimental Watershed Project in west-central New Brunswick	31-44
POWER, G. (voir RILEY, S. C., A. T. BIELAK & G. POWER)	219-228

RANDALL, R. G. First record of a pink salmon (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>) in the Miramichi River, New Brunswick	455-457
RAU, M. E. (voir BOUVRY, M., P. BRASSARD & M. E. RAU)	311-313
REDHEAD, S. A. Two fern-associated mushrooms, <i>Mycena lohwegii</i> and <i>M. pterigena</i> , in Canada	439-442
REEVES, R. R. & E. MITCHELL. Catch history and initial population of white whales (<i>Delphinapterus leucas</i>) in the river and gulf of St. Lawrence, eastern Canada	63-121
RILEY, S. C., A. T. BIELAK & G. POWER. The Atlantic salmon stock of the Grand Watshishou River (Québec) — a historical perspective	219-228
ROBITAILLE, J. A. (voir CÔTÉ, Y., I. BABOS & J. A. ROBITAILLE)	401-409
SABOURIN, A. Mise au point sur <i>Cardamine bulbosa</i> , une crucifère rare au Québec	321-323
ST-PIERRE, C.-A. Isozymes in plant genetics and breeding. Parts A and B (D. S. Tanksley & T. J. Orton, édit.)	217-218
SAVIGNAC, R. (Voir COUTURE, R. & R. SAVIGNAC)	211-212
THERRIEN, H.-P. Photoperception by plants (P. F. Wareing & H. Smith, édit.)	460
THONNEY, J.-P. (voir GIBSON, R. J., J.-P. THONNEY & K. HILLIER)	213-214
VINCENT, G. Analyse de la flore vasculaire d'un secteur de la réserve amérindienne de Caughnawaga (Québec)	139-155
WALSH, G. & G. J. FITZGERALD. Biais inhérents à l'analyse de l'alimentation des poissons. Cas de trois espèces d'épinoches (Gasterosteidae)	193-202
WEAVER, C.A.A. (voir EIDT, D. C. & C. A. A. WEAVER)	235-239
WHITTICK, A. (voir HOOPER, R. G. & A. WHITTICK)	131-138
WHORISKEY, F. G. (Voir GIBSON, R. J., F. G. WHORISKEY, J.-Y. CHARETTE & M. WINSOR)	411-427
WINSOR, M. (voir GIBSON, R. J., F. G. WHORISKEY, J.-Y. CHARETTE & M. WINSOR)	411-427

DIRECTIVES AUX AUTEURS

ORIENTATION DE LA REVUE

Le *Naturaliste canadien* (*Revue d'écologie et de systématique*) publie des articles inédits, rédigés en français ou en anglais, découlant de travaux de recherche en écologie fondamentale et appliquée, en systématique et dans certains domaines apparentés. Tout manuscrit soumis est l'objet d'une évaluation externe par des pairs.

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Les manuscrits, dactylographiés à double interligne sur le recto de feuilles de 21,5 × 28 cm, seront expédiés en quatre exemplaires à l'adresse suivante: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

Les éléments du manuscrit sont les suivants: (1) le titre, le nom de l'auteur, le nom et l'adresse de l'institution à laquelle appartient l'auteur; (2) un titre courant d'un maximum de 60 lettres et espaces; (3) un résumé français et un résumé anglais; (4) le texte; (5) sur des feuilles séparées, les tableaux (numérotés en chiffres romains) et les légendes des figures (numérotées en chiffres arabes).

TEXTE

La Direction de la revue recommande le plan suivant: résumé, *abstract*, introduction, matériel et méthodes, résultats, discussion, conclusion, remerciements et références bibliographiques.

On tiendra compte des remarques suivantes: (1) les caractères soulignés d'un trait simple sont composés en italique; (2) les notes inframarginales doivent être réduites à un strict minimum et numérotées consécutivement; (3) pour les unités de mesure, on doit utiliser le SI (système international d'unités).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Elles sont indiquées dans le texte par le nom de l'auteur et l'année de publication. Dans la liste, à la fin du manuscrit, elles sont citées par ordre alphabétique des noms d'auteurs, en s'inspirant de la présentation suivante:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des don-

nées écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 in M. L. Cody & J. M. Diamond (eds.), *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Les titres des périodiques doivent être abrégés selon «World List of Scientific Periodicals».

ILLUSTRATIONS

Les photographies doivent être tirées sur papier glacé et fortement contrastées. On regroupe, autant que possible, les photographies sur une même planche, en les collant sur un carton rigide, sans oublier de les numéroté proprement et lisiblement au coin droit. Quatre séries sont requises.

Les dessins doivent être faits à l'encre de Chine sur papier à dessin blanc. Le lettrage doit être fait à l'aide d'un appareil à dessin ou l'équivalent (mais non à la machine à écrire ou par l'imprimante d'un ordinateur). Il doit être suffisamment grand pour avoir, après la réduction finale, au moins 2 mm de hauteur. En plus de l'original, on est prié de fournir trois copies de chacun des graphiques.

Dans le cas des dessins et des photographies, bien tenir compte de leur réduction à un format ne dépassant pas 12,5 × 20 cm, légende comprise.

On présentera la liste des légendes sur une page séparée. On indiquera cependant à l'endos des photographies et des dessins le nom de l'auteur et le numéro de figure.

FRAIS

La revue n'impose aucune charge aux auteurs, mais elle invite ceux qui le peuvent à contribuer aux frais de publication.

Par ailleurs, la Direction de la revue limite ses frais de clichage à trois clichés par article. Les clichés additionnels, les hors-textes, les tableaux démesurés ou trop denses, de même que les corrections d'auteur, sont entièrement à la charge des auteurs.

TIRÉS À PART

La revue offre gracieusement vingt-cinq tirés à part de chaque article.

INFORMATION FOR CONTRIBUTORS

EDITORIAL POLICY

Are considered for publication in "*Le Naturaliste canadien*" (Revue d'écologie et de systématique) manuscripts in French or in English, based on *original research* in basic and applied ecology, systematics, and related sciences. Every manuscript will be subjected to normal reviewing process by external referees.

GENERAL PRACTICES

Manuscripts should be typewritten in *double* spacing throughout, on one side of bond paper 21.5 × 28 cm, and submitted *in four copies* to: LE NATURALISTE CANADIEN, Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4 (Canada).

The sequence of material should be: (1) title, author's name, author's affiliation and address; (2) a running head of no more than 60 letters and spaces; (3) a French and an English abstract; (4) the manuscript proper; (5) on separate pages, Tables (numbered consecutively in Roman numerals) and Figure captions (numbered consecutively in Arabic numerals).

MANUSCRIPT DETAILS

The arrangement of the contents should generally be as follows: *Résumé*, Abstract, Introduction, Materials and methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgments, and References.

In preparing copy please take the following remarks into account: (1) underscore only where italics are intended; (2) footnotes are to be avoided as far as possible, but if they must be used they should be numbered consecutively; (3) SI units should be used.

REFERENCES

Literature references in the text should be by author, followed by year of publication. All papers referred to in the manuscript should be listed alphabetically by first author, according to the following examples:

BOUCHARD, A. & P. F. MAYCOCK, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. — *Naturaliste can.*, 105: 383-415.

LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. — Masson, Paris & Les Presses de l'Université du Québec, Montréal, 197 p.

LEVINS, R., 1975. Evolution in communities near equilibrium. — Pages 16-50 in M. L. Cody & J.M. Diamond (eds.). *Ecology and evolution of communities*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 545 p.

Abbreviations for titles of periodicals should follow the "World List of Scientific Periodicals".

ILLUSTRATIONS

Prints of *photographs* should be made on glossy paper with a wide range in tone. They should be cropped, mounted with rubber cement on white cardboard, and clearly numbered at the right corner of each photograph. Four complete sets of photographs must be submitted.

Drawings should be made with black india ink on white drawing paper. All lettering should be made with a lettering system (but no part of it type-written nor computer-printed). All lettering must be sufficiently large to be at least 2 mm on final reproduction. One original and three clean copies of each drawing should be submitted.

Drawings and photographs must be made to a scale allowing reduction to an area not exceeding 12.5 × 20 cm inclusive of captions.

Captions should be typed in paragraph form on a separate page. Each illustration should be clearly labelled on the back, giving the name of the author and the figure number.

CHARGES

There is no systematic page charges, but any contribution toward cost of publication is welcomed.

The first three figures of each paper are free of charge. However, additional Figures, Tables or Figures requiring a fold-out leaf, broad or unusually dense Tables, as well as alterations in proof are fully charged to the author.

REPRINTS

Twenty-five reprints are offered free of charge.

CATLING, P. M.	Self-pollination and probable autogamy in Chamisso's orchid <i>Platanthera chorisiana</i> (Cham.) Reichb. f.	451-453
RANDALL, R. G.	First record of a pink salmon (<i>Oncorhynchus gorbuscha</i>) in the Miramichi River, New Brunswick	455-457

REVUE DES LIVRES

CLÉMENT, D.	Ethnobotany of the Nitinaht Indians of Vancouver Island (N. J. Turner, J. Thomas, B. F. Carlson & R. T. Ogilvie)	459-460
THERRIEN, H.-P.	Photoperception by plants (P. F. Wareing & H. Smith, édit.)	460
KELTON, L. A.	Les punaises terrestres (Hétéroptères: Géocorisés) du Québec (A. Laroche)	460
LACROIX, G.	Estuaries and the enclosed seas (B. H. Ketchum, édit.)	460-461

LIVRES REÇUS	463-465
---------------------------	---------

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME 111

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

SOUS PRESSE / IN PRESS

Volume 112, n° 1 (1985)

Sélection de travaux présentés au 2^e symposium sur l'océanographie de l'estuaire du Saint-Laurent

Selected papers presented at the 2nd symposium on the oceanography of the St. Lawrence Estuary

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 111

NUMÉRO 4

1984

HIMMELMAN, J. H. Urchin feeding and macroalgal distribution in Newfoundland, eastern Canada	337-348
POULIN, M., L. BÉRARD-TERRIAULT & A. CARDINAL Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec 3. Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae)	349-367
CARDINAL, A., M. POULIN & L. BÉRARD-TERRIAULT Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec 4. Naviculales, Naviculaceae (à l'exclusion des genres <i>Navicula</i> , <i>Donkinia</i> , <i>Gyrosigma</i> et <i>Pleurosigma</i>)	369-394
DUTIL, J.-D. & R. LALLIER Testing bacterial infection as a factor involved in the mortality of catadromous eels (<i>Anguilla rostrata</i>) migrating down the St. Lawrence Estuary (Canada)	395-400
CÔTÉ, Y., I. BABOS & J.A. ROBITAILLE Caractéristiques scalimétriques des saumons du Koksoak (Unvaga, Québec)	401-409
GIBSON, R. J., F. G. WHORISKEY, J.-Y. CHARETTE & M. WINSOR The role of lakes in governing the invertebrate community and food of salmonids during the summer in a Québec boreal river	411-427
KARAM, A. & M. P. CESCAS Adsorption du bore en relation avec le pH et les bases échangeables du sol	429-434
ALEXANDER, A. Potato production in the eastern coastal zone of New Brunswick: the significance of virus diseases	435-438
REDHEAD, S. A. Two fern-associated mushrooms, <i>Mycena lohwegii</i> and <i>M. pterigena</i> in Canada	439-442
COMMUNICATIONS BRÈVES	
CAYOJETTE, J. Variations mineures chez <i>Primula mistassinica</i> Michx. (Primulaceae)	443-445
MULLIGAN, G. A. Chromosome numbers of some plants native and naturalized in Canada.	447-449

(Suite au verso)
(Continued on inside back cover)