

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 110
NUMÉRO 1
1983

UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

Avril 1983

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 1983. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

**PERIPHYTON ACCUMULATION RATES IN FIVE
BOREAL FOREST RIVERS OF QUÉBEC¹**

R. J. NAIMAN

*Woods Hole Oceanographic Institution
Woods Hole, Massachusetts 02543, U.S.A.***Résumé**

Des mesures ont été faites aux rivières Moisie, Matamec, Pigou, Tortue et Manitou (Québec) dans le but d'évaluer la variabilité de production du périphyton durant la saison estivale, entre ces différentes rivières. Après avoir étudié quantitativement l'accumulation du périphyton sur des plaques de plexiglas, pour des périodes de trois semaines, il a été conclu que la variabilité dans les paramètres de production, entre les rivières, peut dépasser 100%, même pour les rivières dont les caractéristiques physiques et chimiques sont similaires. Les corrélations entre les paramètres biologiques et les variables physico-chimiques sont souvent significatives, mais sans cohérence entre les différents sites. La biomasse (chlorophylle en mg Chl *a*/m²) est significativement plus grande dans la rivière Matamec que dans les autres rivières, alors que la concentration en chlorophylle *a* par gramme de poids sec sans les cendres (mg Chl *a*/g AFDW) et le degré d'accumulation de la matière organique sont statistiquement similaires pour toutes ces rivières.

Abstract

Measurements were made in the Moisie, Matamec, Pigou, Tortue, and Manitou rivers (Québec) to assess river-to-river variability in summer periphyton production. By quantitatively examining periphyton accumulation on plexiglas plates over three-week periods, it was concluded that average river-to-river variability in production parameters may exceed 100% for rivers with apparently similar physical and chemical characteristics. Correlations between biological parameters and physico-chemical variables were often significant, but not consistent between sites. Of the five rivers, the standing crop of chlorophyll (mg Chl *a*/m²) is significantly greater in the Matamec River, while the concentration of chlorophyll *a* per gram ash-free-dry-weight (mg Chl *a*/g AFDW), and the accumulation rate of organic matter (g AFDW·m⁻²·d⁻¹) are statistically similar for all rivers.

Introduction

Within restricted regions considerable variation in riverine production may exist. Causes can be diverse, including site-specific geomorphological characteristics, nutrient dynamics, hydrological regimes or human modifications from the natural state. On the north shore of the Gulf of St. Lawrence (Québec), between Sept-Îles and Blanc Sablon, a distance of 680 km, there are more

than 50 major rivers draining completely pristine boreal forest watersheds. All these rivers possess similar hydrographic patterns, drain similar granitic terrain, flow in the same north-south orientation, and have a similar water chemistry (Power *et al.*, 1973; Williams & Williams, 1979). Although each river has its own particular character, as a group they appear remarkably uniform. Due to the remote location, they remain largely unstudied. As part of an investigation on aquatic metabolism and salmonid production in the eastern Québec (Naiman, in press; Naiman *et al.*, in prep.) several rivers were examined in the summer of 1979 to assess regional variations in indices of periphyton production.

¹ Contribution no. 5302 of the Woods Hole Oceanographic Institution and no. 63 of the Institution's Matamec Research Station.

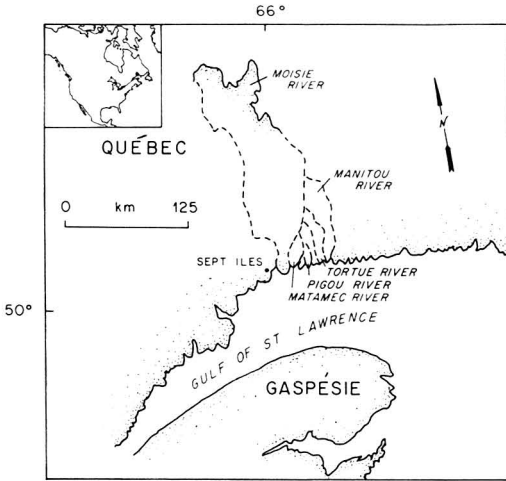


Figure 1. Map showing the location of rivers used in this study.

Study sites

The five rivers studied were: the Moisie, Matamec, Pigou, Tortue and Manitou. All flow over granitic rocks of the Precambrian Shield, have pristine terrestrial landscapes, and drain into the Gulf of St. Lawrence 20-70 km east of Sept-Îles, Québec (Fig. 1).

The rivers drain watersheds of 173 km² to 19,871 km², have mean widths of 25 to 209 m, and average annual discharges of 6 to 466 m³/s (Table I). Substrates for all streams are largely cemented cobble or gravel. These rivers have typically high concentrations of refractory dissolved organic carbon (up to 12 mg C/l); hydrogen ion concentrations normally range from pH 4.5 to 6.8, and all

have low buffering capacities (Table I). In every case the forest canopy is completely open and the gradient is < 0.5% in the reach chosen for placement of colonization plates.

Materials and methods

In June 1979, plexiglas plates with a surface area of 400 cm² were attached horizontally to leached concrete anchors, and five sets placed in each river. Placements were chosen so as to be as similar as possible from river-to-river with regard to depth, current speed, and light regime. The plates were divided by a groove into quadrates of 200 cm² each. At three-week intervals, until September, the plates were carefully removed from the water, and each quadrate scraped with a razor blade into a separate vial. Half the sample (200 cm²) was used for chlorophyll determination (APHA, 1971) while the other half was dried at 80°C, weighed, and ashed at 525°C for 2-4 h to determine organic content. Chlorophyll measurements were corrected for phaeophyton.

At the time of periphyton sampling water was collected, immediately frozen and later analysed for ammonia, nitrate, nitrite, total nitrogen, orthophosphate, total phosphate, and silica using standard methods outlined in Naiman (1980). Alkalinity and hydrogen ion concentration were determined at the time of collection by gran titration using a Coleman model 80 pH meter (Talling, 1973).

Data were subjected to correlation and analysis of variance (ANOVA) techniques described by Dixon & Massey (1969).

TABLE I

Some principal physical and chemical characteristics of the five study sites

Parameter	Moisie River	Matamec River	Pigou River	Tortue River	Manitou River
Stream order	9	6	5	6	7
Watershed area (km ²)	19,871	673	173	799	2662
Mean width (m)	209	52	25	59	91
Forest canopy development	Open	Open	Open	Open	Open
Mean annual discharge (m ³ /s)	466	14	6	23	65
Substrate	Cobble/Sand	Gravel/Cobble	Gravel	Gravel/Cobble	Cobble/Gravel
Alkalinity range (meq/l)	0.044-0.033	0-0.076	0	0	0
pH range	6.3-7.1	4.8-6.0	4.7-6.4	4.8-6.6	4.8-6.3

Results

NUTRIENTS

In general, nutrient concentrations were low and constant throughout the entire year for all streams (Naiman, 1980, in press; Fig. 2). Ammonia, total phosphorus and silica were generally < 0.02 mg/l, nitrate < 0.04 mg/l, nitrite < 0.004 mg/l, total nitrogen < 0.3 mg/l, and orthophosphate < 0.01 mg/l. Although the reasons are unclear, the only site differing slightly from the normal nutrient regime was the Moisie River (Fig. 2). In this instance, nitrate, total phosphorus, and silica were slightly more concentrated than at the other sites. The Manitou River had high nitrate concentrations but levels of other measured nutrients were similar to those found elsewhere.

PHYSICAL CHARACTERISTICS

Water temperature, depth, and current speed for each site vary in concert throughout the summer (Fig. 3). Temperatures ranged from $\sim 9^{\circ}\text{C}$ to 19°C , water depths from ~ 0.5 m to 2.0 m, and current velocity from ~ 0.25 m/s to nearly 1.0 m/s. Only the Moisie River occasionally departed from the common pattern. On two occasions, because of rising water a few days before sampling, the plexiglas plates were found at their original site of placement but at a depth of almost 2 m. They were immediately reset to depths used for the other rivers.

PERIPHYTON GROWTH

Periphyton production was accomplished by relatively few genera of microalgae and diatoms. *Tabellaria*, *Frustulia*, *Diatoma*, *Synedra*, and *Oscillatoria* were common. No attempt is made to examine community succession or differences in community structure between rivers; instead emphasis is placed on production indices.

The standing crop of periphyton chlorophyll was significantly greater in the Matamec River (ANOVA; $P < 0.05$), than was found in the other rivers. In the Matamec River, mean concentrations of up to 4.5 mg Chl *a*/m² were measured (Fig. 4). For the Moisie River, average concentrations remained at ~ 0.5 - 1.0 mg Chl *a*/m². Chlorophyll accumulations in the other rivers were nearly undetectable at most times.

The amount of chlorophyll associated with organic matter can be variable; therefore, the amount of chlorophyll per gram ash-

free-dry-weight (mg Chl *a*/g AFDW) was examined (Fig. 4). Again, the Matamec River had the highest concentration, especially on two occasions, with peak estimates of 3 to 6 mg Chl *a*/g AFDW. However, no statistically significant difference could be demonstrated (ANOVA; $P > 0.05$) between the Matamec and other rivers, despite the other sites having values mostly < 2 mg Chl *a*/g AFDW.

Organic matter amassed on plates consisted of viable periphyton as well as small amounts of detritus. Normally, water currents were sufficient to remove any loose detritus from the plates. Accumulation rates were similar in the Pigou, Moisie, and Matamec rivers, although the Moisie River exhibited considerable variation (Fig. 4). Accumulation rates for these rivers were mostly < 0.7 g AFDW \cdot m⁻² \cdot d⁻¹ but, on two occasions, the Moisie River approached 0.12 g AFDW \cdot m⁻² \cdot d⁻¹. The Tortue and Manitou rivers were always < 0.02 g AFDW \cdot m⁻² \cdot d⁻¹. Nevertheless, no significant differences between rivers could be demonstrated (ANOVA; $P > 0.05$).

CORRELATIONS

Depending upon the river, biological parameters correlated significantly with some of the physicochemical variables (Table II). However, relationships were not consistent across all rivers. In the Matamec River, chlorophyll standing crop was positively correlated with concentrations of ammonia and nitrite taken at the time of periphyton sampling, current speed, as well as depth, but negatively correlated with total-nitrogen. In this river, correlations between water velocity and the nitrogenous ions NH_4^+ and NO_2^- , ($r = 0.45$ and 0.62 , respectively), as well as depth and these ions ($r = 0.29$ and 0.48 , respectively), suggested that the previous significant correlations between velocity, depth and chlorophyll may not be causal. The accumulation rate of organic material in the Matamec River was also positively correlated with ammonia and nitrite, as well as silica, but negatively correlated with total-nitrogen.

In the remaining rivers, the chlorophyll standing crop and accumulation rates were correlated, both positively and negatively, with total-phosphorus, silica, depth, temperature, nitrite, and nitrate but without a consistent pattern between rivers (Table II). When data from all rivers were combined, the only significant relationship that emerged

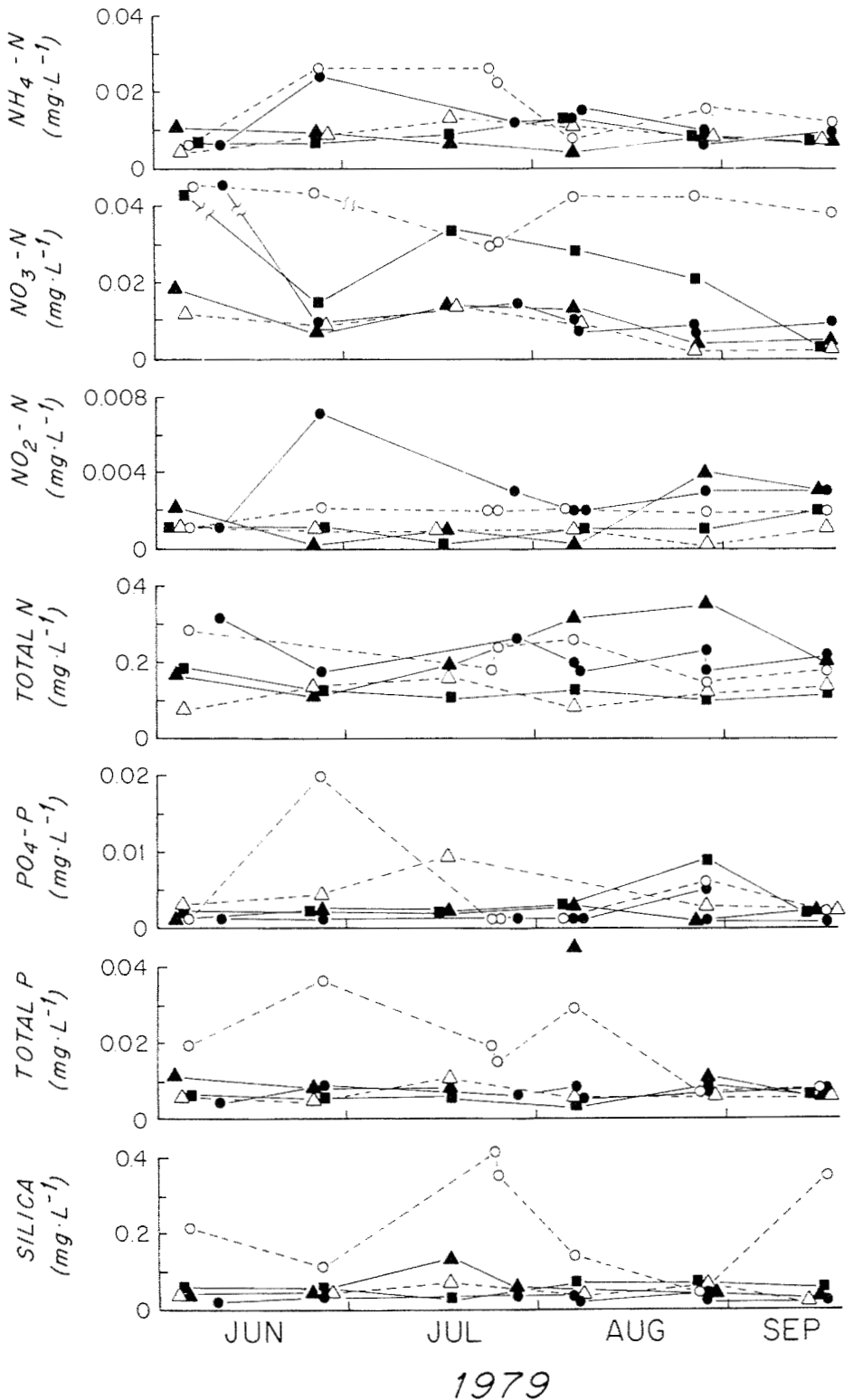


Figure 2. Nutrient concentrations in the Matamec (●), Moisie (○), Pigou (▲), Tortue (△), and Manitou (■) throughout the course of the summer are shown.

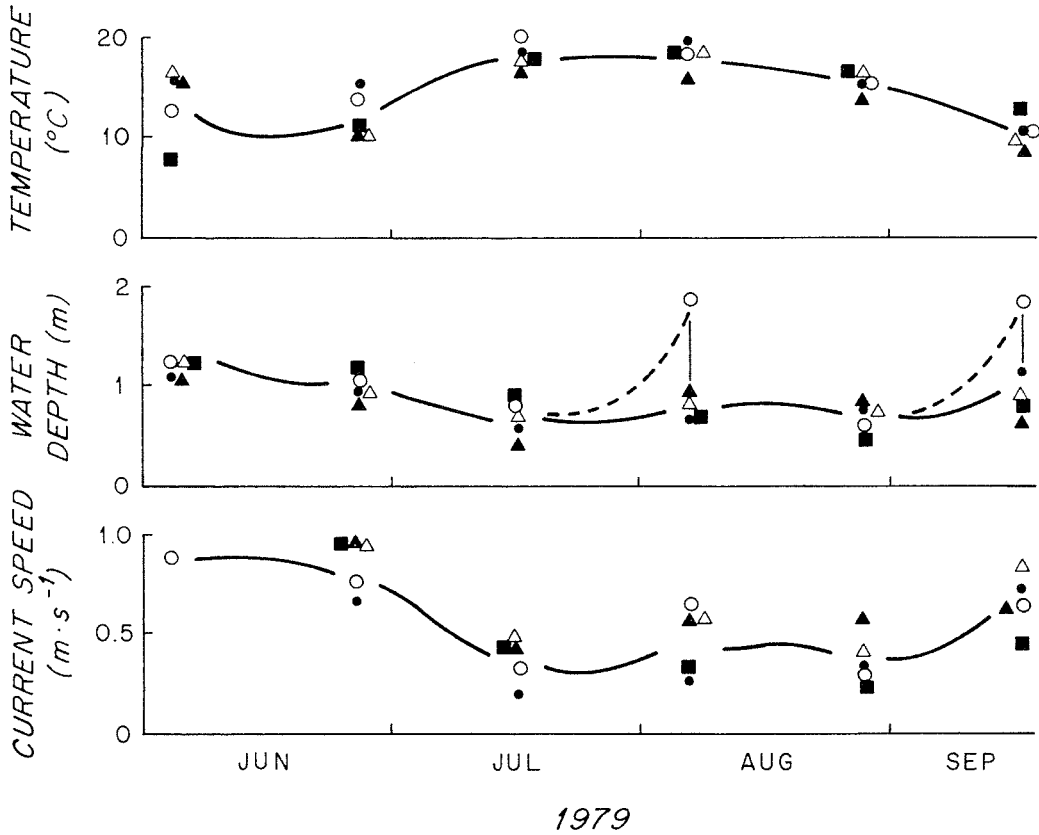


Figure 3. Water temperature, water depth, and current speed as measured at the time of periphyton sampling is shown for the experimental period. The key to rivers is given in Figure 2.

was between accumulation rate ($\text{g AFDW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) and silica concentrations. Nevertheless, in that case, silica could explain only 12% of the variation in the accumulation rate. Additionally, even though many biological parameters and physicochemical variables were significantly correlated, the slopes of some lines were slight (Table II).

Discussion

Since temperature, water depth, current speed and nutrients were similar for all sites, it is difficult to explain why the Matamec River had an average standing crop of chlorophyll ($\text{mg Chl } a/\text{m}^2$) at least three times that of the other rivers, and values of chlorophyll $a/\text{g AFDW}$ at least 2.5 times greater than the other sites (Table III). Nutrient concentrations do not seem to be a reliable explanation since nitrogen, phosphorus, and silica have the same seasonal pattern in all rivers, except for the Moisie River which was

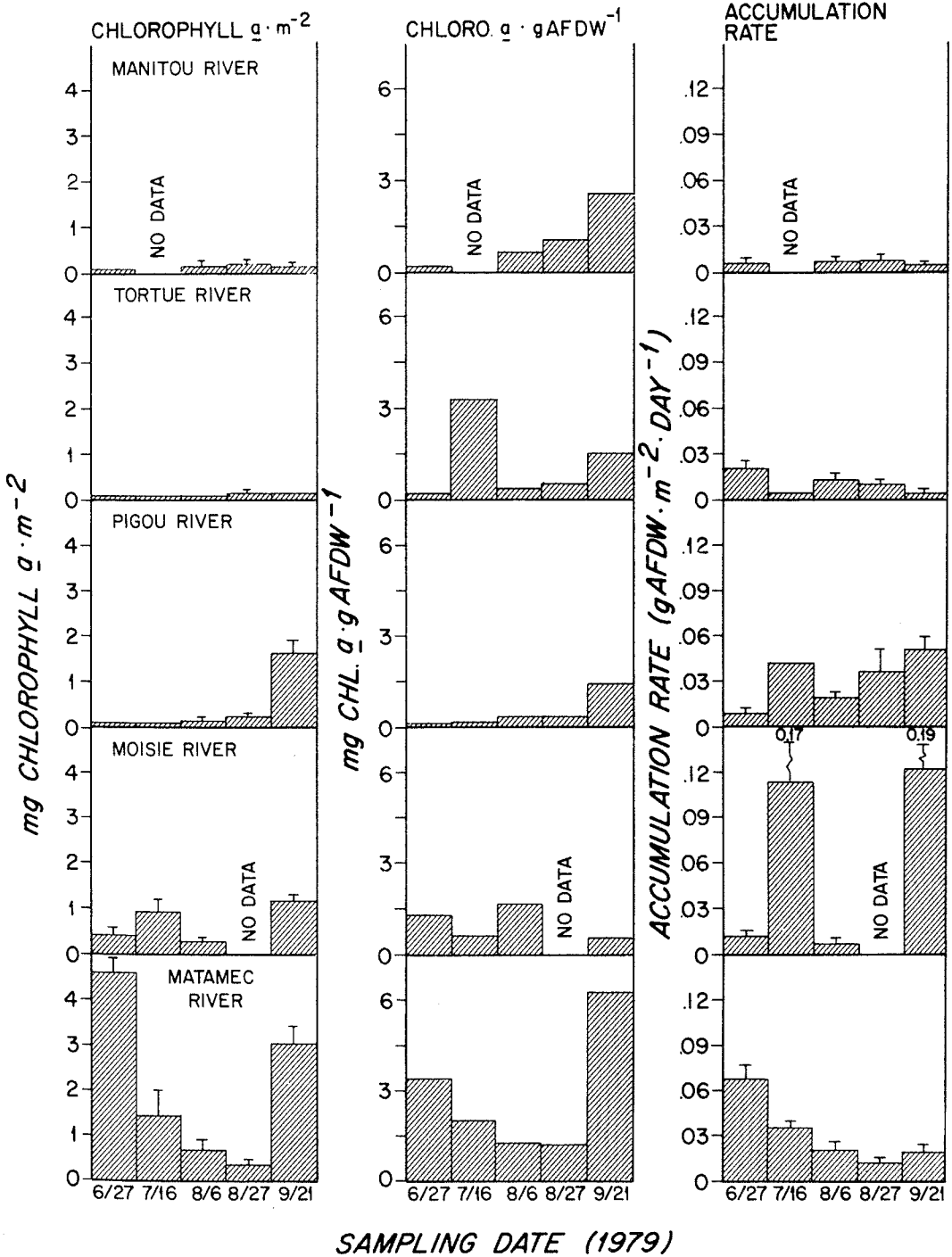
slightly higher. Although not measured here, the rate of nutrient cycling may eventually prove to be more important than concentrations (Newbold *et al.*, 1981). Ostrofsky & Duthie (1975a, b) found this to be true in Québec and Labrador lakes where nutrient concentrations are normally low, and cycling rates of phosphorus and standing crops of phytoplankton relatively high. Conceivably there could be significant differences in recycling rates between rivers due to the magnitude and nature of allochthonous inputs, channel geomorphology, grazing rates, or the character of in-stream retention devices (Naiman & Sedell, 1979).

The accumulation rate of organic matter was not especially large in any river, even though the Moisie River has a mean seasonal rate at least twice that of other rivers (Table III). However, the variability around that mean was large ($\text{CV} = 49\%$) and the mean accumulation rate was not significantly different from other sites ($\text{ANOVA}; P > 0.05$).

TABLE II

Significant correlations between biological parameters and physicochemical variables, with equations for the lines

<i>River</i>	<i>Biological parameter</i>	<i>Physicochemical and biological variables</i>	<i>Correlation coefficient (r)</i>	<i>Significance</i>	<i>Intercept</i>	<i>Slope</i>	<i>Sample size</i>
Matamec	Chl a/m ²	NH ₄	-0.71	<i>P</i> < 0.01	0.0099	0.002	24
	Chl a/m ²	NO ₂	0.78	<i>P</i> < 0.01	0.0021	0.001	24
	Chl a/m ²	Log (Tot-N)	-0.62	<i>P</i> < 0.01	-0.6268	-0.021	24
	Chl a/m ²	Current	0.74	<i>P</i> < 0.01	24.92	8.62	24
	Chl a/m ²	Depth	0.64	<i>P</i> < 0.01	63.92	6.67	24
	Chl a/m ²	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	0.63	<i>P</i> < 0.01			24
	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	NH ₄	0.81	<i>P</i> < 0.01	0.0082	0.184	24
	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	NO ₂	0.77	<i>P</i> < 0.01	0.0018	0.059	24
	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	Log (Tot-N)	-0.55	<i>P</i> < 0.01	-0.6225	-1.4909	24
g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	Si	0.68	<i>P</i> < 0.01	0.0228	0.1093	24	
Moisie	Chl a/m ²	Tot-P	-0.71	<i>P</i> < 0.01	0.0331	-0.0148	19
	Chl a/m ²	Log (Si)	0.70	<i>P</i> < 0.01	-0.8960	0.3282	19
Pigou	Chl a/m ²	Log (NO ₂)	-0.54	<i>P</i> < 0.01	-0.8666	-0.9727	21
	Chl a/m ²	Log (Temp)	-0.60	<i>P</i> < 0.01	1.1160	-0.0882	21
	Chl a/m ²	Depth	-0.55	<i>P</i> < 0.01	81.83	-11.41	21
	Chl a/m ²	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	0.54	<i>P</i> < 0.01			21
	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	Log (NO ₂)	-0.64	<i>P</i> < 0.01	-0.3495	-33.221	21
	Log (Chl a/g AFDW)	Log (Temp)	-0.55	<i>P</i> < 0.01	1.0478	-0.1423	21
Tortue	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	Log (Tot-P)	-0.60	<i>P</i> < 0.01	-2.132	-6.5333	25
Manitou	Log (g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹)	Log (NO ₃)	0.68	<i>P</i> < 0.01	-0.5997	0.4993	20
	Log (g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹)	NO ₂	-0.70	<i>P</i> < 0.01			20
All rivers	g AFDW m ⁻² ·d ⁻¹	Si	-0.34	<i>P</i> < 0.01	0.0739	-0.0034	109



SAMPLING DATE (1979)

Figure 4. The standing crop of chlorophyll, the amount of chlorophyll per g AFDW, and the accumulation rate of organic matter are shown for each collection date throughout the summer for each river.

TABLE III

Mean seasonal chlorophyll concentrations and accumulations of organic matter on the plexiglas plates are calculated for each river ($X \pm SE$)

Site	Chlorophyll (mg/m ²)	Chlorophyll (mg/g AFDW)	Accumulation rate (g AFDW·m ⁻² ·d ⁻¹)
Matamec River	2.04 ± 0.81	2.87 ± 0.93	0.031 ± 0.010
Moisie River	0.68 ± 0.22	0.95 ± 0.31	0.063 ± 0.031
Pigou River	0.39 ± 0.31	0.40 ± 0.28	0.031 ± 0.008
Tortue River	0.06 ± 0.02	1.15 ± 0.61	0.009 ± 0.004
Manitou River	0.07 ± 0.03	0.98 ± 0.54	0.005 ± 0.001

In the Moisie River, much of this material appeared to be detritus.

Standing crops of chlorophyll measured after three weeks of colonization were small compared to standing crops on natural substrate where the community has had longer to develop. Naiman (in press) found periphyton chlorophyll concentrations on natural rock substrate in the Matamec River ranging from 8 to 30 mg Chl *a*·m⁻² and in the Moisie River from 1 to 4 mg Chl *a*·m⁻². The standing crop of chlorophyll reported by Naiman (in press) for the Matamec River was similar to concentrations reported for salmonid streams elsewhere (Lyford & Gregory, 1975; Naiman & Sedell, 1980). Chlorophyll concentrations for the other sites are some of the lowest ever reported, especially for shallow and relatively clearwater rivers. The acidic nature and low alkalinity of these rivers are certainly factors affecting their overall productivity, but river-to-river variations in pH and alkalinity are insufficient to account for the differences observed in the standing crop of periphyton or the accumulation rate.

Light availability, although not measured in this study, is not a serious consideration in explaining the results. All sites have a completely open forest canopy, a similar north-south orientation in relation to the sun's pattern of movement, and > 1% of the photosynthetically available light reaches depths of almost 2 m (Naiman, in press).

One biological variable not measured was grazing pressure. Information on trophic preferences of invertebrate species in this region is sparse (Williams & Williams, 1979). Larval Simuliidae were occasionally found attached to the plates in all rivers. This family is generally characterized as filter feeders, although two genera are known to be scrapers (Peterson, 1978).

Results demonstrate that considerable river-to-river variation in indices of periphyton product do occur, even in waters with apparently similar physical and chemical characteristics. These results suggest that other factors, such as grazing or nutrient cycling, need to be examined in order to explain river-to-river variations. Nevertheless, it is interesting that, within a homogeneous region, wide levels of periphyton production will occur in apparently similar habitat. At the ecosystem level this variation may be important, especially when productivity of rivers draining major land masses are compared, and it may be especially significant when considering specific rivers for enhancement of salmonid fisheries.

Acknowledgments

I thank J. Critchley and F.G. Whoriskey for assistance with the sampling program, K. McDermid, D. Anderson, P. Hamilton and B. Peterson for helpful suggestions, and D. Steele for typing the manuscript. This work was supported by the Matamec Research Program of the Woods Hole Oceanographic Institution.

References

- APHA, 1971. Standard methods for the examination of water and waste-water. — American Public Health Association, Washington, D.C., 13th edition, 874 p.
- DIXON, W.J. & F.J. MASSEY, 1969. Introduction to statistical analysis. 3rd edition. — McGraw-Hill, 638 p.
- LYFORD, J.H. & S.V. GREGORY, 1975. The dynamics and structure of periphyton communities in three Cascade mountain streams. — Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol., 19: 1610-1616.
- NAIMAN, R.J., 1980. The Matamec annual report for 1979. — Woods Hole Ocean. Inst., Tech. Rept. no. 80-31, 270 p.

- NAIMAN, R.J. (in press). The annual pattern and spatial distribution of aquatic oxygen metabolism in boreal forest watersheds. — *Ecol. Monogr.*
- NAIMAN, R.J. & J.R. SEDELL, 1979. Benthic organic matter as a function of stream order in Oregon. — *Arch. Hydrobiol.*, 87: 404-422.
- NAIMAN, R.J. & J.R. SEDELL, 1980. Relationships between metabolic parameters and stream order in Oregon. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 37: 834-847.
- NEWBOLD, J.D., J.W. ELWOOD, R.V. O'NEILL & W. VAN WINKLE, 1981. Measuring nutrient spiralling in streams. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 38: 860-863.
- OSTROFSKY, M.L. & H.C. DUTHIE, 1975a. Primary productivity and phytoplankton of lakes on the eastern Canadian Shield. — *Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 19: 732-738.
- OSTROFSKY, M.L. & H.C. DUTHIE, 1975b. Primary productivity, phytoplankton, and limiting nutrient factors in Labrador lakes. — *Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 60: 145-158.
- PETERSON, B.V., 1978. Simuliidae. — Pages 331-344 in R.W. Merritt & K.W. Cummins (eds.). *An introduction to the aquatic insects of North America.* Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa, 441 p.
- POWER, G., R.E. POPE, & B.W. COAD, 1973. Postglacial colonization of the Matamec River by fishes. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 30: 1586-1589.
- TALLING, J.F., 1973. The application of some electrochemical methods to the measurement of photosynthesis and respiration in fresh waters. — *Freshwat. Biol.*, 3: 335-362.
- WILLIAMS, N.E. & D.D. WILLIAMS, 1979. Distribution and feeding records of the caddisflies (Trichoptera) of the Matamec River region, Québec. — *Can. J. Zool.*, 57: 2402-2412.

DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE D'UN ESTRAN À SPARTINES (KAMOURASKA, QUÉBEC)

J.-B. SÉRODES et M. DUBÉ

*Département de génie civil et
Centre de recherches sur l'eau
Université Laval, Québec G1K 7P4*

Résumé

La dynamique sédimentaire d'un estran à spartines situé à Kamouraska (Québec) sur la rive sud de l'estuaire moyen du Saint-Laurent, a été étudiée sur un cycle annuel à l'aide de plaques horizontales et de tiges verticales visitées périodiquement. La légère érosion de la slikke qui se produit entre mai et novembre, est compensée en hiver par une sédimentation sous le champ de glace, ce qui indique que les estrans sont sensiblement en équilibre. Ces résultats sont confirmés par les analyses géochimiques des sédiments de la slikke et des carottages sur le schorre. Les vents du nord-est sont parmi les facteurs qui influencent le plus les processus sédimentologiques. Ils provoquent une forte remise en suspension des sédiments, amplifient les courants de marée lors du remplissage et changent la direction de la vidange des estrans, élargissant ainsi considérablement la bande d'eau turbide qui baigne normalement ces derniers. Ces particularités tendent à éroder les parties linéaires du rivage en faveur du centre-ouest des baies en spirale faisant face à l'est et se développant à l'abri de têtes rocheuses.

Abstract

The sedimentological cycle of a tidal flat of the south shore of the St. Lawrence middle estuary was studied in the region of Kamouraska (Québec), using horizontal plates and vertical stakes visited periodically. A light erosion of the bare part of the flat occurs from May to November which is compensated by an accretion during winter under the ice cover. The intertidal zone has reached an equilibrium and this is confirmed by geochemical analysis of the sediments of the mudflat and of cores taken on the upper part of the tidal flat. Winds from north-east are the most important factor affecting the sedimentological cycle. They cause an intense resuspension of the bottom sediments, increase flood tide currents, and finally modify the direction of ebb tide currents. This results in a widening of the turbid water band covering normally the tidal flats. The linear portions of the shore tend to be eroded and the material carried towards the central and western parts of headland bays facing east.

Introduction

Les zones intertidales ou estrans, c'est-à-dire les zones recouvertes par la marée haute puis découvertes à marée basse, de par leur situation de transition entre les milieux aquatique et terrestre, sont parmi les écosystèmes les plus productifs (Odum, 1976). Dans le cas de l'estuaire du Saint-Laurent, on retrouve des estrans d'eau douce jusqu'à l'aval de l'île d'Orléans, puis des estrans d'eau salée en particulier le long de la côte sud. Compte tenu des marnages importants qu'on rencontre entre Québec et Rivière-du-Loup (Godin, 1979), les estrans y sont générale-

ment étendus et particulièrement dans la région de Kamouraska.

Cette région située à une distance de 150 km à l'est de Québec (fig. 1) est baignée par des eaux assez salées (18 à 22‰) et se trouve à la limite aval de la zone de turbidité maximum (Sérodès, 1975; d'Anglejan, 1981).

Des recherches sur les estrans salés sont menées depuis longtemps, surtout en ce qui concerne la production primaire et la sédimentation intertidale. Sur ce dernier aspect, on peut citer les travaux de Ranwell (1964) en Grande-Bretagne, de Verger (1968) en France et aux États-Unis les travaux, entre

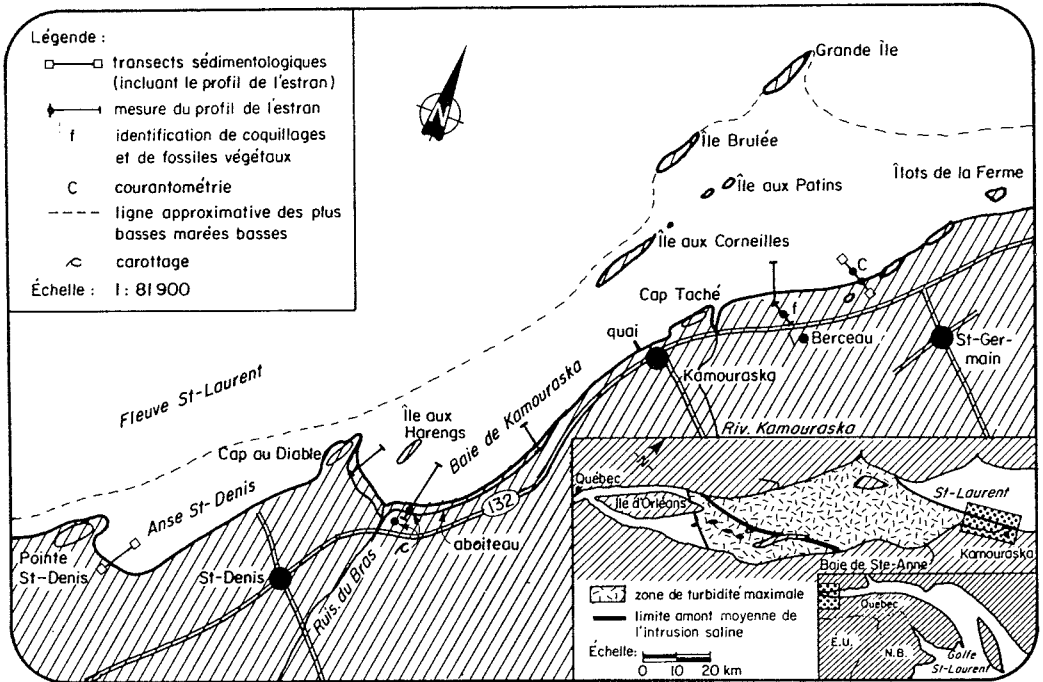


Figure 1. Localisation des sites d'étude.

autres, de Bartberger (1976), de Flessa *et al.* (1977), de Harrison & Bloom (1977), de Richard (1978) et de Letzsch & Frey (1980). Au Québec, on possède peu de données quantitatives sur la sédimentation intertidale en eau salée, sauf les évaluations de Sérodes (1980) et Dionne (1981a). Par contre, la circulation estuarienne et la distribution de la matière en suspension dans la zone de turbidité maximale sont mieux connues et ont été décrites récemment par Silverberg & Sundby (1979), d'Anglejan (1981) et d'Anglejan *et al.* (1981). Enfin, l'action des glaces sur le littoral a été précisée par Dionne (1973, 1981a, b et c) et Allard & Champagne (1980).

Les travaux qui font l'objet du présent article ont été entrepris afin de décrire le cycle sédimentologique annuel des estrans situés dans les zones estuariennes de salinités moyennes, dans le contexte climatique nordique où les glaces occupent les estrans durant plusieurs mois. Les études ont été réalisées dans la région comprise entre Saint-Denis et Saint-Germain-de-Kamouraska. La côte de Kamouraska se caractérise par des crêtes de quartzite disposées en échelons décalés (Martineau, 1977). Ces crêtes, qui forment les caps, pointes et îles de la côte donnent des portions de rive relativement droites et rocheuses. Les portions de côte

qui ne sont pas rocheuses sont généralement en pente douce et sont recouvertes de plantes halophytes où domine, dans la portion inférieure, *Spartina alterniflora*. Notons d'ailleurs que Kamouraska est un mot algonquin qui signifie: «où il y a des joncs au bord de l'eau» (Paradis, 1948). Les portions de côte avec végétation, de tracé plus arrondi, servent de lien entre les crêtes rocheuses et tendent ainsi à régulariser le rivage. Entre les affleurements rocheux, le substratum est constitué partout de dépôts d'argile marine qui forment de vastes terrasses et donnent de grands estrans à marée basse.

En plus de suivre l'accumulation ou l'érosion des sédiments, on s'est efforcé d'évaluer l'importance relative des divers facteurs (morphologie de l'estran, courants de marée, vents, glace, végétation) qui contrôlent la dynamique sédimentaire. À partir de ces résultats et en s'appuyant également sur des analyses géochimiques et géochronologiques, nous analysons l'évolution actuelle de cette zone littorale de l'estuaire moyen du Saint-Laurent.

Matériel et méthodes

Deux sites furent retenus pour suivre la sédimentation intertidale entre mai 1981 et

mai 1982: l'anse Saint-Denis et le littoral devant Saint-Germain-de-Kamouraska (fig. 1). Ils sont représentatifs d'une baie protégée faisant face à l'est et d'une section de côte plus exposée aux vagues. D'autre part, on n'y retrouve pas de digues construites sur le haut estran (aboiteaux), contrairement à la baie de Kamouraska où ont été érigées récemment de telles structures, afin de soustraire les terres aux plus hautes marées hautes.

Les méthodes déjà utilisées pour le suivi de la sédimentation intertidale se regroupent en deux catégories selon le type de repère utilisé: des repères verticaux comme des tiges de faible diamètre ou des repères horizontaux comme des plaques ou des lits constitués de matériaux se différenciant facilement du substrat avoisinant. Ainsi Ranwell (1964) et Sérodes (1980) ont utilisé respectivement des tiges de bambou et d'aluminium. Dans le cas des repères horizontaux, Ranwell (1964) utilisa une couche de charbon; Verger (1968), une couche de sable; Harrison & Bloom (1977), puis Richard (1978), une couche de fragments d'aluminium et enfin Letzsch & Frey (1980), une couche de plastique coulée sur le sol. Nous avons utilisé une combinaison de ces deux types de repères, inspirée de celle de Troude *et al.* (1981). Les jauges sédimentologiques sont constituées d'une plaque carrée d'aluminium de 10 cm de côté installée horizontalement sur un poteau enfoncé d'environ 30 cm dans le sol; de chaque côté de la plaque, deux tiges d'aluminium de 5 mm de diamètre complètent le système. Le diamètre des tiges a été choisi le plus petit possible pour éviter autour de la tige une érosion en forme d'entonnoir qui rend les mesures moins précises. Les plaques sont posées au niveau du sol le jour de l'installation et les tiges dépassent de 15 cm à la même date pour permettre un meilleur repérage visuel lors des visites.

À l'anse Saint-Denis, quinze jauges ont été installées sur un transect de 920 m dont deux dans la végétation et le reste dans la partie inférieure sans végétation; elles ont été installées le 8 mai 1981. À Saint-Germain, le transect d'une longueur de 800 m comportait également 15 jauges, dont une dans la végétation et les autres dans la partie sans végétation; elles ont été installées le 26 mai 1981. Les deux transects ont été visités jusqu'en décembre à une fréquence moyenne de trois semaines.

Cette méthode des plaques et tiges n'est pas utilisable pour suivre la sédimentation durant l'hiver, car l'ensemble des estrans est recouvert de glace. À marée basse, ce couvert repose sur le sol et il perturbe tiges et plaques. Nous avons donc utilisé la technique du lit marqueur pour juger de l'activité sédimentologique durant la période de glace. Deux couches superposées de sable de silice d'une épaisseur de 0,5 cm et d'une dimension de 1 m sur 2 m, l'une à la surface de l'estran et l'autre à 8 cm sous la surface ont été placées à la fin novembre 1981 à 50 m au large de la végétation sur le transect de Saint-Germain. La couche inférieure permet d'obtenir des informations dans le cas où au lieu d'une sédimentation, une érosion de l'estran se produirait à cet endroit.

En plus des deux transects sédimentologiques, trois lignes dans la baie de Kamouraska et une près du Berceau de Kamouraska furent arpentées pour déterminer les profils transversaux de l'estran à ces sites. Nous avons utilisé un théodolite Wild avec un mesureur intégré des distances opérant dans l'infra-rouge. Les élévations furent toutes rattachées au réseau de repères géodésiques situé principalement sur les routes provinciales.

D'autre part, sur le transect de Saint-Germain, nous avons mesuré lors de chaque visite, la hauteur de l'eau sur une des jauges dont l'altitude géodésique a été déterminée lors de l'arpentage. En notant l'heure de cette mesure, on peut la comparer avec les niveaux marégraphiques prédits selon les tables de marée à Pointe-au-Père. Cette comparaison a servi à établir une correspondance entre les niveaux géodésique et marégraphique de l'eau.

Les courants de remplissage et de vidange furent mesurés à trois positions sur le transect sédimentologique de Saint-Germain avec des courantomètres Aanderaa (R.C.M.4). En juillet, les mesures furent faites sur un cycle de marée, soit le 17 de 0 h à 9 h, à 115 m et 550 m au large de la fin de la végétation, par une nuit sans vent. En septembre, les mesures furent faites sur quatre cycles de marée consécutifs, soit de 16 h le 3 septembre à 13 h le 5, à 3 m et 550 m de la fin de la végétation, avec un vent du nord-est moyen de 20 km/h.

Les différents capteurs des courantomètres étant placés à 70 cm de la surface du sol, nous ne mesurons donc pas le début du remplissage et la fin de la vidange

de l'estran. Les données enregistrées à toutes les 30 secondes en juillet et à toutes les minutes en septembre comprennent la direction et la vitesse des courants ainsi que la salinité et la profondeur de l'eau. Notons que les données de profondeur d'eau sont inutilisables parce que les courantomètres, étant conçus pour opérer à des profondeurs plus grandes, donnent des enregistrements non fiables. Les vitesses résultantes pour les portions de flot et de jusant mesurées ont été calculées en choisissant comme étale de marée haute, le moment où les courants changent de direction.

La teneur en solides en suspension des eaux recouvrant l'estran de Saint-Germain fut déterminée sur des échantillons prélevés à toutes les demi-heures à 15 cm sous la surface et conservés dans des bouteilles de 1 litre en polyéthylène. Ces échantillons étaient ensuite filtrés sur un papier filtre de porosité 0,45 μm .

Dans le but d'étudier l'évolution récente du littoral, trois carottes d'un diamètre de 7,5 cm et d'une longueur moyenne de 1,5 m ont été prélevées dans la partie en végétation de l'estran de la baie de Kamouraska. À l'aide d'un carottier à piston stationnaire, deux carottages furent effectués respectivement à 50 m et à 170 m en haut de la limite inférieure de la végétation et un troisième sur le haut estran à 500 m de cette limite (fig. 1). Près du Berceau de Kamouraska, sur le haut estran, des petits coquillages et des débris végétaux furent prélevés dans une tranche de sol comprise entre 40 et 60 cm de profondeur, et identifiés.

Enfin, les analyses qualitatives sur les sédiments d'estran ont consisté d'abord en une détermination du pourcentage de particules fines (diamètre $< 75 \mu\text{m}$) par tamisage (norme ASTM: tamis 200). Cette séparation en deux fractions fut effectuée sur trois séries d'échantillons prélevés le 8 mai, le 30 juillet puis le 11 novembre sur toute la longueur des transects. Les teneurs totales en carbone, azote, cuivre, zinc, plomb, manganèse et césium-137 ont également été déterminées sur les échantillons bruts à l'aide d'un analyseur CHN, HP 185 pour le carbone et l'azote, tandis que le cuivre, le zinc, le plomb et le manganèse ont été déterminés par absorption atomique après digestion nitrique des échantillons. Le césium-137 fut mesuré à l'aide d'un compteur gamma à iodure de sodium.

Résultats et discussion

REPÉRAGE DES POSITIONS SUR L'ESTRAN

Les milieux intertidaux sont des zones de transition entre les milieux terrestre et marin, d'où la confusion des systèmes utilisés pour les repérages des niveaux altimétriques et des distances horizontales. En effet, sur terre on utilise les niveaux géodésiques et sur l'eau, on utilise les niveaux marégraphiques.

Pour cette étude, nous avons calculé la correspondance entre les deux systèmes de repérage afin de pouvoir passer facilement de l'un à l'autre. D'abord, nous avons calculé les niveaux marégraphiques à Saint-Germain en utilisant les niveaux mesurés à Pointeau-Père. À ces hauteurs marégraphiques, nous avons comparé les élévations géodésiques du niveau de l'eau mesurées sur le terrain. Cette comparaison a permis d'obtenir une première correspondance entre les niveaux géodésiques et marégraphiques, soit une différence de 2,75 m. Nous avons également calculé la correspondance entre le zéro des cartes marines et le niveau de la référence géodésique internationale des Grands Lacs (R.I.G.L.) à partir des valeurs disponibles pour les ports du Saint-Laurent. Cette valeur diffère d'un point à l'autre de l'Estuaire : à Rivière-du-Loup, la valeur est de 2,65 m; à Lauzon, elle vaut 2,05 m et pour Saint-Germain, 2,73 m. Le zéro géodésique situé à 2,73 m au-dessus du zéro marégraphique, correspond à la limite inférieure de la végétation. Nous utilisons ce point pour compter les distances horizontales sur les estrans. Le comptage est positif vers le large, dans la zone sans végétation appelée slikke ou bas estran; de même il est négatif vers l'intérieur des terres, dans la zone de végétation halophyte, appelée schorre ou haut estran. En plus du système de repérage géodésique ou marégraphique, on peut repérer tout point de l'estran situé entre la plus haute marée haute et la plus basse marée basse en calculant le temps durant lequel ce point sera sous l'eau, c'est-à-dire son temps de submersion. On calcule d'abord, au point donné, le nombre de marées hautes ou basses qui le submergent au cours d'une période donnée. On calcule ensuite le temps de submersion pour chaque marée en supposant une onde de marée de forme sinusoidale peu déformée. Le temps de submersion total est la somme de ces temps partiels de submersion. L'onde de marée est déformée différemment selon la position dans l'Estuaire et elle subit en plus une défor-

mation à cause du frottement sur l'estran. Il n'est pas possible de faire intervenir cette dernière influence dans les calculs puisqu'elle n'est pas connue. Quant à la déformation dans l'Estuaire, elle affecte surtout le rapport entre la durée du flot et du jusant et beaucoup moins la durée totale de la submersion en un point donné. De plus, les calculs effectués pour une année entière ou pour les neuf mois sans glace diffèrent très peu. La figure 2 présente la courbe des temps de submersion en fonction des élévations géodésiques pour le transect de Saint-Germain. On y remarque que le zéro géodésique est submergé 50% du temps et est donc situé au niveau moyen de la mer.

BILAN SÉDIMENTOLOGIQUE ANNUEL

Les données d'érosion ou de sédimentation provenant des tiges et des plaques formant les jauges sédimentologiques ont été comparées entre elles avant d'établir des bilans. À l'anse Saint-Denis, on note une certaine correspondance entre les taux de sédimentation mesurés par les tiges et les plaques, tandis que pour le transect de Saint-Germain il n'y a pas de relation. D'après Ranwell (1964), les mesures faites avec des tiges de bambou sont comparables aux mesures provenant d'une couche repère consti-

tuée de poussière de charbon. C'est ce que nous observons à l'anse Saint-Denis, qui est un milieu assez protégé. À Saint-Germain, le site est très exposé, comme en témoigne la grande quantité d'algues benthiques dérivantes qu'on peut y observer à marée basse. Les tiges ont tendance à retenir ces grandes algues brunes, ce qui entraîne des mesures erronées. Nous n'avons retenu pour cette étude que les mesures sur les plaques. Notons cependant que les tiges sont indispensables pour repérer les plaques sur le terrain.

À l'anse Saint-Denis, on observe entre le 8 mai et le 26 novembre un bilan sédimentologique nul de 0 à 480 mètres sur la slikke et un bilan négatif pour la portion la plus au large du transect, de 480 à 830 m (fig. 3). L'érosion qui se produit durant l'été dans cette anse tend à se combler après le 15 octobre. Globalement, on obtient pour tout le transect une érosion moyenne de 9 mm. À Saint-Germain, on observe, entre le 26 mai et le 12 décembre, une érosion nette à presque toutes les jauges. Cette érosion qui a débuté dès l'installation des jauges s'est accentuée à partir de la fin d'octobre (fig. 4). Globalement, on obtient pour tout le transect une érosion moyenne de 16 mm. Des accumulations intermittentes de sédi-

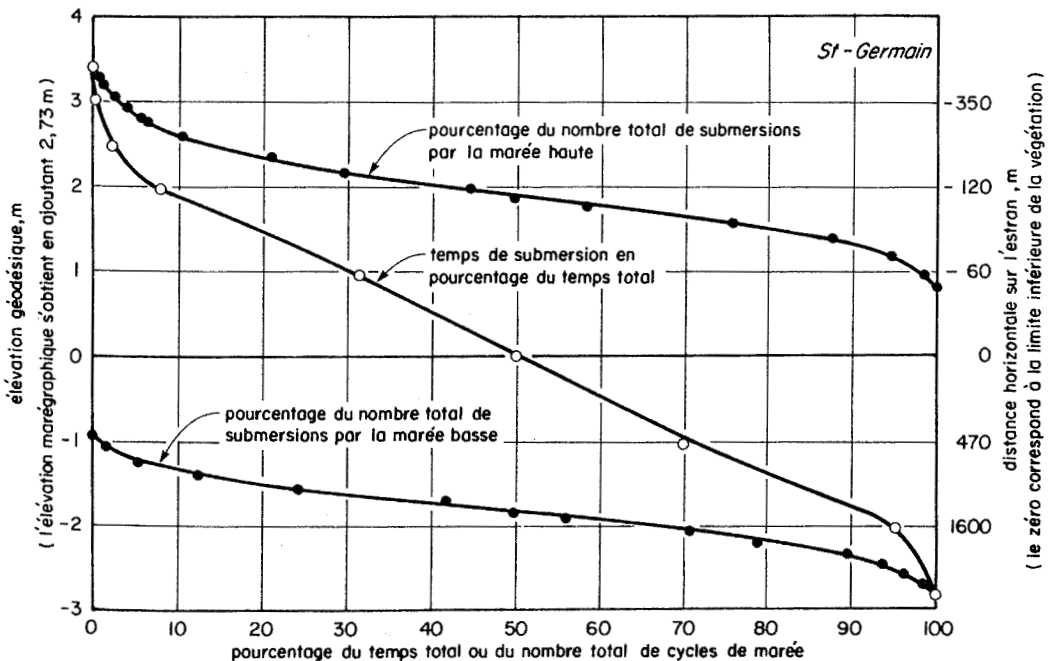


Figure 2. Caractéristiques des marées et des temps de submersion sur l'estran de Saint-Germain-de-Kamouraska (15 avril-15 décembre 1981 : 472 cycles ou 5850 h).

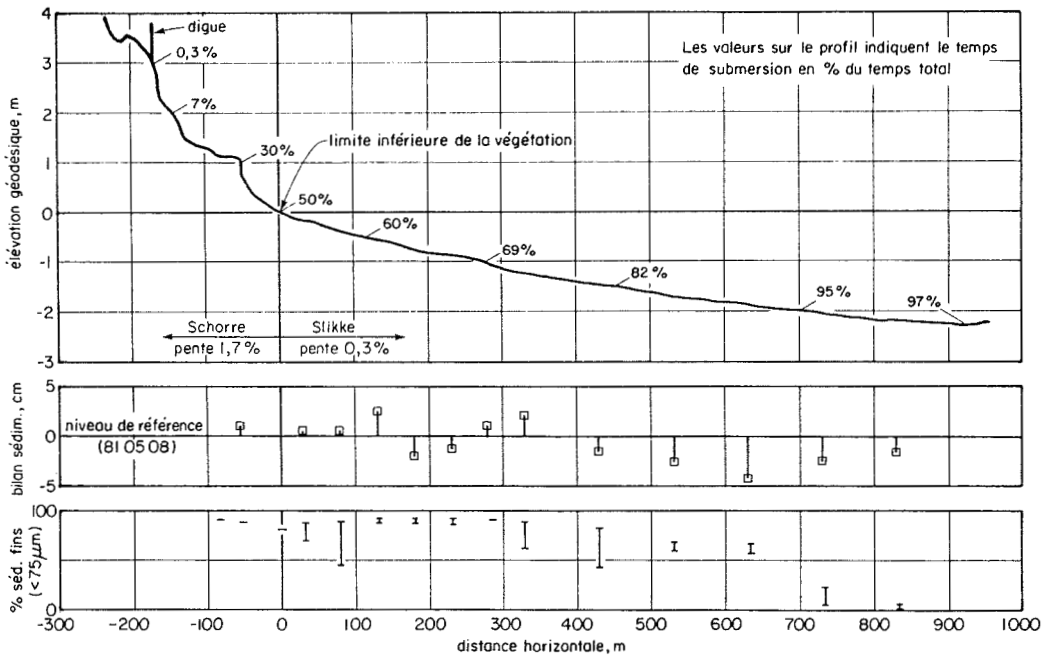


Figure 3. Profil de l'estran de l'anse Saint-Denis; bilan sédimentologique (12 mai-26 novembre 1981) et pourcentage de sédiments fins (< 75 µm).

ments se sont cependant produites quelques fois durant l'automne, notamment le 15 octobre, sans qu'il soit possible de découvrir la raison de ces dépôts très temporaires.

Deux faits se dégagent de ces observations. On note d'abord la coïncidence de l'érosion accentuée à Saint-Germain à la fin d'octobre, avec une sédimentation à l'anse Saint-Denis. De plus l'érosion observée sur ces estrans ne peut se répéter à chaque année sans épuiser rapidement la faible épaisseur de sédiments (de 2 à 15 cm) recouvrant l'argile marine. Si l'érosion constatée entre mai et novembre 1981 n'est pas un phénomène récent ou épisodique, on doit supposer qu'un apport durant la période avec glace compense les pertes estivales.

Durant l'hiver 1981-1982, l'estran de Saint-Germain a été couvert par un champ de glace (ou pied de glace, selon Dionne, 1973) d'une épaisseur d'environ 1 mètre, du début de janvier au 26 mars 1982, soit durant trois mois. Lors d'une visite le 12 mars, des bancs de sable bien trié de forme triangulaire se trouvaient juste devant le champ de glace au large, aux endroits où arrivait de l'eau de drainage provenant de l'amont sous le champ de glace. Le 29 mars 1982, après le départ de la glace, nous avons observé sur le transect de Saint-Germain une accumula-

tion de sédiments très fins d'une épaisseur pouvant atteindre 10 cm par endroit. Ce dépôt était très inégal, épousant fort probablement les irrégularités que le dessous du champ de glace impose à l'estran lorsqu'il y repose à marée basse. Ce dépôt se trouvait surtout près de la végétation sur le premier 100 m de slikke. Plus bas sur l'estran, l'accumulation devenait beaucoup plus faible, voire nulle. Le 29 avril, le dépôt de sédiments fins était toujours présent, mais il avait été remanié, les inégalités étant beaucoup plus faibles. Une épaisseur de 3 cm était alors présente au-dessus de la première couche de sable du repère installé à la fin de novembre. Durant le mois de mai, ce dépôt a continué à s'éroder graduellement et au début de juin, seuls les premiers 50 m de slikke conservaient encore 1 à 2 cm de sédiments déposés au cours de l'hiver.

À la lumière de ces observations, il semble que les estrans de ce secteur soient à peu près en équilibre, c'est-à-dire que l'érosion entre mai et décembre soit compensée par une sédimentation sous le couvert de glace l'hiver. D'autres indications de l'équilibre actuel du cycle sédimentologique sont fournies par la détermination du pourcentage de sédiments fins et par l'analyse chimique des sédiments de la slikke. En un point donné,

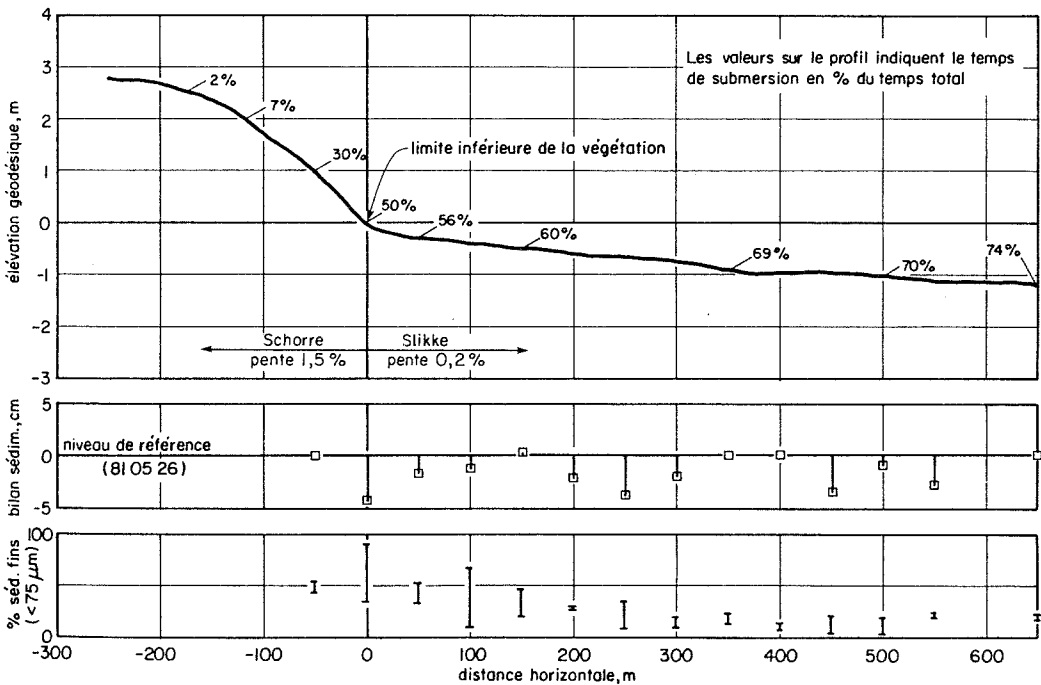


Figure 4. Profil de l'estran de Saint-Germain; bilan sédimentologique (26 mai-12 décembre 1981) et pourcentage de sédiments fins (< 75 μm).

les variations dans la proportion de sédiments fins (fig. 3 et 4) entre mai, juillet et novembre ne sont pas directement reliées aux épisodes d'érosion ou de sédimentation. Localement, il n'y a donc pas de triage des sédiments de l'estran, toutes les particules décantant ou étant érodées indistinctement.

Les caractéristiques chimiques de l'estran de Saint-Germain (tableau I) varient proportionnellement au pourcentage de particules fines et ne présentent pas de gradient de la rive vers le large. Aucun échantillon ne renferme de césium-137 ce qui confirme qu'à la date du prélèvement, le 30 juillet, l'estran est en érosion et ne contient aucune particule récente (déposée depuis moins de 30 ans) provenant des suspensoïdes véhiculés par le Saint-Laurent (Sérodés, 1975). D'ailleurs, ces sédiments ont des caractéristiques très différentes de la boue qui se dépose occasionnellement sur l'estran durant l'automne ou durant l'hiver sous la glace (tableau I, a et b). Dans ces deux cas, on retrouve du césium-137, ce qui confirme l'origine fluviale de ces matériaux et leur dépôt très récent. La concentration en césium est inférieure à celle qu'on retrouve dans les suspensoïdes prélevés l'été au large de

Kamouraska (Sérodés & Roy, sous presse; tableau I,e) et il en est de même pour les autres éléments chimiques (c et d). Il semblerait donc y avoir une certaine dilution des suspensoïdes fluviaux par des matériaux anciens provenant de l'érosion des berges et estrans de l'estuaire.

Facteurs affectant la sédimentation

MORPHOLOGIE

La pente des estrans est un premier facteur qui peut influencer la sédimentation. En effet, la pente et le marnage déterminent l'étendue des estrans, influençant les courants de marée et imposant également l'étendue et la limite inférieure du couvert végétal.

L'estran de l'anse Saint-Denis a une pente assez forte (0,3% pour la slikke et 1,6% pour le bas schorre) sur toute la distance arpentée (fig. 3). L'estran du transect de Saint-Germain a une pente faible dans la slikke (0,2%) qui devient forte au début de la végétation (1,5%) puis s'adoucit progressivement et est très faible vers la zone de terrestration définitive (fig. 4). Ce profil d'estran est caracté-

TABLEAU I

Caractéristiques chimiques des sédiments prélevés le 30 juillet 1981 sur la slikke de Saint-Germain comparées à la boue qui s'y dépose et à quelques données sur les suspensoïdes de l'Estuaire moyen

Distance (m)	C (%)	N (%)	Cu	Zn	Pb	Mn	¹³⁷ Cs (Bq/kg)	Pourcentage des sédiments fins (< 75 µm)
0	0,77	0,12	13	54	12	336	0	34
50	0,93	0,13	14	54	12	444	0	49
100	1,29	0,15	17	76	20	636	0	66
150	0,84	0,12	12	50	16	468	0	46
250	0,58	0,10	8	34	12	288	0	20
350	0,50	0,09	8	30	12	336	0	13
450	0,54	0,09	8	30	12	336	0	20
550	0,59	0,10	8	30	8	360	0	20
650	0,49	0,12	7	26	8	264	0	16
750	0,43	0,10	7	20	8	228	0	9
a	3,81	0,34	40	148	48	900	22,5	100
b	—	—	—	—	—	—	28,2	100
c	—	—	—	240	48	766	—	suspensoïdes
d	3,30	0,40	77	313	183	—	—	suspensoïdes
e	—	—	—	—	—	—	40	suspensoïdes

a et b : boue très liquide échantillonnée à Saint-Germain, au début de la slikke, le 15 octobre 1981 (a) et le 29 avril 1982 (b).

c : Cossa & Poulet (1978), moyenne de 9 stations entre l'Île-aux-Grues et Rivière-du-Loup.

d : Sérodes (1975), station S4 sud, Cap-aux-Oies.

e : Sérodes & Roy (sous presse).

téristique de la majorité des estrans à spartines de la région de Kamouraska ; sauf l'anse Saint-Denis, tous les profils arpentés ressemblent à celui de Saint-Germain (fig. 5). Ces estrans ont une slikke très vaste avec une pente faible ce qui pourrait favoriser la sédimentation, mais ces zones sont susceptibles d'être battues par les vagues. D'ailleurs, la portion inférieure de la slikke qui est submergée au moins 75% du temps, ne subit que des érosions entre mai et novembre (voir fig. 3 et 4). La zone de forte pente est selon Ranwell (1964) et Verger (1968) l'endroit où se produit une forte sédimentation sur l'estran, mais cette bande est étroite à cause de la pente. Sur le haut estran, on retrouve à nouveau une pente faible qui serait favorable à la sédimentation, mais ces zones ne sont recouvertes que peu de temps et par peu de marées. En soi, le profil de l'estran n'explique pas la dynamique sédimentaire, et est davantage le résultat de l'action des autres facteurs sur le cycle sédimentologique.

Les temps de submersion (fig. 2) montrent un point remarquable. Au zéro géodésique, qui est la limite inférieure de la végétation, on obtient un temps de submersion de 50% du temps total. Cette valeur confirme celle de

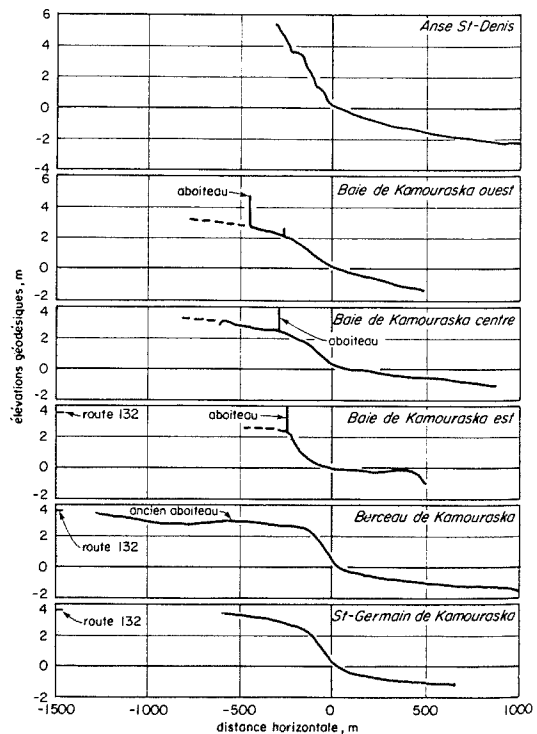


Figure 5. Comparaison des profils de divers estrans de la région de Kamouraska.

Verger (1968) qui donne six heures d'immersion maximale par cycle de marée pour la spartine. Ce point singulier sur l'estran, cette rupture de pente, correspond au début de l'édification par la végétation d'un substrat d'estran différent avec un sol d'une épaisseur variant entre 50 cm et plus de 150 cm.

HYDRODYNAMIQUE ET TURBIDITÉ DE L'EAU

Le déplacement des masses d'eau sous l'effet de la marée est sans conteste le facteur le plus important dans l'équilibre sédimentologique d'un estran, car il sert de véhicule aux solides qui sont apportés ou évacués après érosion. Deux graphiques illustrent les courants de marée mesurés à 550 mètres au large de la fin des spartines le 17 juillet par temps calme et le 5 septembre avec un vent du nord-est de 20 km/h (fig. 6). En juillet, l'estran se remplit vers le sud-sud-ouest et se vide vers le nord-nord-est. On note des vitesses élevées au début du remplissage; les vitesses diminuent ensuite et l'orientation du courant commence à changer. Lorsque les vitesses deviennent presque nulles, le courant change brusquement de direction en passant du flot au jusant, puis les vitesses augmentent à nouveau. Dans ce cas sans vent, le renversement des courants a lieu par le sud-est. Les mesures du 5 septembre illustrent l'effet d'un vent du nord-est sur les courants de marée. Le remplissage de l'estran se fait vers le sud-sud-ouest comme en juillet. Cependant le renversement se fait par l'ouest et les vitesses tout en diminuant ne deviennent pas nulles. Enfin la vidange se fait vers le nord-ouest, c'est-à-dire vers le centre de l'estuaire et non pas le long de la rive comme par temps calme.

Les résultantes des portions de flot et jusant mesurées en juillet et en septembre à 550 m de la végétation ainsi que celles de deux cycles de marée mesurés l'un à 115 mètres de la végétation en juillet et l'autre à 3 mètres de la végétation en septembre sont montrées à la figure 7. On observe que les résultantes de flot et de jusant à 550 m et 115 m de la végétation en juillet ont la même orientation mais avec des intensités un peu plus élevées au large. En septembre, l'effet du vent est évident. Ainsi la résultante de flot est plus forte qu'en juillet et presque orientée dans l'axe du vent. La résultante du jusant à 550 m est orientée nord-ouest; le vent change le sens du retournement et modifie la vidange par rapport à juillet. À la

limite des spartines, l'eau est peu profonde et le vent impose une orientation quasi constante aux courants sur tout le cycle de marée, empêchant ainsi tout renversement significatif. On a dans ce cas un véritable écoulement permanent qui longe les spartines dans la direction du vent.

En parallèle avec les mesures de courant, l'échantillonnage des solides en suspension le 17 juillet a donné au tout début du remplissage de l'estran une concentration de 230 mg/l, puis les valeurs ont diminué rapidement pour se maintenir jusqu'à la marée haute à des valeurs de 2 à 4 mg/l. De même à la fin de la vidange de l'estran, la turbidité a augmenté à nouveau jusqu'à de fortes valeurs lorsque la tranche d'eau redevenait très mince. Il semble donc que seule une bande d'eau turbide se déplace avec le front de marée par temps calme. En septembre, l'échantillonnage a montré, dans tous les cas, des turbidités beaucoup plus élevées qu'en juillet. Par exemple, lors du début de la marée montante le 3 septembre, on a observé près de la limite inférieure de la végétation, des concentrations en solides variant de 1220 à 235 mg/l entre le début du remplissage et le moment où la hauteur d'eau atteignait 1,5 m en ce point. Au même endroit, le 4 septembre, alors que la hauteur de l'eau passait de 1 m à zéro, les suspensioïdes variaient de 175 mg/l à 1925 mg/l. De façon générale, les turbidités plus élevées en septembre sont attribuables au vent du nord-est qui a soufflé durant plusieurs jours causant une remise en suspension des sédiments de la slikke. Anderson (1980) a noté que les vagues induites par le vent sont le moyen le plus efficace pour mettre en suspension des sédiments de fond. On note également que la teneur en solides en suspension montre dans tous les cas une forte augmentation lorsque la profondeur de l'eau tend vers zéro lors du jusant et, inversement, lors de la marée montante. On peut rapprocher ce fait des observations de d'Anglejan (1981), qui décrit une augmentation de la turbidité en surface dans le chenal sud du fleuve au moment de la marée basse. Settlemyre & Gardner (1977) ont aussi observé ce phénomène dans un ruisseau de drainage d'un marais salé de Caroline du Sud.

Par temps calme, comme le 17 juillet 1981, les résultantes de flot et de jusant sont orientées dans l'axe du fleuve, donc la bande d'eau turbide, tout en suivant le va-et-vient du front de marée sur l'estran, se déplace parallèlement au rivage, c'est-à-dire dans

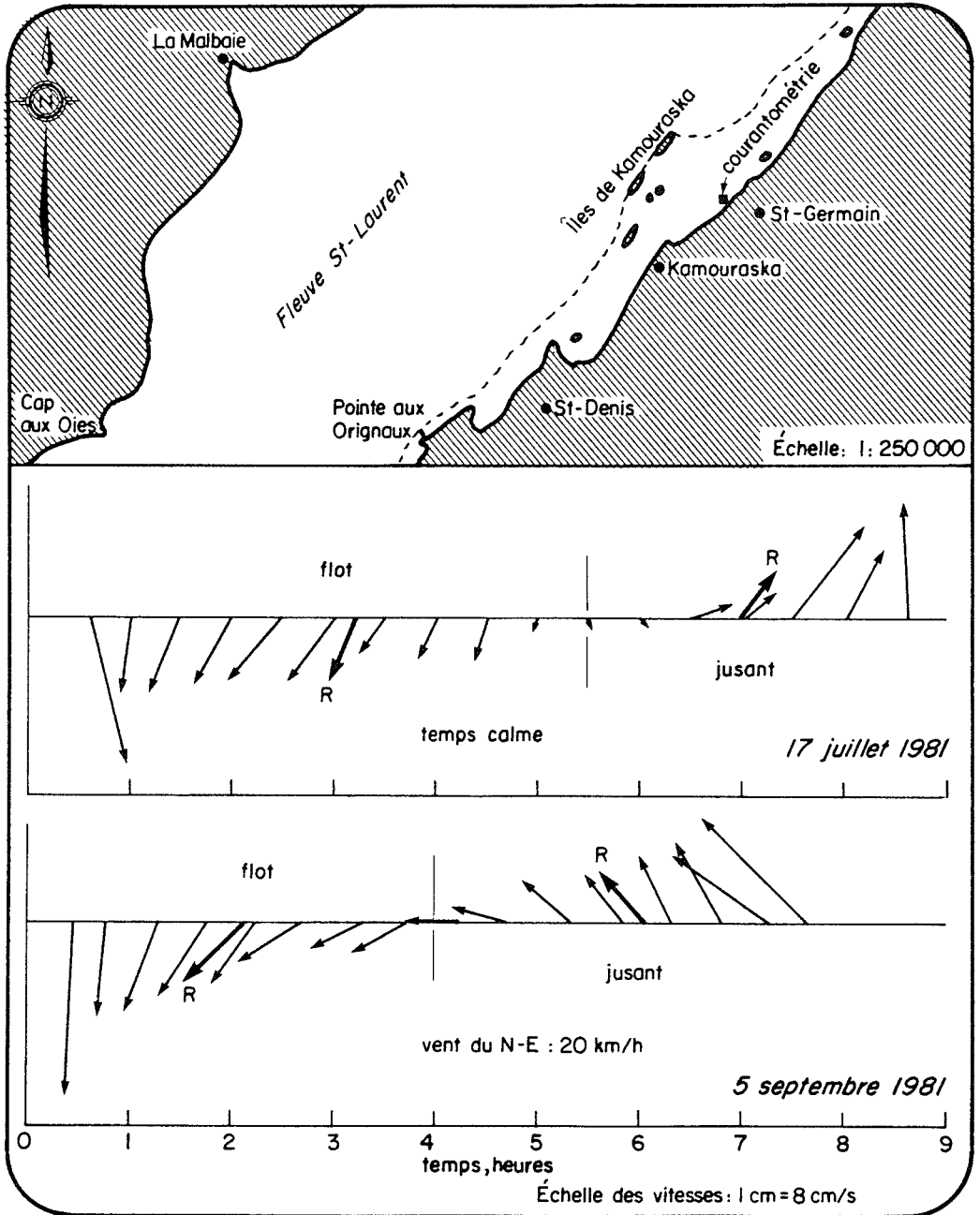


Figure 6. Directions et intensités des courants de marée à 550 m au large de la limite inférieure de la végétation sur l'estran de Saint-Germain-de-Kamouraska par temps calme et par vent de nord-est de 20 km/h.

l'axe général du fleuve. Par vent de nord-est comme au début de septembre 1981, la bande d'eau turbide est gonflée en solides en même temps qu'élargie par les courants de marée et, en particulier, lors du jusant

alors que l'estran se vide perpendiculairement à la rive. Ces courants causent ainsi un transport net vers l'ouest tant au large que près de la végétation. Compte tenu de la remise en suspension des sédiments, ce

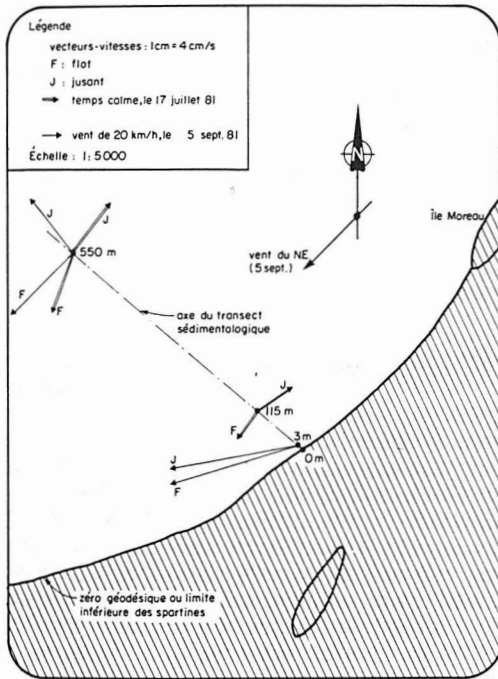


Figure 7. Directions et intensités des courants de marée sur l'estran de Saint-Germain-de-Kamouraska.

phénomène expliquerait l'érosion accentuée de l'estran de Saint-Germain et l'accumulation observée à l'anse Saint-Denis.

VENTS ET GLACE

Les mesures des courants de marée et des solides en suspension montrent que l'exposition aux vents est un facteur impor-

tant sur un vaste estran comme celui de Kamouraska. Pour en juger, nous avons étudié les caractéristiques des vents enregistrés de mai 1973 à décembre 1981 à la station météorologique de Kamouraska située à 2 km du transect de Saint-Germain. Les vents dominants soufflent dans l'axe du fleuve, 44% du temps du sud-ouest et de l'ouest et 29% du temps du nord et du nord-est, soit pour ces directions un total de 73% du temps au cours d'une année (fig. 8). La répartition mensuelle est variable; les vents du sud-ouest et de l'ouest dominent en juin, juillet et août, tandis que les vents du nord et du nord-est sont importants en avril et dominants en mai. Les vents soufflant depuis la terre sont plus fréquents de décembre à mai et les périodes sans vent sont plus importantes en août, septembre et octobre. Une analyse des vents par classes de vitesse a montré que les vents sont plus faibles de juin à août et plus forts de décembre à mars. De plus, les vents du nord-nord-est ont une fréquence plus élevée dans les hautes vitesses que les vents du sud-ouest-ouest en octobre et novembre.

Les courants de marée mesurés en septembre par vent du nord-est montrent un transport net vers l'ouest des sédiments des estrans; on peut donc raisonnablement penser que les vents les plus fréquents à Kamouraska, soit ceux de direction opposée (sud-ouest et ouest), doivent de même causer un transport net vers l'est. Cependant, l'effet doit être moindre sur l'estran de Saint-Germain, car il est protégé de ces vents par l'archipel de Kamouraska. L'analyse des vents permet de supposer que les vents du nord-est sont responsables, en avril et mai, du début de l'érosion des estrans. Durant

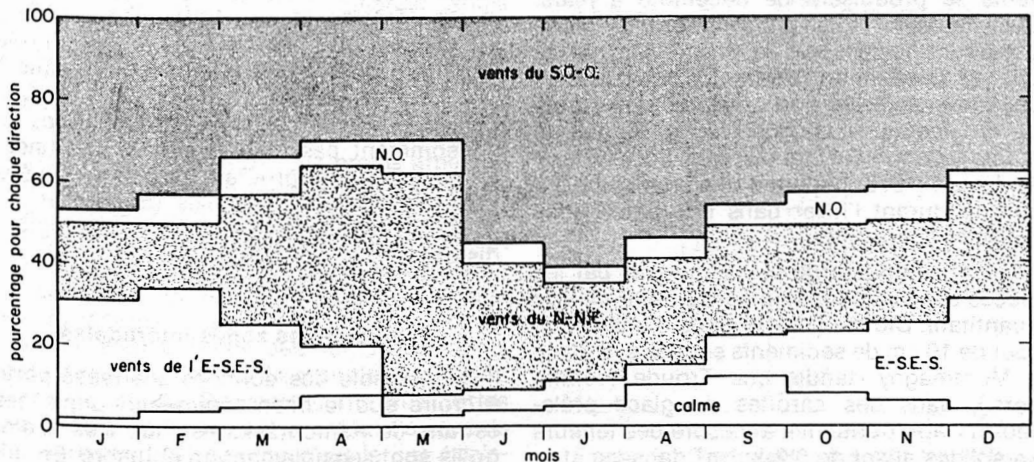


Figure 8. Fréquences et directions des vents à Kamouraska selon les mois de l'année.

l'été, les vents assez faibles, surtout ceux du nord-est, produisent une érosion moins rapide des estrans qu'à l'automne. L'érosion accentuée à Saint-Germain à l'automne est due aux vents du nord-est qui soufflent plus fortement que ceux du sud-ouest. Enfin les vents les plus forts soufflent à Kamouraska durant l'hiver, mais l'estran est alors recouvert de glace.

Nous avons tenté de relier les épisodes d'érosion plus ou moins rapide, entre mai et novembre, au cycle morte-eau, vive-eau sans qu'aucune corrélation ne puisse être établie. Bien que ce facteur soit important en sédimentation, il est difficile de dissocier son influence propre de celle des vents qui se produisent de façon aléatoire. Par contre, nous avons noté que l'influence des vents est prépondérante, puisque les plus fortes érosions constatées suivaient toujours des épisodes de vents soufflant plusieurs jours consécutifs.

Durant l'hiver 1981-1982, un champ de glace assez uniforme a recouvert l'ensemble des estrans de Kamouraska jusqu'au niveau moyen des marées basses. D'une épaisseur moyenne de 1 mètre, ce champ annule les fortes vitesses du début du remplissage et de la fin de la vidange avant qu'une hauteur d'eau assez importante puisse soulever la glace et permettre à la marée de passer en dessous. Le champ de glace diminue les vitesses de l'eau lorsque l'écoulement est établi car sa rugosité propre s'ajoute à celle du fond (Michel & Drouin, 1981). Ce champ de glace modifie donc considérablement les courants de marée. De plus, ce champ protège les estrans de l'influence des vagues; c'est son rôle principal car les plus forts vents se produisent de décembre à mars. Ces facteurs expliquent pourquoi nous observons juste après le départ des glaces une sédimentation hivernale de plusieurs centimètres sur la portion de la slikke près de la végétation. Dionne (1981a) signale le même phénomène tandis que Sasseville & Anderson (1976) parlent d'une érosion de 5 à 30 mm durant l'hiver dans une petite anse au New-Hampshire.

La prise en charge des sédiments par les glaces est peu documentée du point de vue quantitatif. Dionne (1981b) parle d'une épaisseur de 10 cm de sédiments soudés à la glace à Montmagny, tandis que Troude (comm. pers.), dans des carottes de glace prélevées à Cap-Tourmente, a mesuré des teneurs en solides allant de 0,2 kg/m³ dans les strates claires à un maximum de 25 kg/m³ dans

les tranches noires. Il est difficile d'établir une prise en charge moyenne, mais il faut se souvenir que la glace ne peut flotter que si elle prend moins de 10% de son propre poids. Sur les estrans de Kamouraska, les glaces sont en général très peu chargées de sédiments; cependant, on observe fréquemment des arrachements de morceaux du schorre.

VÉGÉTATION

La végétation influence généralement la sédimentation. Ainsi Ranwell (1964) et Verger (1968) ont observé que la sédimentation maximale sur un estran à spartines se produit dans la partie du schorre où la pente est la plus forte, soit aux environs de 30% de temps de submersion. Richard (1978) a mesuré une sédimentation plus forte dans la spartine nouvellement établie que dans la spartine bien établie dans un marais de Long Island, ce qui se rapproche des observations de Ranwell et Verger. Cependant, Richard (1978) mentionne également une forte accumulation sur la slikke ce que nous ne retrouvons pas à Kamouraska, si ce n'est que temporairement au départ des glaces en avril.

Sur les deux transects sédimentologiques étudiés, les mesures sur le schorre n'ont montré aucune accumulation significative durant les mois sans glace. Il est difficile cependant de faire des extrapolations dans un schorre parsemé de marelles (Dionne, 1972) de toutes formes, celles-ci pouvant constituer des petits pièges à sédiments. Par ailleurs, la spartine alterniflore possède des tiges assez courtes et assez denses (Sérodès *et al.*, 1982), deux caractéristiques qui sont plutôt défavorables à l'accumulation de sédiments (Troude *et al.*, 1981). D'autre part, les grandes oies blanches qui jouent un rôle important dans le cycle sédimentologique à Cap-Tourmente (Troude *et al.*, 1981) ont une influence moindre à Saint-Germain. Elles ne consomment pas les massifs de spartines; tout au plus, elles broutent les plantes situées juste au bord des marelles (Bédard *et al.*, 1981) favorisant peut-être ainsi leur agrandissement.

Évolution des zones intertidales

L'ensemble des données analysées porte à croire que le bilan sédimentologique des estrans de Kamouraska est nul, c'est-à-dire qu'ils sont sensiblement en équilibre. En utilisant les notions de relèvement isostatique

du continent et l'allure générale des côtes, soit des côtes rocheuses droites et des baies arrondies, on peut tirer certaines conclusions quant à l'évolution actuelle de ces estrans.

Plusieurs auteurs, Yasso (1965), Silvester & Ho (1972), Rea & Komar (1975), Leblond (1979, 1980) ont montré que des baies comme l'anse Saint-Denis et la baie de Kamouraska présentent la forme d'une spirale logarithmique. Cette forme géométrique répond à l'équation :

$$R = ae^{b\theta}$$

où R est le rayon de la spirale à un angle θ donné; a et b sont des constantes.

Ces baies dénommées « headland bay » désignent des baies sablonneuses qui se construisent à l'abri d'un cap rocheux. La forme de ces baies dépend du transport littoral causé par la réfraction des vagues dominantes sur la tête rocheuse. On peut transposer ce modèle de baie aux rives de Kamouraska; le mécanisme formateur des rives est le même, mais le substrat et les pentes diffèrent des plages sablonneuses. Ainsi, selon l'endroit et le degré d'exposition aux vents dominants, les pentes des estrans seront douces ou assez fortes. En effet, les zones situées près des têtes rocheuses sont des zones d'accumulation avec pente douce tandis que les zones plus droites loin des têtes rocheuses, plus exposées et sujettes à l'érosion auront des pentes plus fortes. Ce phénomène est vérifié par les vitesses résiduelles obtenues par d'Anglejan *et al.* (1981) pour la baie de Sainte-Anne qui est semblable à la baie de Kamouraska. En effet, les vitesses résiduelles montrent un transport vers la rive dans la partie ouest de la baie (partie abritée des vents dominants) tandis que le transport est dirigé vers le large dans la partie est de la baie. Cette analyse à partir des patrons de diffraction des vagues est la même que la régularisation des rives décrite par Guilcher (1954), King (1972) et Komar (1976). Ainsi, l'ensemble des profils arpentés (fig. 5) s'explique en considérant leur situation dans les baies et en se rappelant que les vents dominants proviennent du sud-ouest et de l'ouest. Les pentes avec végétation (schorre) du centre et de l'ouest de la baie de Kamouraska sont très douces parce qu'elles sont abritées des vents dominants par le cap au Diable. Les pentes de Saint-Germain et du Berceau sont plus fortes parce qu'elles font directement face aux vents du nord-nord-est comme c'est le cas également pour l'anse Saint-Denis. L'analyse du

pourcentage de sédiments fins des deux transects se complète ici avec le même raisonnement. L'anse Saint-Denis (fig. 3) a une fraction fine importante sur les 600 premiers mètres de slikke ce qui dénote un milieu abrité; par la suite la fraction fine diminue considérablement car la pointe Saint-Denis ne protège plus des vents du sud-ouest et d'ouest. Cette anse ne peut que difficilement progresser, toute avancée nouvelle étant sérieusement limitée par les vagues et les courants. La slikke de Saint-Germain a une fraction fine plus faible et qui tombe aux environs de 20% après les 250 premiers mètres (fig. 4). Ce fait et la présence d'algues brunes dérivantes sur l'estran indiquent que cet endroit est très exposé aux vents qui soufflent sur l'estuaire. Cet estran est peu susceptible de voir son schorre progresser vers le large à cause de cette forte exposition. Les schorres de l'ouest et du centre de la baie de Kamouraska possèdent des pentes plus douces et sont plus protégées des vents d'ouest et du nord-est. Il est possible que ces estrans, dans les conditions actuelles, progressent vers le large.

Les carottes prélevées dans la baie de Kamouraska (fig. 9) permettent de retracer les changements des conditions hydrodynamiques par l'analyse stratigraphique et géochimique des matériaux. Les trois carottes

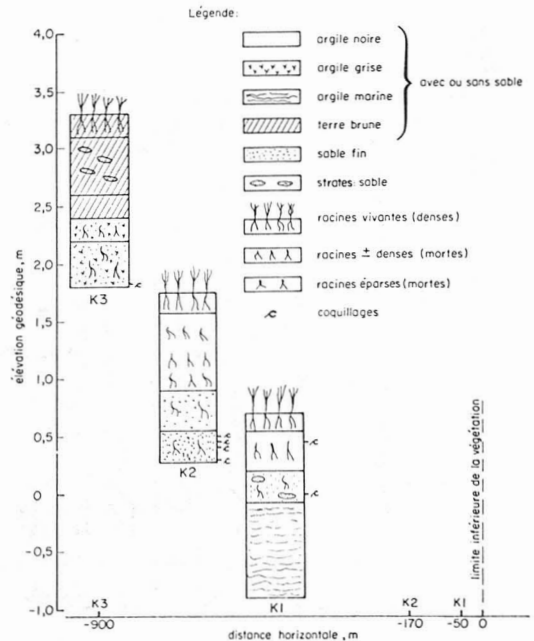


Figure 9. Stratigraphie des carottes prélevées sur le schorre de la baie de Kamouraska.

présentent une augmentation des matériaux fins et des débris de racines vers la surface (fig. 9), ce qui implique des conditions hydrodynamiques plus sévères lorsque les couches profondes étaient autrefois en surface de l'estran. On note également une plus grande abondance de coquillages dans ces couches profondes. Ces caractéristiques correspondent à un environnement de basse slikke anciennement. Dans la carotte K1, la plus basse sur le schorre, on retrouve l'argile marine au niveau du zéro géodésique actuel, ce qui semble indiquer que la pente de la surface de l'argile marine sous le schorre est à peu près la même que sur la slikke, puisque l'argile n'est qu'à une dizaine de centimètres sur les sédiments superficiels de la slikke actuelle.

Les sédiments de la carotte K2 prélevée sur le schorre à 170 m de la limite inférieure de la végétation ainsi que l'argile marine des couches profondes de la carotte K1 ont été analysés pour leur teneur globale en carbone, azote, cuivre, zinc et plomb (fig. 10). La quasi constance de teneurs en C et N sur une grande profondeur dénote la présence de végétation de surface depuis de longues périodes avec un rehaussement très lent du niveau du sol. Les teneurs en métaux lourds des couches superficielles ne présentent aucun accroissement par rapport aux couches profondes ou à l'argile marine

alors qu'habituellement, de plus fortes concentrations de surface se rencontrent partout où il y a accumulation récente de sédiments contaminés par les métaux issus des activités industrielles des dernières décennies (Sérodes, 1978). Ce fait confirme ce qui a été observé durant l'année 1981, à savoir qu'il n'y a pas de sédimentation récente permanente sur les schorres de Kamouraska même si la partie où a été prélevée la carotte K2 est, selon Verger (1968) et Richard (1978), la plus susceptible de connaître une accumulation de sédiments. On constate même dans les 15 cm superficiels une diminution en zinc et surtout en cuivre; or l'analyse des tiges de spartines a montré qu'elles avaient des teneurs en cuivre de l'ordre de 24 mg/kg (Sérodes *et al.*, 1982). Cet appauvrissement des couches supérieures du sol pourrait donc être dû au «pompage» des plantes qui, en étant emportées à l'automne, se trouveraient ainsi à contribuer au recyclage et à la dispersion de certains éléments métalliques. Ceci implique également qu'il n'y ait pas de déposition importante de suspensoïdes fluviaux, généralement contaminés en métaux, depuis plusieurs années.

Les petits coquillages (*Hydrobia minuta*) prélevés à environ 50 cm de profondeur, sur le haut estran près du Berceau de Kamouraska ont pour habitat normal actuel les sédiments vaseux des plus hautes marelles et sont très fréquents entre Kamouraska et l'île Verte (G. Ward, comm. pers.). Entremêlés avec les coquillages, on a prélevé des macro-restes végétaux dont on a identifié les graines présentes. La majorité des graines provenait de plantes halophytes exclusives et *Ruppia maritima* était particulièrement abondante. Les espèces présentes, tant animales que végétales, indiquent un milieu de vie au temps où elles étaient en surface de l'estran, assez semblable aux conditions actuelles ce qui confirme la très lente évolution de cette partie du littoral. Des conclusions semblables sont avancées pour l'extrémité est de l'île d'Orléans par Allard (1981).

Conclusion

Comme la plupart des estrans à spartines, les estrans de la région de Saint-Germain-de-Kamouraska présentent un profil caractérisé par une slikke de très faible pente et un schorre débutant par une pente plus accentuée et se terminant par un haut estran à nouveau avec une très faible pente. La par-

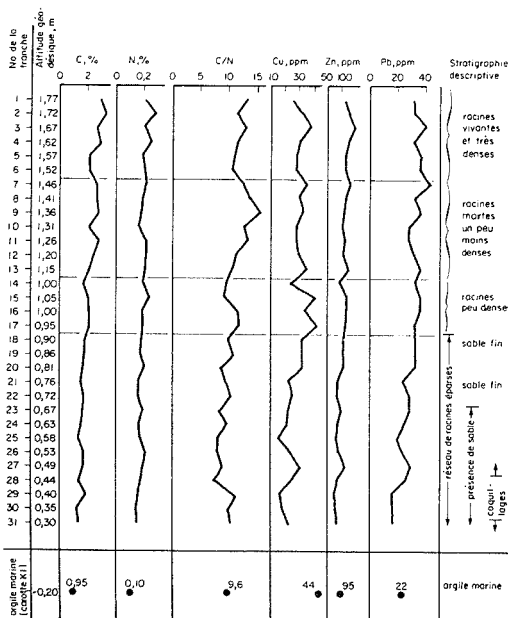


Figure 10. Caractéristiques géochimiques de la carotte K2.

tie médiane à plus forte pente est recouverte de spartines et criblée de marelles glacielles. La limite inférieure de la végétation est située au niveau moyen de la mer (50% de temps de submersion) et correspond au zéro géodésique (+ 2,73 m sur l'échelle marégraphique).

Entre mai et novembre, l'activité sédimentologique se traduit par une légère érosion qui est compensée durant l'hiver par une sédimentation de quelques centimètres sous le champ de glace en particulier sur la haute slikke le long de la végétation. Ces matériaux s'érodent durant le printemps après le départ des glaces à la fin mars. Les analyses géochimiques et radiochimiques des sédiments prélevés sur la slikke durant l'été confirment qu'il s'agit d'une période d'érosion. Des matériaux récents contaminés par le césium-137 ou les métaux lourds sont absents alors que les boues qui se déposent occasionnellement durant l'automne ou l'hiver sous la glace ont des caractéristiques chimiques très différentes, beaucoup plus proches des suspensoïdes estuariens. De même, les carottages effectués sur la partie du schorre la plus susceptible de connaître une sédimentation révèlent qu'il n'y a pas eu d'accumulation récente. Enfin, compte tenu du taux d'émergence des terres dans la région de Trois-Pistoles à Baie-des-Sables au cours des derniers siècles (Locat, 1977), on peut en conclure que les estrans de Kamouraska sont actuellement en équilibre.

Parmi les divers facteurs affectant les processus sédimentaires, les vents sont les plus importants à cause des vagues qu'ils engendrent et de la remise en suspension des sédiments que celles-ci occasionnent. Les vents du nord-est qui soufflent 29% du temps au cours d'une année, sont particulièrement forts à l'automne et jouent un grand rôle dans l'évolution des estrans. Par temps calme, l'estran se remplit et se vide suivant des résultantes des courants orientées parallèlement au rivage tandis qu'une étroite bande d'eau turbide monte et descend au gré de la marée. Par fort vent de nord-est, la bande turbide s'élargit considérablement et se charge en solides par suite de la remise en suspension. Au large sur l'estran, la vidange est alors orientée perpendiculairement à la rive tandis que sur le haut estran, autant le remplissage que la vidange sont orientés parallèlement à la rive dans la direction du vent. À Kamouraska, les vents de nord-est tendent donc à déplacer les matériaux érodés sur les portions linéaires du rivage vers

le sud-ouest c'est-à-dire vers les baies en spirale orientées face à l'est et se développant à l'abri de têtes rocheuses. Dans le contexte général d'estrans en équilibre sédimentologique, seule une partie du fond de ces baies pourrait donc actuellement progresser.

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce à la participation financière de la Direction des eaux intérieures, région de Québec, d'Environnement Canada. Nous tenons à remercier le Laboratoire de palynologie de l'Université de Montréal, le Département de chimie de l'Université Laval ainsi que René Bougie, Jean Parent et Jean-Eudes Côté.

Références

- ALLARD, M., 1981. L'anse aux Canards, île d'Orléans, Québec: évolution holocène et dynamique actuelle. — *Géogr. phys. Quat.*, 35: 133-154.
- ALLARD, M. & P. CHAMPAGNE, 1980. Dynamique glacielle à la pointe d'Argentenay, île d'Orléans, Québec. — *Géogr. phys. Quat.*, 34: 159-174.
- ANDERSON, F.E., 1980. The variation in suspended sediment and water properties in the floodwater front traversing the tidal flat. — *Estuaries*, 3: 28-37.
- D'ANGLEJAN, B., 1981. On the advection of turbidity in the St. Lawrence middle estuary. — *Estuaries*, 4: 2-15.
- D'ANGLEJAN, B., R.G. INGRAM & J.P. SAVARD, 1981. Suspended sediment exchanges between the St. Lawrence estuary and a coastal embayment. — *Mar. Geol.*, 40: 85-100.
- BARTBERGER, C.E., 1976. Sediment sources and sedimentation rates, Chincoteague Bay, Maryland and Virginia. — *J. sedim. Petrol.*, 46: 326-336.
- BÉDARD, Y., J. BÉDARD & G. GAUTHIER, 1981. Bilan de l'activité de la grande oie blanche (*Anser caerulescens atlanticus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent au printemps. — *Dép. biol., Univ. Laval*, 175 p.
- COSSA, D. & S.A. POULET, 1978. Survey of trace metal contents of suspended matter in the St. Lawrence estuary and Saguenay fjord. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 35: 338-345.
- DIONNE, J.-C., 1972. Caractéristiques des schorres des régions froides, en particulier de l'estuaire du Saint-Laurent. — *Z. Geomorphol., Suppl.*, 13: 131-250.
- DIONNE, J.-C., 1973. La notion de glace (ice foot), en particulier dans l'estuaire du Saint-Laurent. — *Cah. Géogr. Québec*, 17: 221-250.
- DIONNE, J.-C., 1981a. L'action des glaces sur les littoraux. — *Comptes rendus, 6^e Conf. P.O.A.C.*, 3: 955-973.

- DIONNE, J.C., 1981b. Données préliminaires sur la charge sédimentaire du couvert de glace dans la baie de Montmagny. — *Géogr. phys. Quat.*, 35 : 277-282.
- DIONNE, J.-C., 1981c. Le déplacement de méga-blocs par les glaces sur les rivages du Saint-Laurent. — Pages 53-80 in *Comptes rendus, Atelier sur l'action des glaces sur les rivages (Rimouski)*, Cons. Nat. Rech. Can., Publ. n° 3, 185 p.
- FLESSA, K.W., K.J. CONSTANTINE & M.K. CUSHMAN, 1977. Sedimentation rates in a coastal marsh determined from historical records. — *Chesapeake Sci.*, 18 : 172-176.
- GODIN, G., 1979. La marée dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. — *Naturaliste can.*, 106 : 105-121.
- GUILCHER, A., 1954. Morphologie littorale et sous-marine. — Presses universitaires de France, Paris, 210 p.
- HARRISON, E.Z. & A.L. BLOOM, 1977. Sedimentation rates on tidal marshes in Connecticut. — *J. sedim. Petrol.*, 47 : 1484-1490.
- KING, C.A.M., 1972. Beaches and coast. — Edward Arnold, London, 570 p.
- KOMAR, P.D., 1976. Beach processes and sedimentation. — Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 429 p.
- LEBLOND, P.H., 1979. An explanation of the logarithmic spiral plan shape of headland-bay beaches. — *J. sedim. Petrol.*, 49 : 1093-1100.
- LEBLOND, P.H., 1980. Model studies of headland-bay beaches. — Pages 252-266 in *Proc. Can. coast. conf.*, Burlington, Ontario, Nat. Res. Council Can., 480 p.
- LETZSCH, W.S. & R.W. FREY, 1980. Deposition and erosion in a holocene salt marsh, Sapelo Island, Georgia. — *J. sedim. Petrol.*, 50 : 529-542.
- LOCAT, J., 1977. L'émersion des terres dans la région de Baie-des-Sables/Trois-Pistoles, Québec. — *Géogr. phys. Quat.*, 31 : 297-306.
- MARTINEAU, G., 1977. Géologie des dépôts meubles de la région de Kamouraska/Rivière-du-Loup. — *Min. Rich. nat. Québec*, 17 p.
- MICHEL, B. & M. DROUIN, 1981. Courbes de remous sous les couverts de glace de la Grande Rivière. — *Can. J. civ. Eng.*, 8 : 351-363.
- ODUM, E.P., 1976. Ecology. — Holt, Reinhart and Winston, New York, 254 p.
- PARADIS, A., 1948. Kamouraska, 1674-1948. — Société des Missions étrangères, Québec, 200 p.
- RANWELL, D.S., 1964. Spartina salt marshed in southern England. II. Rates and seasonal pattern of sediment accretion. — *J. Ecol.*, 52 : 79-94.
- REA, C.C. & P.D. KOMAR, 1975. Computer simulation models of a hooked beach shoreline configuration. — *J. sedim. Petrol.*, 45 : 866-872.
- RICHARD, G.A., 1978. Seasonal and environmental variations in sediment accretion in a Long Island salt marsh. — *Estuaries*, 1 : 29-35.
- SASSEVILLE, D.R. & F.E. ANDERSON, 1976. Sedimentological consequences of winter ice cover on a tidal flat environment, Great Bay, New Hampshire. — *Rev. Géogr. Montréal*, 30 : 87-93.
- SÉRODES, J.-B., 1975. Étude de la qualité des sédiments et suspensions entre Québec et Trois-Pistoles. — CENTREAU, Univ. Laval, Rap. n° CRE-75/14, 154 p.
- SÉRODES, J.-B., 1978. Qualité des sédiments de fond du fleuve Saint-Laurent entre Cornwall et Montmagny. — Rap. tech. n° 15, pour le Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent, 467 p.
- SÉRODES, J.-B., 1980. Étude de la sédimentation intertidale de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. — *Dép. génie civil, Univ. Laval*, 29 p.
- SÉRODES, J.-B. & J.C. ROY (sous presse). Distribution of some radionuclides in the St. Lawrence estuary. — *Oceanologica Acta*.
- SÉRODES, J.-B., M. DUBÉ & J. DESCHÈNES, 1982. Étude de la dynamique sédimentaire et du pouvoir de transformation des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Cas des estrans de Kamouraska. — *Rap. Env. Can.*, 99 p.
- SETTLEMYRE, J.-L. & L.-R. GARDNER, 1977. Suspended sediment flux through a salt marsh drainage basin. — *Estuar. coast. Sci.*, 5 : 653-663.
- SILVERBERG, N. & B. SUNDBY, 1979. Observations in the turbidity maximum in the St. Lawrence estuary. — *Can. J. Earth Sci.*, 16 : 939-950.
- SILVESTER, R. & S.K. HO, 1972. Use of crenulate shaped bays to stabilize coast. — Pages 1347-1365 in *Proc. 13th Conf. on Coast. Eng.*, 2718 p.
- TROUDE, J.-P., J.-B. SÉRODES & B. ÉLOUARD, 1981. Étude des mécanismes sédimentologiques des zones intertidales de l'estuaire moyen du Saint-Laurent: cas de la batture de Cap-Tourmente. — *Dép. génie civil, Univ. Laval*, 117 p.
- VERGER, F., 1968. Marais et wadden du littoral français, étude de géomorphologie. — Biscaye Frères, Bordeaux, 540 p.
- YASSO, W.E., 1965. Plan geometry of headland-bay beaches. — *J. Geol.*, 73 : 702-713.

LES PEUPELEMENTS DE TAONS (DIPTÈRES; TABANIDÉS) D'UNE FORÊT DES BASSES-LAURENTIDES: INVENTAIRE, PHÉNOLOGIE, ACTIVITÉ ET HABITATS

J. THIBAUT et P.P. HARPER

Département de sciences biologiques et Station de biologie
Université de Montréal C.P. 6128, Succ. «A»,
Montréal, Québec H3C 3J7

Résumé

Trente-sept espèces de taons (18 *Chrysops*, 1 *Stonemyia*, 16 *Hybomitra* et 2 *Tabanus*) habitent la forêt de la Station de biologie de l'Université de Montréal dans les Basses-Laurentides. *Tabanus fulvicallus* Philip s'ajoute à la liste des espèces québécoises qui en compte maintenant 77. Les récoltes au filet-fauchoir et au piège de Malaise ont fourni surtout des *Chrysops*; la majorité des spécimens ont été capturés dans des pièges de type Canopy (78%), aussi efficaces pour *Hybomitra* que pour *Chrysops*. En 1976, la période de vol des taons s'est étendue du 29 mai au 17 septembre, avec une nette concentration entre le 11 juin et le 6 juillet. Il y a succession des espèces au cours de l'été. L'intensité du vol est en corrélation avec la température; on note peu d'activité quand la température maximale n'atteint pas 21°C. Les quatre milieux inventoriés dans la forêt (un milieu fermé et trois milieux ouverts: l'un près d'un ruisseau, le second près d'un étang à castors et le troisième près d'un lac tourbeux) diffèrent tant par le nombre de taons que par la composition des peuplements: le milieu fermé est le moins productif et la tourbière, l'habitat le plus riche. Ces différences semblent refléter le choix des territoires de chasse par les femelles, bien que, dans la tourbière, les espèces à larves sphagnicoles semblent dominer.

Abstract

Thirty-seven species of horse- and deer-flies (18 *Chrysops*, 1 *Stonemyia*, 16 *Hybomitra*, and 2 *Tabanus*) were collected in a forest at the Station de biologie de l'Université de Montréal in the Laurentians. *Tabanus fulvicallus* Philip is a new Québec record, and the Québec list now contains 77 species. Handnet and Malaise trap collections provided mostly species of *Chrysops*, whereas Canopy trap collections contained equal numbers of *Chrysops* and *Hybomitra* and most of the specimens (78%). In 1976 the flight period of Tabanids extended from May 29 to September 17, with a distinct maximum between June 11 and July 6. There was a succession of species during the summer. Flight activity correlates well with climatic conditions, and little activity is recorded when maximum daily temperatures do not reach 21°C. Four forest habitats were sampled: a closed forest and three open habitats, one near a stream, one near a beaver pond, and one near a bog lake; the habitats differed both in the number and the species composition of the flies captured. The closed forest was the least productive habitat, and the bog lake the richest one. To some extent, this reflects the choice of a hunting ground by the females, though there occur near the bog a majority of species whose larvae are known to develop in *Sphagnum*.

Introduction

Bien que très communs au Québec, les taons (mouches à cheval, mouches à chevreuil, frappe-à-bord) ont été peu étudiés jusqu'à maintenant; peut-être est-ce parce qu'ils présentent moins d'importance médi-

cale et vétérinaire que les autres diptères piqueurs. On ne trouve guère que trois travaux qui en traitent: Chagnon & Fournier (1943) ont dressé la liste des espèces québécoises qui leur étaient connues; Robert (1958) a étudié l'abondance relative et la succession saisonnière des espèces du parc

du Mont-Tremblant et Pechuman (1964) a révisé la liste des espèces.

En 1975 et en 1976, nous avons entrepris une étude des populations habitant la forêt de la Station de biologie de l'Université de Montréal dans le but d'en faire l'inventaire, de mettre en évidence la succession saisonnière et l'activité des adultes, et de comparer les peuplements de quatre habitats.

Méthodes

En 1975, un inventaire qualitatif non systématique a été mené du 29 mai au 13 août. L'été suivant, quatre stations (fig. 1) ont été visitées chaque jour du 26 mai au 31 juillet, à tous les deux jours en août et une fois la semaine en septembre. Deux pièges ont été placés à chaque station, le premier de type Canopy selon le modèle d'Axtell *et al.* (1975), et le second, de type Malaise (1937) de 2,3 m de hauteur et de 1,2 m de largeur; les insectes étaient tués par exposition au «dichlorvos» dans une chambre de non-retour du type imaginé par Townes (1962). Des récoltes au filet ont également été faites à chaque visite, pendant 15 minutes à chacune des stations et pendant le parcours d'une station à l'autre. La durée totale du circuit était d'environ 3 heures et l'itinéraire

variait selon la séquence suivante: départ à 12 h 30 de la station 1 vers la station 4 (jour 1), départ à 8 h 00 dans le même sens (jour 2), départ à 12 h 30 de la station 4 vers la station 1 (jour 3), départ à 8 h 00 dans le même sens (jour 4), et ainsi de suite. Finalement, certains insectes ont été pris au filet hors des tournées régulières, mais dans les abords immédiats de la zone d'étude. Les insectes ont été identifiés à l'aide des clefs de Pechuman (1972).

Le coefficient de communauté de Jaccard

$$a / (a + b + c)$$

(où a est le nombre d'espèces communes à deux échantillons et b et c le nombre d'espèces présentes dans seulement un des échantillons) et le coefficient de Steinhaus

$$2W / (A + B)$$

(où A et B sont les sommes d'abondances de toutes les espèces dans chacun des deux échantillons et W la somme des minimums d'abondance de chacune des espèces) (Legendre & Legendre, 1979) permettent de comparer les récoltes; le premier indice compare les échantillons d'après les seules présences et absences, alors que le second tient compte des nombres de spécimens.

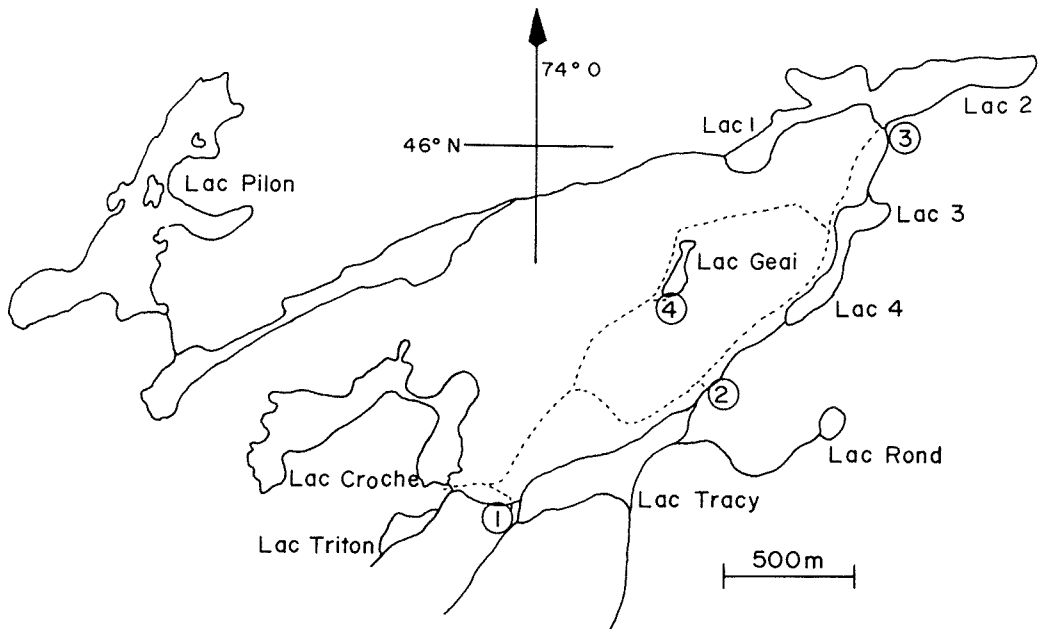


Figure 1. Position des quatre stations d'échantillonnage en 1976 et du circuit de récolte (en pointillé).

Milieux étudiés

La Station de biologie de l'Université de Montréal se situe au nord-est de Saint-Hippolyte dans les Basses-Laurentides (46° N.; 74° O.). C'est une zone forestière dévastée par le feu il y a une soixantaine d'années et dominée maintenant par un peuplement de bouleaux blancs (*Betula papyrifera*); le climax normal de la région est l'érablière

à bouleaux jaunes. L'altitude moyenne est de l'ordre de 380 m.

La station 1 (fig. 1) se situe près d'un petit ruisseau permanent; la forêt y est dense et dominée par *Abies balsamea*, *Betula alleghanensis* et *Fraxinus nigra*. La station 2 se trouve près d'un ruisseau plus important et dans un endroit ouvert. La forêt environnante est composée d'*Abies balsamea*, *Acer sac-*

TABLEAU I

Espèces recueillies en 1975 et en 1976*

	1975	1976			
		Filet	Canopy	Malaise	Autres
CHRYSOPSINAE					
<i>Chrysops aberrans</i> Philip	17	1	—	1	—
<i>C. ater</i> Macquart	133	40	21	10	63
<i>C. calvus</i> Pechuman & Teskey	8	7	—	—	6
<i>C. carbonarius</i> Walker	228	109	50	40	217
<i>C. cincticornis</i> Walker	53	29	16	8	24
<i>C. cuclux</i> Whitney	40	22	22	4	31
<i>C. excitans</i> Walker	485	351	1 431	215	380
<i>C. frigidus</i> Osten Sacken	63	23	339	92	25
<i>C. indus</i> Osten Sacken	8	4	6	1	3
<i>C. lateralis</i> Wiedemann	95	6	5	2	7
<i>C. mitis</i> Osten Sacken	116	50	78	24	48
<i>C. montanus</i> Osten Sacken	78	23	10	6	9
<i>C. niger</i> Macquart	31	9	39	1	20
<i>C. shermani</i> Hine	23	7	—	—	5
<i>C. sordidus</i> Osten Sacken	13	—	—	—	6
<i>C. univittatus</i> Macquart	3	—	—	—	—
<i>C. venus</i> Philip	1	5	193	104	1
<i>C. vittatus</i> Wiedemann	18	1	—	—	1
PANGONIINAE					
<i>Stonemyia tranquilla</i> (Osten Sacken)	1	—	—	—	—
TABANINAE					
<i>Hybomitra affinis</i> (Kirby)	2	1	137	1	2
<i>H. arpadi</i> (Szilady)	—	—	3	—	—
<i>H. astuta</i> (Osten Sacken)	1	—	—	1	—
<i>H. criddlei</i> (Brooks)	—	—	7	—	—
<i>H. epistates</i> (Osten Sacken)	6	6	649	6	4
<i>H. frosti</i> Pechuman	4	—	—	—	—
<i>H. illota</i> (Osten Sacken)	8	25	643	15	7
<i>H. lasiophthalma</i> (Macquart)	—	1	44	—	—
<i>H. lurida</i> (Fallen)	3	—	32	—	1
<i>H. microcephala</i> (Osten Sacken)	5	—	—	—	—
<i>H. minuscula</i> (Hine)	1	1	4	1	1
<i>H. nitidifrons nuda</i> (McDunnough)	15	5	546	5	9
<i>H. pechumani</i> Teskey & Thomas	2	—	49	6	1
<i>H. sodalis</i> (Williston)	—	—	3	—	—
<i>H. trepida</i> (McDunnough)	3	1	13	2	—
<i>H. zonalis</i> (Kirby)	—	3	19	—	1
<i>Tabanus fulvicallus</i> Philip	—	—	1	—	—
<i>T. marginalis</i> Fabricius	8	1	158	2	—
Total	1 472	731	4 518	547	872

* Les récoltes de 1976 sont regroupées d'après le mode de capture; les «autres» récoltes sont celles faites au filet, mais en dehors du programme d'échantillonnage quantitatif.

charum, *Betula papyrifera*, *Picea glauca* et *Thuja occidentalis*. La station 3 est dans un endroit bien dégagé près d'un étang à castors. La forêt limitrophe contient *A. balsamea*, *B. papyrifera*, *Larix laricina*, *Picea mariana* et *T. occidentalis*. La dernière station se trouve sur le tapis flottant de sphaignes et d'éricacées au bord d'un lac de tourbière. Le piège Canopy a été placé sur le tapis en terrain découvert, alors que le piège de Malaise était dans un sentier de la pessière environnante.

Résultats

ESPÈCES PRÉSENTES

L'échantillonnage préliminaire de 1975 a fourni 1 472 spécimens et celui de 1976, plus systématique, en a donné 6 668, dont 5 796 dans les pièges ou au cours des circuits d'échantillonnage (tableau I). Trente-sept espèces appartenant à quatre genres ont ainsi été recensées; seul *Tabanus fulvicallus* n'avait pas encore été signalé au Québec.

Même si quatre fois plus de spécimens ont été récoltés en 1976, le nombre d'espèces est semblable les deux années (33 et 31). Six espèces n'ont été capturées qu'en 1976 et quatre, qu'en 1975: à l'exception de *H. lasiophthalma*, toutes ces espèces sont rares à la station.

L'abondance relative des espèces varie considérablement selon le moyen de capture (tableau I); cependant, quelle que soit la méthode, *Chrysops excitans* est toujours l'espèce dominante. Les récoltes au filet lors des tournées d'échantillonnage de 1976 représentent 13% des captures (25 espèces). *Chrysops excitans* constitue à lui seul à peu près la moitié des prises et, si l'on ajoute *C. carbonarius*, *C. mitis* et *C. ater*, on atteint près de 75%. Ces mêmes espèces dominent aussi les récoltes de 1975, malgré de petites différences: *C. venus* est plus abondant en 1976, alors que *C. lateralis* et *C. sordidus* le sont en 1975. En 1976, les *Chrysops* forment 94% des récoltes et les Tabaninae sont peu représentés à l'exception d'*Hybomitra illota*. Quelques espèces, *C. calvus*, *C. shermani* et *C. vittatus*, ont été recueillies seulement au filet.

Les récoltes au piège de Malaise ressemblent assez aux précédentes (tableau II, indice de Jaccard 0,74; indice de Steinhaus 0,58). Les *Chrysops* forment le groupe dominant; *C. excitans*, *C. venus* et *C. frigidus* représentent les trois-quarts des prises. En

tout, 22 espèces ont été capturées, dont le seul spécimen d'*Hybomitra astuta* de l'année. Bien que seulement 9% des spécimens proviennent des pièges de Malaise, on y trouve 34% des *C. venus*, 20% des *C. frigidus* et 20% des *C. carbonarius*.

Les pièges Canopy ont fourni 78% des spécimens et 27 espèces; des quantités à peu près égales de *Chrysops* et d'*Hybomitra* y ont été piégées. *Chrysops excitans*, *Hybomitra epistates*, *H. illota*, *H. n. nuda* et *C. frigidus* forment à eux seuls 75% des récoltes. Ces pièges ont fourni plus de 80% des spécimens de toutes les espèces d'*Hybomitra*, à l'exception d'*H. minuscula*, ainsi que la majorité des spécimens de *Chrysops frigidus*, *C. excitans*, *C. venus*, *C. indus* et *C. mitis*. Cinq espèces (*H. arpadii*, *H. criddlei*, *H. lurida*, *H. sodalis* et *Tabanus fulvicallus*) n'ont été capturées que par cette méthode.

Presque tous les spécimens capturés sont des femelles; seuls 10 mâles ont été trouvés, trois dans les pièges de Malaise et sept dans les pièges Canopy (six *C. frigidus*, deux *H. minuscula*, un *H. n. nuda* et un *H. lasiophthalma*).

Chacune des méthodes de capture donne un aperçu particulier de la composition des communautés de taons de la forêt (tableaux I et II): chacune des listes d'espèces contient les deux-tiers des espèces de chacune des autres listes; la plus forte similarité (Steinhaus) existe entre les diverses récoltes faites au filet (1975, filet, autres); les pièges de

TABLEAU II

Comparaison des récoltes de 1975 et de 1976 à l'aide des coefficients de Jaccard et de Steinhaus

Coefficient de Jaccard				
Filet	Canopy	Malaise	Autres	
0,697	0,568	0,733	0,688	1975 Filet
	0,677	0,741	0,750	
		0,690	0,645	Canopy Malaise
			0,643	

Coefficient de Steinhaus

Filet	Canopy	Malaise	Autres	
0,641	0,279	0,409	0,743	1975 Filet
	0,232	0,578	0,843	
		0,215	0,232	Canopy Malaise
			0,502	

Malaise donnent des résultats intermédiaires et les pièges Canopy fournissent des données très différentes, non pas tant dans la liste des espèces (coefficient de Jaccard 0,5-0,7), mais dans les proportions (coefficient de Steinhaus 0,2-0,3), particulièrement dans l'importance accrue des Tabanidae. Il est donc difficile de décrire l'abondance relative des espèces dans ces peuplements: les dix espèces dominantes semblent cependant être, par ordre décroissant, *C. excitans*, *H. illota*, *H. epistates*, *H. n. nuda*, *C. frigidus*, *C. venus*, *C. carbonarius*, *T. marginalis*, *C. mitis* et *H. affinis*.

COMPARAISON DES STATIONS

La station 1 est pauvre (1% des récoltes); *Chrysops excitans*, *C. carbonarius* et *C. frigidus*, les espèces dominantes, constituent 52% des spécimens recueillis. *Hybomitra n. nuda*

y est le seul Tabanidae abondant. Les 12 espèces récoltées sont communes dans la région, mais *C. ater*, *C. carbonarius* et *C. cuclux* y semblent relativement plus abondants qu'ailleurs (tableau III).

La station 2 a fourni 25% des récoltes (23 espèces). C'est le seul site où les *Hybomitra* dominant et les Tabaninae représentent 60% des captures. *Hybomitra lurida* y est proportionnellement assez abondante.

La station 3 est plus riche (38% des récoltes, 26 espèces), mais elle est dominée par les *Chrysops* (70% des spécimens de cette station, 50% des *Chrysops* capturés pendant l'été), et en particulier par *C. excitans*.

La station 4 est la plus productive (46% des récoltes, 27 espèces). Elle est assez riche en *Hybomitra*, mais *Chrysops excitans* y est cependant l'espèce dominante (37% des captures).

TABLEAU III

Espèces récoltées à chacune des stations et durant le circuit d'échantillonnage en 1976

	1	2	3	4	Circuit
<i>Chrysops aberrans</i>	—	—	1	—	1
<i>C. ater</i>	6	12	16	14	23
<i>C. calvus</i>	—	1	1	—	5
<i>C. carbonarius</i>	16	23	50	39	71
<i>C. cincticornis</i>	2	8	16	13	14
<i>C. cuclux</i>	4	4	12	14	14
<i>C. excitans</i>	13	94	777	911	202
<i>C. frigidus</i>	13	82	251	92	16
<i>C. indus</i>	—	3	2	3	3
<i>C. lateralis</i>	—	—	4	6	3
<i>C. mitis</i>	6	19	57	39	31
<i>C. montanus</i>	—	—	9	10	20
<i>C. niger</i>	—	1	25	18	5
<i>C. shermani</i>	—	—	1	—	6
<i>C. venus</i>	8	71	205	18	—
<i>C. vittatus</i>	—	—	—	—	1
<i>Hybomitra affinis</i>	1	24	13	100	1
<i>H. arpadi</i>	—	—	—	3	—
<i>H. astuta</i>	—	—	—	1	—
<i>H. criddlei</i>	—	—	—	7	—
<i>H. epistates</i>	3	134	129	394	1
<i>H. illota</i>	—	87	259	334	3
<i>H. lasiophthalma</i>	2	9	7	26	1
<i>H. lurida</i>	—	15	7	10	—
<i>H. minuscula</i>	—	1	2	3	—
<i>H. nitidifrons nuda</i>	9	179	146	221	1
<i>H. pechumani</i>	—	6	8	41	—
<i>H. sodalis</i>	—	1	2	—	—
<i>H. trepida</i>	—	—	6	10	—
<i>H. zonalis</i>	—	1	—	19	2
<i>Tabanus fulvicallus</i>	—	—	—	1	—
<i>T. marginalis</i>	—	15	28	118	—
	83	790	2 034	2 465	424

Les espèces récoltées dans les sentiers reliant les stations sont presque toutes des *Chrysopsinae* (98%), avec toujours une nette dominance de *C. excitans*.

La comparaison des peuplements des diverses stations (tableau IV) montre que la station 1 se distingue nettement des autres par sa pauvreté en espèces et en individus. La plus grande ressemblance existe entre les stations 2, 3 et 4 et particulièrement entre 3 et 4. Les récoltes faites pendant les circuits et contenant surtout des *Chrysops* présentent peu de ressemblance avec les autres.

SUCCESSION SAISONNIÈRE

La figure 2 montre la répartition saisonnière en 1976; la majorité des espèces font leur première apparition entre le 29 mai et le 15 juin; dès le 15 août, il n'y a plus que sept espèces, et en septembre, il n'en reste qu'une seule.

En tenant compte de la distribution d'abondance (fig. 3 et 4), on note une apparition graduelle des espèces et des individus avec un maximum entre le 11 juin et le 6 juillet. Il existe pendant cette période une nette corrélation ($r = 0,623, P < 0,0005$) entre la température journalière maximale et l'activité des taons (d'après le nombre de captures); les récoltes sont très faibles lorsque la température n'atteint pas 21° C. En août, malgré des températures favorables, les récoltes restent faibles, car les périodes de vol de la plupart des espèces sont terminées.

TABLEAU IV

Comparaison des peuplements à chacune des stations d'échantillonnage en 1976 à l'aide des coefficients de similarité de Jaccard et de Steinhaus

Coefficient de Jaccard				
2	3	4	Circuit	
0,545	0,545	0,545	0,500	1
	0,778	0,714	0,607	2
		0,710	0,704	3
			0,548	4

Coefficient de Steinhaus				
2	3	4	Circuit	
0,190	0,078	0,065	0,253	1
	0,516	0,449	0,294	2
		0,730	0,301	3
			0,249	4

Malgré cette nette concentration des espèces dans les quatre semaines les plus chaudes de l'été, on discerne une succession, particulièrement si l'on considère les maximums d'abondance: *H. zonalis* et *H. lurida* dans la première semaine de juin, *H. n. nuda*, *C. mitis*, *C. ater* et *C. cuclux* vers la mi-juin; la semaine suivante, ce sont les espèces importantes *C. cincticornis* et *C. niger*; finalement, *C. frigidus*, *C. venus*, *T. marginalis*, *C. montanus* et *H. pechumani* atteignent leur abondance maximale vers le 5 juillet. La plupart des espèces disparaissent dans les trois semaines qui suivent leur période d'abondance maximale, à l'exception d'*H. epistates* dont la période de vol se prolonge en août. *Chrysops frigidus* est présent plus de 80 jours et *H. epistates*, *C. venus*, *C. cincticornis* et *T. marginalis* le sont pour plus de deux mois. La durée moyenne de présence d'une espèce est de 34 jours.

En 1975, les successions sont semblables, mais il y a précocité des espèces printanières et la durée moyenne de la période de vol (24 jours) est plus faible.

Discussion

Dans son énumération des espèces québécoises, Pechuman (1964) signale 71 espèces et trois variétés. Depuis lors, *Chrysops carbonarius nubiapex* Philip a été reconnu comme synonyme de *C. ater* Macquart, *H. typhus* forme B est devenu *H. pechumani* (Teskey & Thomas, 1979), *Hybomitra nuda* McDunnough est maintenant une sous-espèce de

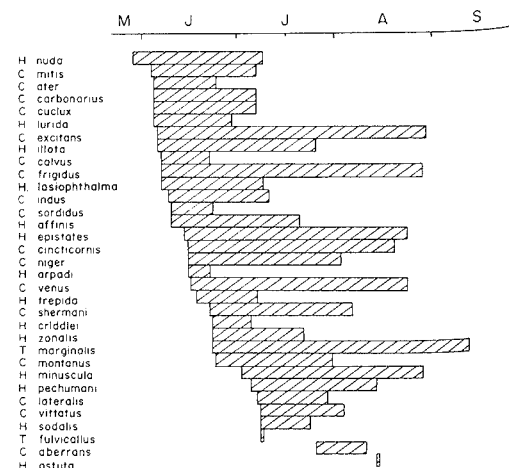


Figure 2. Succession saisonnière des périodes de vol des espèces récoltées de mai à septembre 1976.

H. nitidifrons (Szilady) (Pechuman, 1981) et *C. calvus* Pechuman & Teskey a été décrit; de même, Thomas (1980) a ajouté deux nouvelles espèces à la liste, *Chrysops fuliginosus* Wiedemann et *Tabanus nigrovittatus* Macquart. Les *Hybomitra cincta* (Fabricius) de Robert (1958) se sont avérés être des *H. criddlei*. La seule mention de *H. cincta* au Québec reste donc celle de Winn & Beaulieu (1932) qui reste à vérifier, mais qui n'apparaît pas improbable. Le Québec possède donc 77 espèces et deux variétés de taons connus à l'heure actuelle.

La moitié des espèces québécoises ont donc été récoltées à Saint-Hippolyte (37 espèces). Il se peut cependant que nos méthodes aient été inefficaces pour certaines espèces; ainsi, le seul spécimen de *Stonemyia tranquilla* a été récolté par hasard, flottant à la surface de l'eau d'un lac.

Au parc du Mont-Tremblant, à 60 km au nord de la Station de biologie, Robert (1958) a capturé 27 espèces dont quatre, d'ailleurs

peu abondantes ou non piqueuses, ne figurent pas sur notre liste. Toutes ses récoltes ont été effectuées au filet et sont constituées surtout de *Chrysops* dont les espèces dominantes sont à peu près les mêmes qu'à Saint-Hippolyte, à l'exception de *C. cuclux*, plus rare dans nos récoltes. Au parc Algonquin (Ontario), à 300 km à l'ouest, mais à la même latitude, Smith *et al.* (1970) ont capturé 36 espèces dont quatre seulement n'ont pas été recueillies à Saint-Hippolyte; les six espèces dominantes de cette étude se retrouvent d'ailleurs parmi les dix premières de notre liste. Il apparaît bien que la bordure méridionale du Bouclier canadien abrite une faune de taons assez homogène. Les études de Thompson au New Jersey (1969) et au Maryland (1972) mentionnent toutes deux la présence de 43 espèces; on note cependant une proportion plus grande de *Tabanus* et de *Chrysops*; comme l'a signalé Pechuman (1972), les *Hybomitra* ont généralement une répartition plus boréale. Thompson (1969) a noté qu'au New Jersey les cinq espèces les plus abondantes représentaient 76% des récoltes et les 10 premières, 93%; nos résultats sont semblables et, sur une trentaine d'espèces, un petit nombre domine nettement les autres. Après un second été d'échantillonnage au même site, Thompson (1969, 1972) a retrouvé les mêmes espèces dominantes, à quelques exceptions près (4 sur 5 et 12 sur 13, respectivement); tel est aussi le cas à Saint-Hippolyte.

Les récoltes au filet sont assez semblables d'un été à l'autre. Assez curieusement cependant, trois espèces n'ont été capturées qu'en 1975 (*C. univittatus*, *H. frosti* et *H. microcephala*); les deux dernières sont des espèces rarement récoltées par les moyens habituels (Pechuman, 1972), mais tel n'est pas le cas de *C. univittatus* qui doit être rare dans la région. De telles situations ont été signalées par Matthyse *et al.* (1974) et Thompson (1969, 1972). Ces récoltes au filet sont dominées par les espèces anthropophiles, généralement la majorité des *Chrysops* et quelques Tabaninae [parmi ces dernières, signalons *H. illota*, une des espèces les plus désagréables pour l'homme (Pechuman & Burton, 1969; Smith *et al.*, 1970)]. Comme l'ont aussi observé Tallamy *et al.* (1976) et Smith *et al.* (1970), les *C. shermani*, *C. montanus*, *C. vittatus* et *C. univittatus* ont été capturés uniquement ou principalement au filet. Par contre, *C. frigidus* et *C. venus* ont surtout été capturés par d'autres méthodes et sont donc peu attirés par l'hom-

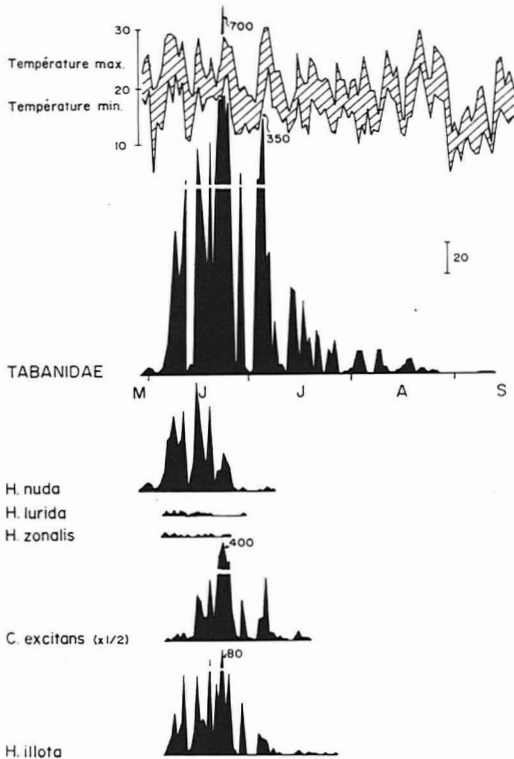


Figure 3. Nombre total de taons et nombre d'individus des principales espèces récoltées à chaque jour d'observation en 1976. La figure supérieure représente les variations de la température de l'air (°C).

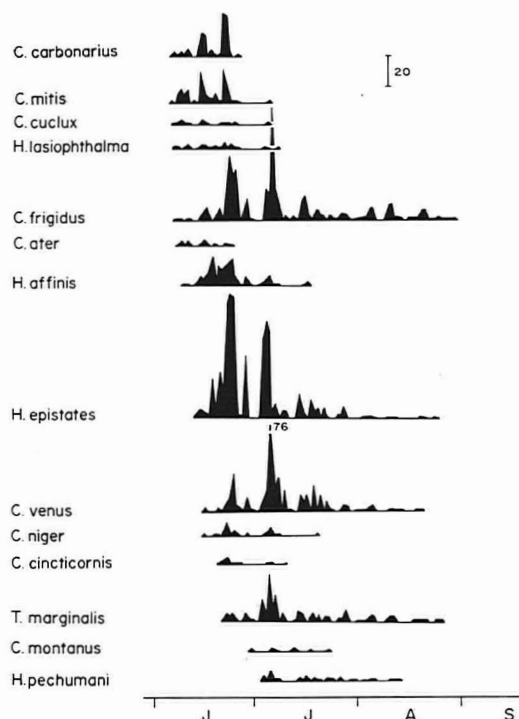


Figure 4. Nombre d'individus des principales espèces récoltées à chaque jour d'observation en 1976 (suite de la figure 3).

me; Smith *et al.* (1970) notent d'ailleurs que *C. frigidus* est un parasitoïde important des Cervidae, mais non de l'homme.

L'utilisation en 1976 des pièges Canopy a permis de récolter beaucoup plus de spécimens, mais un nombre à peine supérieur d'espèces (33 au lieu de 31) et moins d'espèces de Chrysopsinae. Ces pièges récoltent beaucoup de Tabaninae, particulièrement *Hybomitra*, et quelques *Chrysops*, tels *C. frigidus*, qui ont l'habitude de voler près du sol (Golini & Wright, 1978).

Le rendement de nos pièges de Malaise a été décevant et peu comparable à celui qu'ont obtenu d'autres auteurs (Gressitt & Gressitt, 1962; Smith *et al.*, 1965; Tallamy *et al.*, 1976); nos pièges étaient sans doute trop étroits, car Roberts (1972) a montré que la taille du piège influence nettement son efficacité. La majorité des récoltes étaient constituées de *Chrysops*, alors que Tallamy *et al.* (1976) et Roberts (1972) ont capturé surtout des Tabaninae.

Les pièges utilisés semblent fonctionner mieux en milieu ouvert et, comme leur efficacité dépend de l'activité de vol des

taons, c'est dans les zones de déplacement et de chasse (sentiers et routes) (Robert, 1958) que leur rendement est le meilleur.

La station 1 se trouve en pleine forêt et c'est ce qui explique sa pauvreté; cependant, *C. carbonarius*, *C. ater* et *C. cuclux* montrent une certaine préférence pour ce type d'habitat; Golini & Wright (1978) ont d'ailleurs déjà observé que *C. carbonarius* semblait préférer les endroits plus secs et boisés. Les adultes peuvent s'éloigner considérablement de leur lieu d'émergence (plus de 6 km, d'après une observation de Sheppard & Wilson, 1976); nos récoltes reflètent donc plus les choix de territoires de chasse des femelles que les préférences d'habitats des larves. Les espèces dominantes sont à peu près les mêmes partout, mais les proportions ont tendance à varier. La dominance des *Chrysops* près du lac inondé (station 2), celle des *Hybomitra* près du ruisseau (station 3) et leur représentation égale à la tourbière (station 4) peuvent en effet indiquer de réelles préférences, comme par exemple celles des Tabaninae pour les endroits ouverts (Golini & Wright, 1978), mais nos résultats ne représentent qu'une série d'observations que des recherches ultérieures pourront confirmer ou infirmer. On constate cependant près de la tourbière un fort pourcentage d'espèces dont les larves se développent dans les sphaignes (Teskey, 1969), telles *H. affinis*, *H. illota*, *H. lasiophthalma*, *H. minuscula*, *H. trepida*, *H. pechumani*, *H. zonalis* et *H. fulvicallus*. Notons aussi la présence de *C. venus* et de *C. frigidus* dont Teskey (1969) avait observé l'association dans ses récoltes de larves.

Les dates extrêmes des périodes de vol de taons varient peu d'un site à l'autre ou d'une année à l'autre dans la même zone climatique et faunistique; il y a, par exemple, une bonne correspondance entre les dates notées à Saint-Hippolyte et celles des régions limitrophes (Robert, 1958; Hanec & Bracken, 1964; Matthyse *et al.*, 1974; Smith *et al.*, 1970). De plus, le maximum d'apparition des espèces se produit durant la première quinzaine de juin, comme l'ont observé Robert (1958) et Smith *et al.* (1970). Enfin, la succession des espèces est la même partout, sauf que *C. mitis* et *H. nuda* ont une période de vol prolongée en août au parc du Mont-Tremblant.

La précocité des espèces printanières en 1975 s'explique sans doute par des températures moyennes plus élevées (de 4° C) en

mai 1975. Gojmerac & Davenport (1971) ont noté un phénomène semblable au Wisconsin.

L'activité de vol des taons est très nettement influencée par la température de l'air. Dans ce domaine, nos résultats ne viennent que confirmer les très nombreuses observations antérieures (Anderson *et al.*, 1974; Joyce & Hansens, 1968; Tashiro & Schwardt, 1949; Troubridge, 1973); dans notre région, une température journalière maximale de 21°C est nécessaire à l'activité des taons, seuil déjà suggéré par Anderson *et al.* (1974) et Tashiro & Schwardt (1949).

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce à l'aide financière du Conseil national de recherche en sciences naturelles et en génie du Canada et du ministère de l'Éducation du Québec. L.L. Pechuman de l'Université Cornell et H.J. Teskey de l'Institut de recherches biosystématiques (Agriculture Canada) nous ont aidés à résoudre les problèmes taxonomiques et techniques. Paul Liboiron a participé à la conception et à la construction des pièges et Marie St-Vincent, aux récoltes sur le terrain.

Références

- ANDERSON, J.R., W. OLKOWSKI & J.B. HOY, 1974. The response of tabanid species to CO₂-baited insect flight traps in northern California (Diptera; Tabanidae). — *Pan-Pacif. Ent.*, 50: 255-268.
- AXTELL, R.C., T.D. EDWARDS & J.C. DUKES, 1975. Rigid canopy trap for tabanidae (Diptera). — *J. Ga. ent. Soc.*, 10: 67-73.
- CHAGNON, G. & O. FOURNIER, 1943. Les tabanidés du Québec. — *Naturaliste can.*, 70: 49-84.
- GOJMERAC, W.L. & E.C. DEVENPORT, 1971. Tabanidae (Diptera) of Kegonsa State Park, Madison, Wisconsin: distribution and seasonal occurrence as determined by trapping and netting. — *Mosquito News*, 31: 572-575.
- GOLINI, V.I. & R.E. WRIGHT, 1978. Relative abundance and seasonal distribution of Tabanidae (Diptera) near Guelph, Ontario. — *Can. Ent.*, 110: 385-398.
- GRESSIT, J.L. & M.K. GRESSIT, 1962. An improved Malaise trap. — *Pacif. Insects*, 4: 87-90.
- HANEC, W.M. & G.K. BRACKEN, 1964. Seasonal and geographical distribution of Tabanidae (Diptera) in Manitoba, based on females captured in traps. — *Can. Ent.*, 96: 362-369.
- JOYCE, J.M. Jr. & E.J. HANSENS, 1968. The influence of weather on the activity and behaviour of greenhead flies, *Tabanus nigrovittatus* Macquart and *Tabanus lineola* Fabricius. — *J. New York ent. Soc.*, 76: 72-80.
- LEGENDRE, L. & P. LEGENDRE, 1979. Écologie numérique 2. La structure des données écologiques. — Masson, Paris, 254 p.
- MALAISE, R., 1937. A new insect-trap. — *Ent. Tidskr.*, 58: 148-160.
- MATTHYSE, J.G., D.E. MOCK & H.R. NETHERTON, 1974. Seasonal flight period and relative abundance of Tabanidae (Diptera) near Ithaca, New York. — *Ann. ent. Soc. Am.*, 67: 158-166.
- PECHUMAN, L.L., 1964. A list of the Tabanidae of Québec. — *Can. Ent.*, 96: 1495-1496.
- PECHUMAN, L.L., 1972. The horse flies and deer flies of New York (Diptera, Tabanidae). — *Search*, 2: 1-92.
- PECHUMAN, L.L., 1981. The horse flies and deer flies of New York (Diptera, Tabanidae). (2nd edition). — *Search*, 18: 1-68.
- PECHUMAN, L.L. & J.J.S. BURTON, 1969. Seasonal distribution of Tabanidae (Diptera) at Texas Hollow, New York in 1968. — *Mosquito News*, 29: 216-220.
- ROBERT, A., 1958. Les tabanidés du parc du Mont Tremblant. — *Ann. Soc. ent. Québec*, 4: 25-32.
- ROBERTS, R.H., 1972. The effectiveness of several types of Malaise traps for the collection of Tabanidae and Culicidae. — *Mosquito News*, 32: 542-547.
- SHEPPARD, C. & B.H. WILSON, 1976. Flight range of Tabanidae in a Louisiana bottom-land hardwood forest. — *Envir. Ent.*, 5: 752-754.
- SMITH, G.E., S.G. BREELAND & E. PICKARD, 1965. The Malaise trap, a survey tool in medical entomology. — *Mosquito News*, 25: 398-400.
- SMITH, S.M., D.M. DAVIES & V.I. GOLINI, 1970. A contribution to the bionomics of the Tabanidae (Diptera) of Algonquin Park, Ontario; seasonal distribution, habitat preferences, and biting records. — *Can. Ent.*, 102: 1461-1473.
- TALLAMY, D.W., E.J. HANSENS & R.F. DENNO, 1976. A comparison of Malaise trapping and aerial netting for sampling a horsefly and deerfly community. — *Envir. Ent.*, 5: 788-792.
- TASHIRO, H. & H.H. SCHWARDT, 1949. Biology of the major species of horse flies of central New York. — *J. econ. Ent.*, 42: 269-272.
- TESKEY, H.J., 1969. Larvae and pupae of some eastern North American Tabanidae (Diptera). — *Mem. ent. Soc. Can.*, 63: 1-147.
- TESKEY, H.J. & A.W. THOMAS, 1979. Identity of *Hybomitra typhus* and description of a new species previously confused with it (Diptera: Tabanidae). — *Can. Ent.*, 111: 343-350.
- THOMAS, A.W., 1980. New records for some Canadian horse flies and deer flies (Diptera: Tabanidae). — *Ent. News*, 91: 59-60.
- THOMPSON, P.H., 1969. Abundance and seasonal distribution of the Tabanidae (Diptera) of the Great Swamp, New Jersey. II. The second year. — *Ann. ent. Soc. Am.*, 62: 1429-1433.

- THOMPSON, P.H., 1972. Tabanidae (Diptera) of Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland, the second year. — *Proc. ent. Soc. Wash.*, 74: 188-192.
- TOWNES, H., 1962. Design for a Malaise trap. — *Proc. ent. Soc. Wash.*, 64: 253-262.
- TROUBRIDGE, D.A., 1973. Seasonal distribution, diurnal periodicity and physiological age of host-seeking tabanids (Diptera; Tabanidae). — M. Sc. thesis, McMaster Univ., Hamilton, Ontario, 160 p.
- WINN, A.F. & G. BEAULIEU, 1932. A preliminary list of the insects of the province of Québec. Part II. Diptera. Revised and supplemented by C.E. Petch & B. Maltais — Pages 3-93 *in* *Suppl. 24th Rep. Québec Soc. Prot. Plants*, 100 p.

AUTOGAMY IN EASTERN CANADIAN ORCHIDACEAE: A REVIEW OF CURRENT KNOWLEDGE AND SOME NEW OBSERVATIONS

P. M. CATLING

Biosystematics Research Institute
Agriculture Canada, Central Experimental Farm
Ottawa, Ontario K1A 0C6

Résumé

Afin de constituer un ensemble de données sur l'autogamie des Orchidaceae dans l'est du Canada, nous avons inventorié la littérature pertinente et fait l'examen de ces plantes en nature et/ou en serres à l'abri des insectes. L'autogamie a été signalée pour les taxons nord-américains *Platanthera clavellata* var. *clavellata*, *P. hyperborea* var. *hyperborea*, *Corallorhiza odontorhiza*, *Liparis loeselii* et *Isotria medeoloides*, et pour les représentants européens d'autres taxons indigènes de l'est du Canada, comme *Platanthera albida* (var. *albida*), *Coeloglossum viride* (var. *viride*), *Goodyera repens* (var. *repens*) et *Corallorhiza trifida* var. *trifida*. De plus, trois taxons acclimatés dans l'est du Canada (*Dactylorhiza maculata*, *Epipactis helleborine* et *Listera ovata*) sont autogames en Europe.

On signale ici pour la première fois de l'autogamie chez *Cypripedium passerinum*, *Corallorhiza maculata* var. *maculata* et *Corallorhiza trifida* var. *verna* et pour les populations canadiennes de *Platanthera clavellata* var. *clavellata*, *P. hyperborea* var. *hyperborea*, *Corallorhiza odontorhiza* et *C. trifida* var. *trifida*. La cléistogamie n'apparaît que chez *Corallorhiza odontorhiza*. Selon les expériences de pollinisation, le morphotype le plus commun de *C. odontorhiza* serait cléistogame, tandis que le morphotype à fleurs ouvertes serait chasmogame. Il y a croissance directe simultanée des pollinies et de la surface du stigmate chez *Cypripedium passerinum* et *Corallorhiza odontorhiza*. L'autogamie avec rotation de pollinies est présente chez *Epipactis helleborine*, *Corallorhiza maculata* var. *maculata*, *C. trifida* var. *trifida*, *C. trifida* var. *verna* et *Liparis loeselii*. On trouve l'autogamie impliquant chute directe du pollen sur la surface du stigmate chez *Platanthera albida* var. *albida*, *P. clavellata* var. *clavellata*, *Coeloglossum viride* var. *viride*, *Epipactis helleborine*, *Listera ovata* et *Goodyera repens*. Dans le cas du taxon européen *Dactylorhiza maculata* et du taxon américain *Platanthera hyperborea* var. *hyperborea*, la pente de la caudicule amène le pollen sur la surface du stigmate. Douze des 69 taxons indigènes (17%) étant autogames, l'incidence de l'autogamie dans l'est du Canada est donc plus faible que celle du nord de l'Europe (50%) mais plus élevée que celle de l'ensemble de la famille des Orchidaceae (3%). La fréquence d'autogamie dans l'un des deux taxons voisins et dans des groupes dont la taxonomie est complexe amène à penser que ce phénomène a joué un rôle important dans la spéciation des Orchidaceae de l'est du Canada.

Abstract

In order to document autogamy in eastern Canadian Orchidaceae, relevant literature was summarized and flowering plants were examined in the field and/or in insect-proof cages in the glasshouse. Autogamy has been reported in North American *Platanthera clavellata* var. *clavellata*, *P. hyperborea* var. *hyperborea*, *Corallorhiza odontorhiza*, *Liparis loeselii* and *Isotria medeoloides*, and in European representatives of other native eastern Canadian taxa including *Platanthera albida* (var. *albida*), *Coeloglossum viride* (var. *viride*), *Goodyera repens* (var. *repens*) and *Corallorhiza trifida* var. *trifida*. In addition three taxa naturalized in eastern Canada, including *Dactylorhiza maculata*, *Epipactis helleborine* and *Listera ovata* have been reported to be autogamous in Europe.

Autogamy is here reported for the first time in *Cypripedium passerinum*, *Corallorhiza maculata* var. *maculata* and *Corallorhiza trifida* var. *verna*, and for the first time in Canadian populations of *Platanthera clavellata* var. *clavellata*, *P. hyper-*

borea var. *hyperborea*, *Corallorhiza odontorhiza* and *C. trifida* var. *trifida*. Pollination experiments suggest that the apparently more common morphotype of *Corallorhiza odontorhiza* is cleistogamous while the morphotype with open flowers is chasmogamous but self-compatible. A direct growing together of the pollinia and the stigmatic surface occurs in *Cypripedium passerinum* and *Corallorhiza odontorhiza*. Autogamy involving rotation of pollinia occurs in *Epipactis helleborine*, *Corallorhiza maculata* var. *maculata*, *C. trifida* var. *trifida*, *C. trifida* var. *verna* and *Liparis loeselii*. Autogamy involving a falling of the pollen directly onto the stigmatic surface occurs in *Platanthera albida* var. *albida*, *P. clavellata* var. *clavellata*, *Coeloglossum viride*, *Epipactis helleborine*, *Listera ovata* and *Goodyera repens* var. *repens*. In European *Dactylorhiza maculata* and American *Platanthera hyperborea* var. *hyperborea*, a bending of the caudicle brings the pollinia onto the stigmatic surface. With 12 of 69 native orchid taxa (17%) exhibiting autogamy, eastern Canada has a lower incidence of autogamy than northern Europe (over 50%) but more than in the family as a whole (3%). The frequent occurrence of autogamy in one of a pair of closely-related taxa and in taxonomically complex groups suggests that it has played a significant role in speciation in eastern Canadian Orchidaceae.

Introduction

Recent authors have discussed the evolutionary, genetic and ecological aspects of autogamy (e.g. Levin, 1971; Jain, 1976; Lloyd, 1979). However, documentation of the occurrence of autogamy, particularly in the North American flora is far from complete, despite the fact that this kind of information is important for assessment of the various hypotheses that have been proposed. Stout-amire (1969) pointed out that studies of the structure and function of eastern North American orchid flowers have received only sporadic attention. Most of this has been devoted to reports of insect pollination and the way in which the flowers are adapted to it. The purpose of this review is to document the occurrence of autogamy in eastern Canadian Orchidaceae through consideration of existing literature as well as presentation of new data. The morphological phytogeographic and evolutionary aspects of autogamy in eastern Canadian Orchidaceae will be briefly considered.

Methods

The literature was searched for references to autogamy in eastern Canadian orchid taxa (Table I) and the results summarized. In addition living material of the majority of eastern Canadian taxa (Table II) was critically evaluated for evidence of autogamy including rotation of pollinia, bending of caudicle, developmental contact of pollinia and stigmatic surface, and fragmenting pollinia. There is no foolproof easy way of detecting autogamy. Some species with very small inconspicuous flowers are insect pollinated (e.g. *Listera cordata* ssp. *cordata*, see Ackerman & Mesler, 1979) and some species with

bizarre mechanisms to ensure cross-pollination are partially autogamous in parts of their range (e.g. *Ophrys apifera* in Europe, see Pijl & Dodson, 1966). The only way to prove autogamy is by means of very careful observation and/or experimentation.

Floral structure was observed in both fresh flowers and in some cases additional information was obtained from reconstituted (using warm saline solution) flowers from herbarium specimens. Voucher material of some of the living material and all of the dried material studied is preserved in the herbaria of the University of Toronto (TRT) and the Department of Agriculture in Ottawa (DAO). In addition ten or more plants of *Platanthera clavellata* var. *clavellata* (from Haliburton and Muskoka districts, Ontario and Cape Breton, Nova Scotia), *P. hyperborea* var. *hyperborea* (from Bruce, Huron and York Counties, Ontario and Marquette County, Michigan), *Corallorhiza maculata* var. *maculata* (from Norfolk, Simcoe and York Counties, Ontario), *C. trifida* var. *trifida* (Norfolk County, Ontario) and *C. trifida* var. *verna* (Simcoe Co., Ontario) were maintained in an insect-proof cage in the glasshouse so that self-pollination and subsequent seed development could be observed. Inside the cage the plants were protected from both insects and vibration and were watered from below.

Pollination experiments were conducted on plants of *Corallorhiza odontorhiza* from Ipperwash and Port Franks, Lambton Co., Ontario. The experimental pollination treatments included leaving some flowers undisturbed (to test for autogamy), removing pollinia (to partially test for apomixis), self-pollination, pollination by pollen from a different flower on the same plant (geitonogamous

TABLE I

Eastern Canadian orchid taxa (excluding forms, rare hybrids and notomorphs) showing those in which fresh material was examined for evidence of autogamy (-), those in which autogamy was found (+), and those for which there are references to autogamy either within or outside North America (X)

Taxon	Source	Information
<i>Cypripedium acaule</i> Aiton	Ontario: Norfolk, Carleton, Muskoka.	-
<i>Cypripedium arietinum</i> Br.	Ontario: Bruce, Lambton, Carleton.	-
<i>Cypripedium calceolus</i> L. var. <i>pubescens</i> (W.) Correll	Ontario: Bruce, Hastings, Lambton, York.	-
<i>Cypripedium calceolus</i> L. var. <i>parviflorum</i> (Sal.) Fern.	Ontario: Simcoe, York.	-
<i>Cypripedium calceolus</i> L. var. <i>planipetalum</i> (Fern.) Vict. & Rouss		
<i>Cypripedium candidum</i> Muhl.	Ontario: Hastings, Lambton, Norfolk.	-
<i>Cypripedium reginae</i> Walter	Ontario: Bruce, Grey.	-
<i>Cypripedium passerinum</i> Rich. var. <i>passerinum</i>	Ontario: Pic River, Lake Superior.	+ -
<i>Cypripedium passerinum</i> Rich. var. <i>minganense</i> Vict.		
<i>*Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó		X
<i>Amerorchis rotundifolia</i> (Banks) Hultén	Ontario: Frontenac Co.	-
<i>Galearis spectabilis</i> (L.) Raf.	Ontario: Bruce, Ontario.	-
<i>Platanthera albida</i> (L.) Lindley var. <i>straminea</i> (Fern.) Luer (= <i>Pseudorchis albida</i>)		X
<i>Platanthera blephariglottis</i> (Willd.) Lindley var. <i>blephariglottis</i>	Ontario: Muskoka, Parry Sound, Newfoundland: Avalon Penn.	-
<i>Platanthera ciliaris</i> (L.) Lindley		
<i>Platanthera clavellata</i> (Michx.) Luer var. <i>clavellata</i>	Ontario: Haliburton, Muskoka, Nova Scotia: Cape Breton.	+ -
<i>Platanthera clavellata</i> (Michx.) Luer var. <i>ophioglossoides</i> Fern.		
<i>Platanthera dilatata</i> (Pursh) Lindley var. <i>dilatata</i>	Ontario: Bruce.	-
<i>Platanthera flava</i> (L.) Lindley var. <i>flava</i>	Ontario: Muskoka; Nova Scotia: Yarmouth.	-
<i>Platanthera flava</i> (L.) Lindley var. <i>herbiola</i> (R.Br.) Luer		
<i>Platanthera grandiflora</i> (Bigelow) Lindley		
<i>Platanthera hookeri</i> (Torrey) Lindley var. <i>hookeri</i>	Ontario: Bruce, Lambton.	-
<i>Platanthera hookeri</i> (Torrey) Lindley var. <i>abbreviata</i> (Fern.) Catling		
† <i>Platanthera hyperborea</i> (L.) Lindley var. <i>hyperborea</i>	Ontario: Bruce, Huron, York.	+ -
<i>Platanthera hyperborea</i> (L.) Lindley var. <i>huronensis</i> (Nuttall) Luer		
<i>Platanthera lacera</i> (Michx.) G. Don var. <i>lacera</i>	Ontario: Kent, Middlesex.	-
<i>Platanthera lacera</i> (Michx.) G. Don var. <i>terrae-novae</i> (Fern.) Luer	Nova Scotia: Cape Breton.	-
<i>Platanthera leucophaea</i> (Nutt.) Lindley	Ontario: Simcoe.	-
<i>Platanthera obtusata</i> (Banks ex Pursh) Lindley	Ontario: Grey.	-
<i>Platanthera orbiculata</i> (Pursh) Lindley var. <i>orbiculata</i>	Ontario: Nipissing; Québec: Gaspé.	-
<i>Platanthera orbiculata</i> (Pursh) Lindley var. <i>lehorsii</i> (Fern.) Catling		
<i>Platanthera orbiculata</i> (Pursh) Lindley var. <i>macrophylla</i> (Goldie) Luer	Ontario: Bruce.	-
<i>Platanthera psycodes</i> (L.) Lindley	Ontario: Bruce.	-
<i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hartman var. <i>viride</i>		-
<i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hartman var. <i>virescens</i> (Muhl.) Luer		-
<i>Piperia unalascensis</i> (Spreng.) Rydb.	Ontario: Bruce.	-
<i>Pogonia ophioglossoides</i> (L.) Ker. var. <i>ophioglossoides</i>	Ontario: Bruce, York.	-
<i>Pogonia ophioglossoides</i> (L.) Ker. var. <i>brachypogon</i> Fern.		

Taxon	Source	Information
<i>Triphora trianthophora</i> (Sw.) Rydb. var. <i>trianthophora</i>		
<i>Isotria medeoloides</i> (Pursh) Raf.		X
<i>Isotria verticillata</i> (Willd.) Raf.		
<i>Arethusa bulbosa</i> L.		
* <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz		X
† <i>Spiranthes casei</i> Catling & Cruise var. <i>casei</i>	Ontario: Haliburton, Muskoka, York.	-
<i>Spiranthes casei</i> Catling & Cruise var. <i>novaescothiae</i> Carling	Nova Scotia: Shelburne, Yarmouth.	-
† <i>Spiranthes cernua</i> (L.) Richard var. <i>cernua</i>	Ontario; Québec; Nova Scotia: many localities.	-
† <i>Spiranthes lacera</i> (Raf.) Raf. var. <i>lacera</i>	Ontario: Simcoe, York; New Brunswick: St. John.	-
† <i>Spiranthes lacera</i> (Raf.) Raf. var. <i>gracilis</i> (Bigelow) Luer	Ontario: Reg. Munic. Niagara.	-
<i>Spiranthes lucida</i> (H. H. Eaton) Ames	Ontario: Bruce, Grey	-
† <i>Spiranthes magnicamporum</i> Sheviak	Ontario: Essex, Kent.	-
† <i>Spiranthes ochroleuca</i> (Rydb.) Rydb.	Ontario: Kent.	-
<i>Spiranthes romanzoffiana</i> Cham.	Ontario: Bruce, Northumberland; Newfoundland: Bonavista South.	-
<i>Listera auriculata</i> Wieg.	Ontario: Algoma, Hastings; Québec: Gaspé.	-
<i>Listera australis</i> Lindley	Ontario: Prescott.	-
<i>Listera borealis</i> Morong	Ontario: Pic River, Lake Superior.	-
<i>Listera convallariodes</i> (Sw.) Torrey	Ontario: Grey, Algoma.	-
<i>Listera cordata</i> (L.) R.Br. var. <i>cordata</i>	Ontario: Algoma.	-
* <i>Listera ovata</i> (L.) R.Br.		X
<i>Goodyera oblongifolia</i> Raf. var. <i>oblongifolia</i>	Ontario: Bruce.	-
<i>Goodyera pubescens</i> (Willd.) R. Br.	Ontario: York.	-
<i>Goodyera tessellata</i> Lodd.	Ontario: Bruce.	-
<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. var. <i>repens</i>		X
<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. var. <i>ophioides</i> Fern.		
<i>Calopogon tuberosus</i> (L.) B.S.P. var. <i>tuberosus</i>	Ontario: Bruce.	-
<i>Calopogon tuberosus</i> (L.) B.S.P. var. <i>latifolius</i> (St. John) Boivin		
<i>Corallorhiza maculata</i> Raf. var. <i>maculata</i>	Ontario: Norfolk, Simcoe, York.	+ -
<i>Corallorhiza odontorhiza</i> (Willd.) Nutt.	Ontario: Lambton, Norfolk.	+ -
<i>Corallorhiza striata</i> Lindley	Ontario: Bruce.	-
<i>Corallorhiza trifida</i> Chatelain var. <i>trifida</i>	Ontario: Norfolk.	+ -
<i>Corallorhiza trifida</i> Chatelain var. <i>verna</i> (Nutt.) Fern.	Ontario: Simcoe, Muskoka.	+ -
<i>Malaxis monophyllos</i> (L.) Swartz var. <i>brachypoda</i> (Grey) F. Morris	Ontario: York.	-
<i>Malaxis paludosa</i> (L.) Sa.		
<i>Malaxis unifolia</i> Michx.	Ontario: Grey, Muskoka.	-
<i>Liparis liliifolia</i> (L.) Richard	Ontario: Essex, York.	-
† <i>Liparis loeselii</i> (L.) Richard	Ontario: Simcoe, York.	+ -
<i>Calypso bulbosa</i> (L.) Oakes var. <i>americana</i> (R. Brown) Luer		
<i>Aplectrum hyemale</i> (Muhl.) Torrey	Ontario: Simcoe.	-

* = Introduced species.

† = Fresh material examined from outside eastern Canada.

pollination) and pollination by pollen from a flower on a different plant (cross-pollination).

Autogamy in the context of the present study is defined as self-pollination in the absence of animal pollinators followed by seed development implying self-fertilization. However, pseudogamy triggered by self-

pollination has not been disproven in any case.

Results and discussion

Based on both the literature and on critical examination of many northeastern orchid

TABLE II

Autogamous taxa in eastern Canadian Orchidaceae with references, sources of material studied, and mechanisms of autogamy indicated

<i>Taxon</i>	<i>Source of material</i>	<i>Cleistogamy</i>	<i>Pollinia and stigma in contact</i>	<i>Pollinia rotation</i>	<i>Lack of pollinia coherence</i>	<i>Bending of caudicle</i>	<i>Details unpublished</i>	<i>Reference</i>
<i>Cypripedium passerinum</i> Rich. var. <i>passerinum</i>	Alberta, Ontario, Yukon		x					Catling, present study.
* <i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	Europe					x		Martens, 1926.
<i>Platanthera albida</i> (L.) Lindley var. <i>albida</i>	Europe					x		Hagerup, 1952.
<i>Platanthera clavellata</i> (Michx.) Luer	Northeastern U.S., Ontario, Nova Scotia					x		Gray, 1862a, 1863.
<i>Platanthera hyperborea</i> (L.) Lindley var. <i>hyperborea</i>	Northeastern U.S., Ontario					x		Catling, present study. Gray, 1862a; Catling, present study.
<i>Coeloglossum viride</i> (L.) Hart var. <i>viride</i>	Europe							Hagerup, 1952.
<i>Isotria medeoloides</i> (Pursh) Raf.	Eastern North America						x	Mehrhoff, 1980.
* <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz	Europe			x	x			Martens, 1926; Hagerup, 1952.
* <i>Listera ovata</i> (L.) R.Br.	Europe					x		Darwin, 1869.
<i>Goodyera repens</i> (L.) R.Br. var. <i>repens</i>	Europe					x		Hagerup, 1952.
<i>Corallorhiza maculata</i> Raf. var. <i>maculata</i>	Ontario			x				Catling, present study.
<i>Corallorhiza odontorrhiza</i> (Willd.) Nutt.	Eastern North America, Ontario	x	x					Case, 1964; Luer, 1975; Catling, present study.
<i>Corallorhiza trifida</i> Chatelain var. <i>trifida</i>	Europe, Ontario				x			Kirchner, 1922; Catling, present study
<i>Corallorhiza trifida</i> Chatelain var. <i>verna</i> (Nutt.) Fern.	Ontario				x			Catling, present study.
<i>Liparis loeselii</i> (L.) Rich.	Ontario, New York, Wisconsin				x			Catling, 1980.

* = Introduced species.

taxa, there are 14 species (and one with two varieties) in eastern Canada for which some kind of evidence for autogamy exists (Table I). Autogamy has been reported in North American *Platanthera clavellata* var. *clavellata*, *P. hyperborea* var. *hyperborea*, *Corallorhiza odontorhiza*, *Liparis loesellii* and *Isoetria medeoloides*, and also in European representatives of other native eastern Canadian taxa including *Platanthera albida*, *Coeoglossum viride*, *Goodyera repens* and *Corallorhiza trifida* var. *trifida* (Tables I and II). In addition three European taxa, introduced to eastern Canada, including *Dactylorhiza maculata*, *Epipactis helleborine* and *Listera ovata*, have been reported to be autogamous in Europe (Tables I and II). Autogamy is here reported for the first time in *Cypripedium passerinum*, *Corallorhiza maculata* var. *maculata* and *C. trifida* var. *verna*, and for the first time in Canadian populations of *Platanthera clavellata* var. *clavellata*, *P. hyperborea* var. *hyperborea*, *Corallorhiza odontorhiza*, *C. trifida* var. *trifida* and *C. trifida* var. *verna* (Table II). Each of these 14 species is listed below in taxonomic sequence with additional (and sometimes new) information on the mechanism of autogamy and various other aspects.

AUTOGAMOUS TAXA

Cypripedium passerinum Rich.

Five of the six eastern Canadian species of *Cypripedium* have been reported to be pollinated by bees (Dodson, 1966; Stoutamire, 1967). These plants are generally thought to be obligate outbreeders because of the spatial separation of anther and stigma, and because of the one-way pollinator path which prevents pollen from being carried backward toward the stigma. However, the relatively large ovary (a characteristic of self-pollinating flowers) in photographs and drawings of the flowers of *C. passerinum* (e.g. Correll, 1950, pl. 9; Luer, 1975, pl. 10) suggests self-pollination. Furthermore the ripened capsules of the previous year so often present and frequently seen in herbarium specimens, indicate a sufficiently high level of fecundity that self-pollination is to be strongly suspected.

I found fresh flowers of *Cypripedium passerinum* (from the Pic River, Lake Superior, Ontario) to be without the curved column and diverging anthers that result in a separation of anther and stigmatic surface in most species of *Cypripedium* (Fig. 1). Moreover

the stigmatic surface was observed to be relatively large, and the pollen masses were obviously discharged directly onto the stigma. Even when the pollen tubes have penetrated the ovary and the ovary is greatly expanded, the pollen masses are still partly enclosed in the anther sac which is held in place by the mass of intertwining pollen tubes.

Examination of reconstituted dried material from Ontario [Kenora, Riley 6486, 7124b (TRT)], Manitoba [Churchill, Barlow 106 (TRT)]; Beckett 3687 (DAO), Alberta [Jasper, 19 June 1941 (TRT)]; Bow River [Marie-Jean-Eudes 5629 (DAO)], British Columbia [Toad River, Calder & Kukkonen 27466 (DAO)], Northwest Territories [Brintnell Lake, 1939, Raup & Soper (TRT)]; Liard River [Cody & Spicer 11465 (DAO)]; Hay River [Lewis 897 (DAO)], and Yukon [(Mayo, 1957, L. M. Green (DAO)]; Whitehorse [Gillett 3654 (DAO)] indicated self-pollination as described above. It is therefore characteristic over a large portion of the range.

Cypripedium passerinum may represent the only case of autogamy in a genus apparently characterized exclusively by bee-pollinated blossoms (and perhaps to some extent fly-pollination). Autogamy has been previously noted in the subfamily Cypripedoideae in the tropical genera *Phragmapedium* (Dodson, 1966; Pijl & Dodson, 1966) and *Paphiopedilum* (Day, 1972). Autogamy in the oriental *Paphiopedilum* involves the anthers coming into contact with the stigma in apparently normal flowers (Day, 1972). In the case of the neotropical *Phragmapedium lindenii* autogamy results from the development of a third anther extending under the column and pressing the pollen mass against the stigma (Pijl & Dodson, 1966). Although peloria has been described in flowers of *Cypripedium reginae* (Curtis, 1941; personal observation), there is no indication of self-pollination.

Dactylorhiza maculata (L.) Soó

In many older texts this European species is called *Orchis maculata* (including *O. fuchsii* and *O. erictorum*). Summerhayes (1951, p. 277) has indicated that both *O. fuchsii* and *O. erictorum* are insect-pollinated. Martens (1926, p. 76, footnote 1) has reported partial autogamy by bending of the caudicle in *D. maculata*, and Gustafsson (1946-1947 in Fryxell, 1957) has apparently found facultative apomixis yielding haploids. No infor-

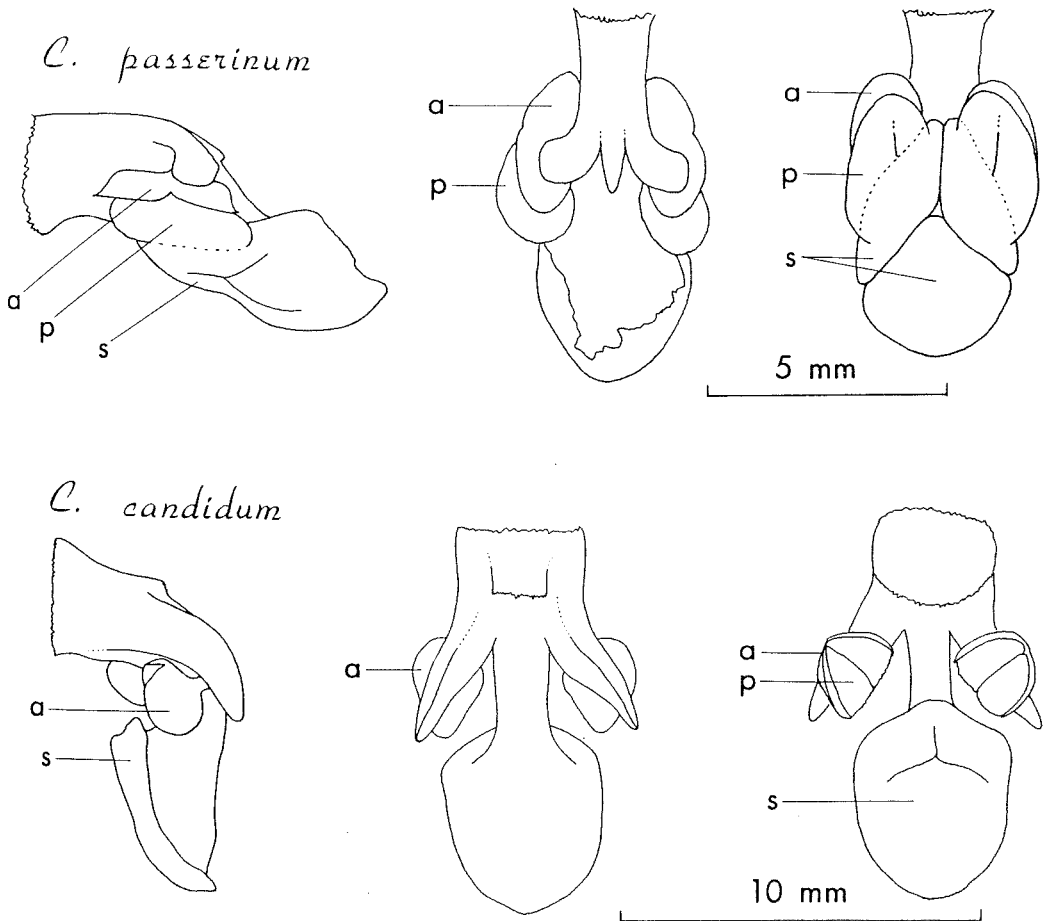


Figure 1. Columns of *Cypripedium passerinum* (Lake Superior, Ontario) and *C. candidum* (Lambton Co., Ontario). From left to right; lateral aspect, dorsal aspect and ventral aspect. a = anther, p = pollen mass, s = stigmatic surface.

mation is presently available on the breeding systems of the North American plants.

Platanthera albida (L.) Lindley var. *albida*

Hagerup (1952) suspected autogamy in this species in Greenland. He noticed that the tissue holding the massulae (pollen packets) together is partially dissolved, so that the massulae fall below the anther onto the stigma even before the flower opens. The rostellum is apparently so short and narrow that it does not hinder this movement. Previous workers (see Hagerup, 1952) had suggested butterfly pollination, but Hagerup noted that both autogamy and butterfly pollination could operate together. Summerhayes (1951, p. 223) alluded to self-pollination in *P. albida*, but did not provide details. There is no information presently available

on the breeding systems of the North American representative of this species [*i.e.* var. *straminea* (Fern.) Luer].

Platanthera clavellata (Michx.) Luer var. *clavellata*

Gray (1862a, 1863) was the first and apparently the only one to report on the self-fertilization of this species (sub *Gymnadenia tridentata*): "In every instance when the flower has naturally opened, the anther cells will be found widely gaping, and several or many pollen-packets will be found upon the three 'stigmatic processes', into which their pollen tubes will have copiously and deeply penetrated" (Gray, 1863, p. 293). "Although some of the massulae fall away at an early stage, the rest remain attached in the usual manner, and the arrangements for the

removal of the pollinia by insects are as perfect as in the species which depend upon insect aid" (Gray, 1862a, p. 260). Gray noticed that the disc attached readily to a bristle and can be removed with most of the pollen mass. After removal the caudicle effects a prompt movement of depression (Gray, 1863).

In various parts of northeastern North America *P. clavellata* characteristically develops seed in all of its ovaries strongly suggesting self-pollination. My own examination of flowers from Ontario and Nova Scotia confirms Gray's (1862a, 1863) observations, indicating that there is nothing to prevent the granular masses of pollen (massulae) from falling out of the locules onto the stigmatic lobes (Fig. 2). A lack of coherence of the pollinia is an essential feature of autogamy in *P. clavellata*. The pollinia may be without a well developed caudicle and viscidium (Fig. 2A, B) or with this structure fully developed and functional (Fig. 2C, D, E). Insect pollination would augment autogamy in either case, but would probably be much less significant in cases of an imperfectly developed pollinia. As Gray (1863) pointed out, a stigmatic surface in the usual sense does not exist, but the massulae germinate on each of the three stigmatic lobes.

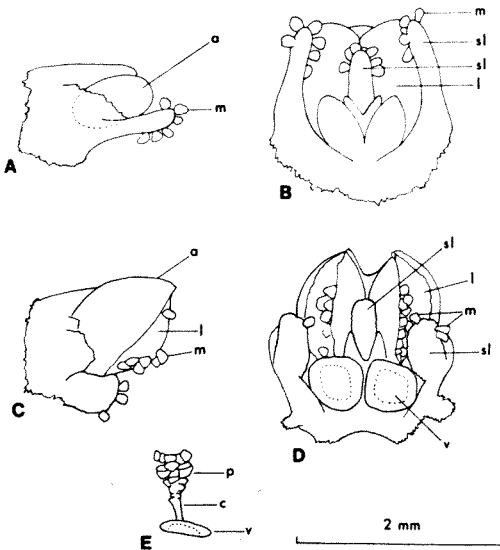


Figure 2. Columns of *Plantanthera clavellata* (A, B, Muskoka, Ontario; C, D, E, Haliburton, Ontario), A, C, viewed from the side. B, D, viewed from below. p = pollinia, a = anther cap, c = caudicle, l = locule, m = massula (pollen packet), sl = stigmatic lobe, v = viscidium.

The column structure of *Plantanthera clavellata* is quite similar to that of the European *Plantanthera bifolia*, which also possesses three lobes, the central being identified as the rostellum and the lateral lobes being identified as staminodes (e.g. Summerhayes, 1951). The so-called staminodia in *Orchis* and *Plantanthera* are generally believed to represent the normally suppressed outer androecial wall (e.g. Ames, 1922). In *P. clavellata* pollen tubes have been traced down these "staminodes" into the ovary (Gray, 1862a, 1863; personal observation). Thus these lateral structures are not staminodes in the usual sense of clearly representing a sterile stamen, or resembling a stamen. Autogamy is followed by ripening of capsules with abundant seed.

Plantanthera hyperborea (L.) Lindley var. *hyperborea*

Gray (1862a, p. 160) reported that "the pollinia very commonly fall out of the anther cells, ... even in the closed buds, ... upon the broad stigma beneath." He considered the differences in morphology of the column, along with other differences, adequate to justify the separation of *P. hyperborea* and *P. dilatata* as separate species, the former capable of self-fertilization and the latter requiring insects for pollination. Guignard's (1886) description of self-pollination in *P. hyperborea* appears to be a summary of Gray's earlier observations.

Hagerup (1952) noted that in Greenland populations the anther opens and the massulae have already germinated on the stigma by the time the flower opens. Although he found the inner surface of the spur to be densely provided with glandular hairs secreting nectar, he speculated that insect visits would be of little use to the plant since the flowers have already pollinated themselves before opening.

In *P. hyperborea* from several locations in Ontario and in one location in the northern Peninsula of Michigan, I have observed that the pollen masses bend onto the stigmatic surface either before or less than 24 hours after the flower opens. It appears that gravity and perhaps normal agitation is sufficient to bring this about in 99 to 100% of the flowers. The caudicle is relatively weak and bends near its point of attachment of the massulae (Fig. 3). Since the pollen masses do not move onto the stigma in detached flowers left upside down, it seems that movement is dependent upon gravity. The orienta-

tion of the column allowing descent by gravity, the widely spreading dehydrating anther walls and the weak elastic nature of the caudicle (allowing the pollen mass to fall but not to fall away) are the essential features of autogamy in *P. hyperborea*.

After the pollinia have fallen onto the stigmatic surface $\frac{1}{3}$ to $\frac{3}{4}$ of the pollen packets remain attached to the caudicle and are readily withdrawn from the flower by touching a pin to the disc. Although insect pollination is possible, despite autogamy in *P. hyperborea*, it has apparently never been conclusively reported (Stoutamire, 1969, p. 236).

Coeloglossum viride (L.) Hartman var. *viride*

Hagerup (1952) noted that the massulae do not all cohere and the anther is open before the expansion of the flower so that some of the massulae readily fall out and may contact the stigmatic surface, so that a potential for self-pollination exists. Hagerup

pointed out that self-compatibility had not been established. Several authors have noted direct or indirect evidence of insect pollination (Godfery, 1931; Hagerup, 1951, 1952; Silen, 1906 a, b).

Isotria medeoloides (Pursh.) Raf.

Mehrhoff (1980) has compared the breeding systems and population structure of *I. medeoloides* and *I. verticillata* showing that *I. medeoloides* is autogamous and *I. verticillata* is xenogamous.

Epipactis helleborine (L.) Crantz

Darwin (1869) reported (sub *E. latifolia*) that bees and flies did not visit the flowers of this species, but constantly flew over the plants. He did however, frequently observe visits of the common wasp (*Vespa sylvestris*) which removed the pollen masses carrying them on the forehead. Judd (1972, 1979) has reported on wasp pollination and on

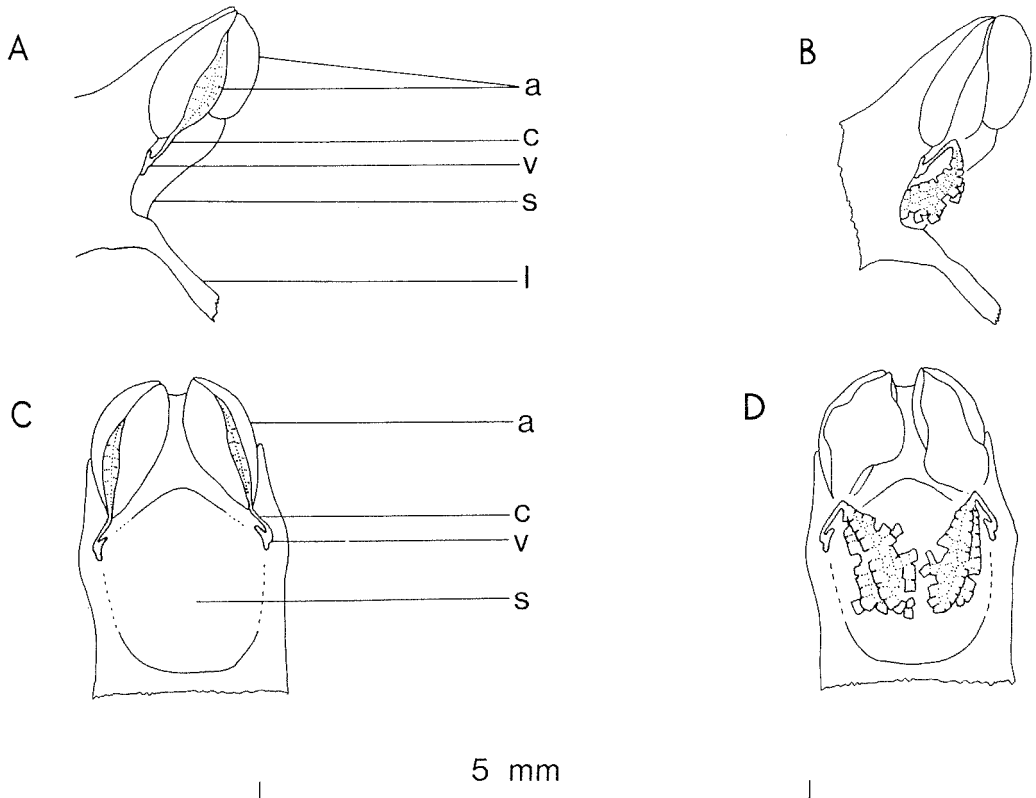


Figure 3. Diagrams of the column of *Platanthera hyperborea* var. *hyperborea* (Huron County, Ontario), A, B, column viewed laterally before (A) and after (B) self-pollination. C, D, column viewed from below, before (C) and after (D) self-pollination. a = anther wall, c = caudicle, l = lip, s = stigmatic surface, v = viscidium.

other insects associated with this plant in Ontario. I have observed wasps pollinating *E. helleborine* in several locations in York and Simcoe Counties, Ontario but never observed any other pollinators or visitors. Because of these observations of insect pollination autogamy was not suspected. However, autogamy has been reported in Europe by Martens (1926) who observed that the pollen masses pivot on their points of attachment on the rostellum so that they come down on the stigmatic surface. Hagerup (1952) reported that pollen grains fall onto the rostellum and are trapped by its viscid secretion, which later spreads out over the stigma.

Listera ovata (L.) R. Br.

Darwin (1869) noted that in older flowers of *L. ovata* the pollen became incoherent and fell onto the stigmatic surface where it germinated. He further noted that the scattering of the pollen was largely aided by the presence of thrips (tiny insects about 1 mm long).

Various references to insect pollination in *L. ovata* are available in Pijl & Dodson (1966, Appendix 2 and Fig. 17) to which can be added Godfrey's (1931) reference.

Goodyera repens (L.) R. Br. var. *repens*

Hagerup (1952) provided evidence that the massulae fall downwards in the flower bud, around the edge of the rostellum and become immersed in the viscid substance secreted by the stigma. It was not indicated whether or not the pollen had germinated and self-compatibility has not been established.

In Europe, *G. repens* has been reported to be pollinated by bumble-bees and Gray (1862b) has described how movements of the column in this and *G. pubescens* result in protandry, which lessens geitonogamous pollination since the bees move up the spike and the sequence of flower maturation is in the same direction.

Corallorhiza maculata (Raf.) Raf. var. *maculata*

The pollen masses in *C. maculata*, are located terminally on the column, remaining attached at the base by viscid matter (Fig. 4). My observations of Ontario plants (all referable to *f. maculata*) in the field and in the glass house indicate that the anther cap degenerates, leaving the pollinia free to fall forward and downward. The pollinia frequently rotate a full 270° onto the stigmatic

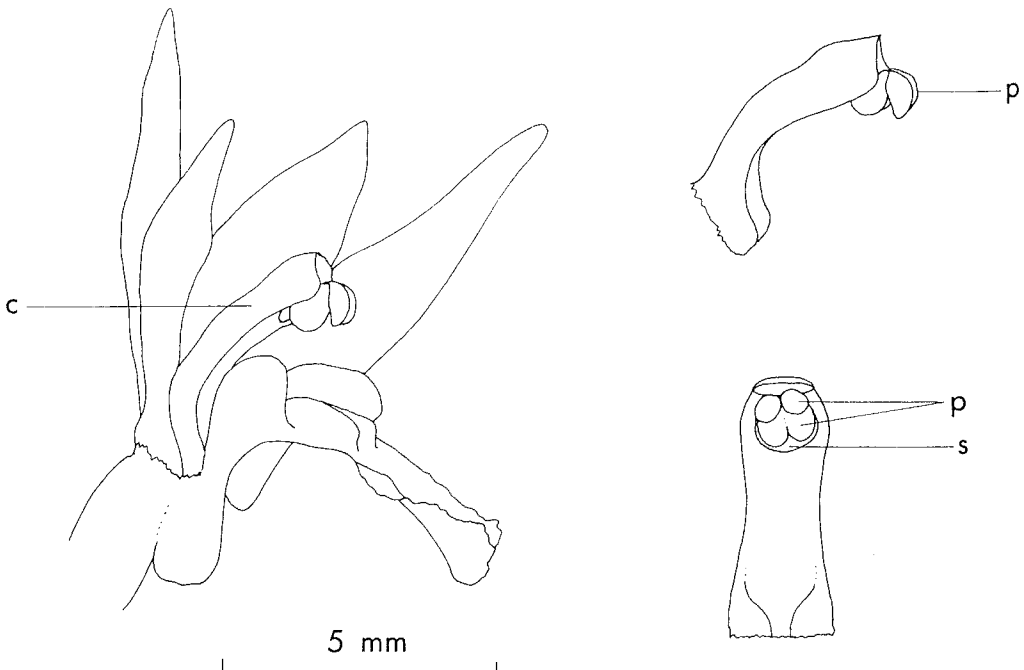


Figure 4. *Corallorhiza maculata*, flower viewed laterally with lateral sepal removed (left), column viewed laterally (upper right), column viewed from below (lower right), c = column, p = pollinia, s = stigmatic surface.

surface which forms a shallow depression on the inner side of the column. Usually only half of each pollinia contacts the stigma and subsequently expands so that autogamy is recognizable in the field. Populations and individual plants vary with respect to the amount of self-pollination that occurs. Self-pollination occurred in 5 to 50% of the flowers on an individual plant, and was followed by ripening of capsules with abundant seed. Kipping (1971) has reported somewhat higher levels of autogamy in California populations.

Self-pollination occurs after the flowers have opened and after the anther cap has shrivelled and/or fallen away. Thus exclusive insect pollination is possible shortly after the flower opens (within 48 hours). Part of the pollinia may still be withdrawn after self-pollination has occurred. Insect pollination has been reported by Kipping (1971) and by Luer (1975, p. 318).

Corallorhiza odontorhiza (Willd.) Nutt.

Corallorhiza odontorhiza is the smallest-flowered of ten species comprising the genus. Several authors (Correll, 1950; Case, 1964; Luer, 1975) report that the perianth parts of *C. odontorhiza* are connivent and do not separate or separate only partly. Luer (1975) reported examining scores of plants before finding one with flowers sufficiently open to show the petals and inner lip. Case (1964) suspected self-pollination and Luer (1975) noted that self-pollination must be very effective since practically all ovaries produce fruit without flowers opening.

In Ontario, plants are either uniformly open-flowered (chasmogamous — Fig. 5B) or uniformly closed-flowered (cleistogamous — Fig. 5A). Chasmogamous plants occur as scattered individuals in cleistogamous populations or form discrete populations that reappear year after year in the same locations. Although cleistogamy in some species appears to be a product of genotype-environmental interactions (Uphof, 1938; Frankel & Galun, 1977, p. 56), a strong genetic component is suggested in *C. odontorhiza* by the year to year constancy in both chasmogamous and cleistogamous plants.

The cleistogamous race of *C. odontorhiza* seems to be predominant over a large part of the range and is by far the most common in the Great Lakes region.

The two flower types have caused some confusion in the literature describing *C.*

odontorhiza. Correll (1950) suggested that the lateral sepals were "not produced into a mentum". Indeed the mentum is vestigial in cleistogamous plants, being rarely more than 0.3-0.5 mm long and little more than 0.1 mm raised above the surface of the ovary (Fig. 6). In chasmogamous plants the mentum is a conspicuous pale yellowish structure 1.0-1.3 mm long, raised 0.3-0.5 mm above the surface of the ovary.

Disagreement in the literature over the size of capsules may also be related to the occurrence of both cleistogamous and chasmogamous plants. The latter produce longer capsules approximating the dimensions given by Correll (1950), *i.e.* 6-8 mm long and 4 mm wide. Cleistogamous plants produce shorter capsules approximating the dimensions given by Luer (1975), *i.e.* 5 mm long and 4 mm wide.

Auricles at the base of the column serving to direct the tongue of a pollinator are much more well developed in open flowers and the lips of open flowers are much longer (Figs. 5 and 6).

The results of pollination experiments with plants from Lambton and Norfolk Counties, Ontario are shown in Table III. Chasmogamous flowers do not develop seed when left undisturbed, but they are fully self-compatible. In the field one frequently finds chasmogamous plants in which 75% of capsules have not expanded. Artificial pollinations made between cleistogamous and chasmogamous flowers, using chasmogamous flowers as the egg parent gave maximum levels of fruit production.

Ovaries of cleistogamous flowers expanded and ovules developed seed when left undisturbed, but no ovaries expanded or developed seed when the pollinia were removed from the closed flower at an early stage (Table III). Clearly the cleistogamous flowers are self-pollinated and probably self-fertilized.

Self-pollination in cleistogamous flowers is facilitated by the absence of any separation between the stigmatic surface and the pollinia (Fig. 6), whereas in open flowers there is a small flap of tissue (*i.e.* the rostellum). Although this flap of tissue is sometimes present to some degree in closed flowers, it is not sufficiently well developed to prevent the pollen masses from coming into contact with the viscid secretion of the stigmatic surface (Fig. 6). A rudimentary rostellum is characteristic of the cleistogamous flowers of the Orchidaceae (Uphof, 1938). Contact of

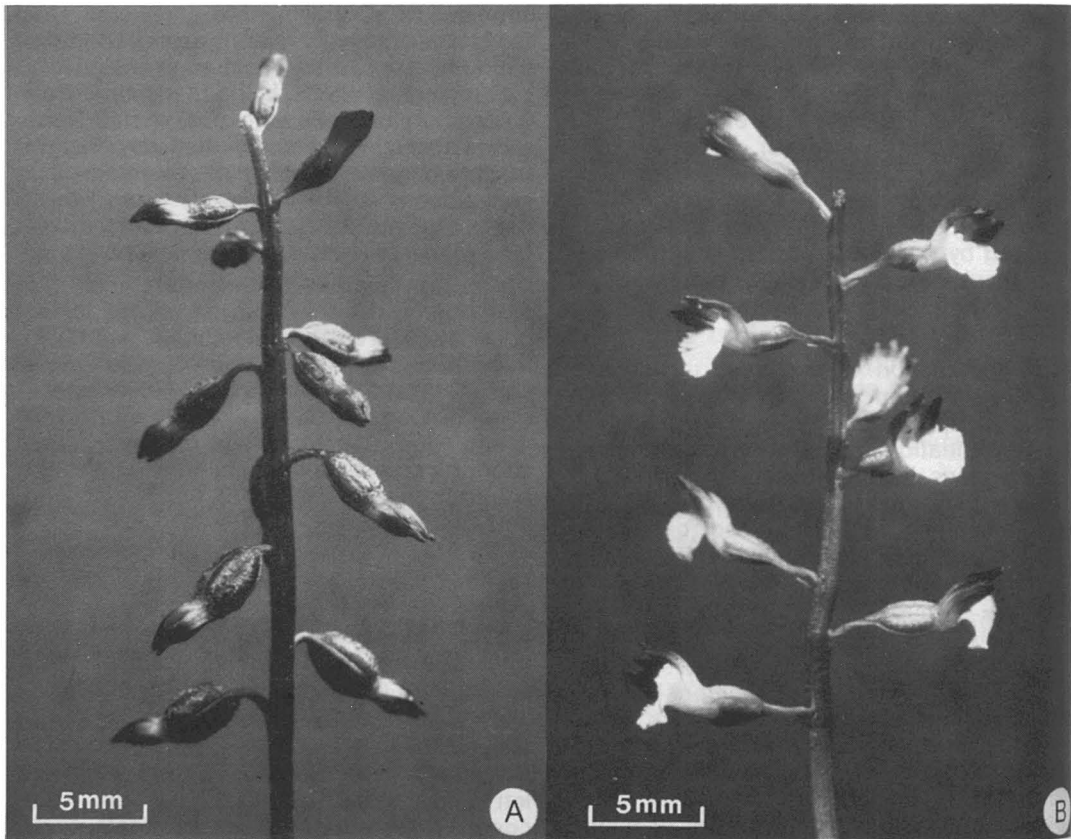


Figure 5. Flowering spikes of *Corallorhiza odontorhiza* (Lambton Co., Ontario). A, closed-flowered form. B, open-flowered form.

the pollen mass with the stigmatic fluid initiates expansion and development of pollen tubes. This begins with the two nearest pollen masses but eventually involves all four. Restricted elongation in the closed flower may contribute to forcing the pollinia and the viscid secretions of the stigmatic surface into contact.

Corallorhiza trifida Chat. var. *trifida* and var. *verna* (Nutt.) Fern.

Evans (1919) noted insect visitors in England and Silen (1906 a, b) recorded visits of syrphid flies and a few other insects in Finland (both sub *C. innata*). Silen reported that the pollinia lacked a sticky disc for which reason they adhered neither to the head of a visiting insect nor to the tip of a pencil. Kirchner (1922 a, b) was first to describe autogamy in *C. trifida* (sub *C. innata*) based on observations in northern Bavaria. He reported that the flowers are without nec-

tar, that the anther wall falls off very easily and the pollinia slide laterally from the very small rostellum to the stigma below. Autogamy described by later authors (e.g. Summerhayes, 1951) is not clearly based on new information.

Plants of var. *trifida* and var. *verna* from Ontario, maintained in insect proof cages in the glasshouse, demonstrated varying degrees of self-pollination from 50-100% in individual plants.

In both varieties the pollinia are borne terminally on the column and the anther cap falls away when or within a few days after the flower opens. The pollinia are attached basally by viscid material and they rotate readily onto the stigmatic surface. Often only half of each pollinia contacts the stigma and expands, so that the other half is left free, as in the case in *C. maculata* (Fig. 4). Thus self-pollination is recognizable in the field.

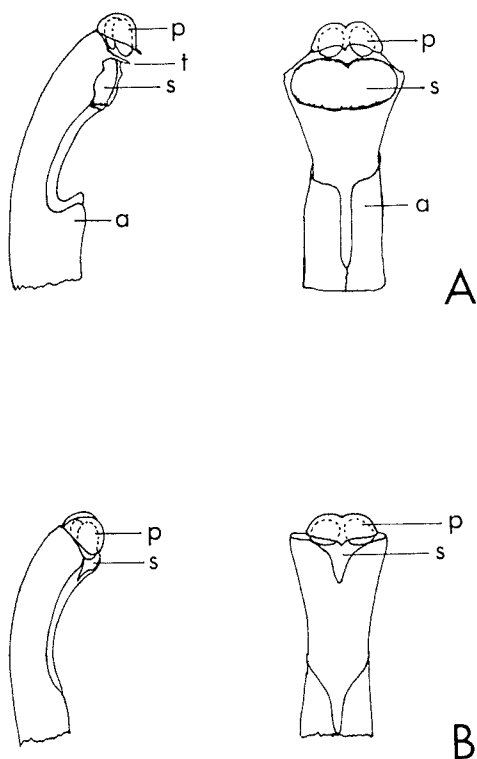


Figure 6. *Corallorhiza odororhiza* (Lambton Co., Ontario). A, column of open flower in lateral view (left) and viewed from below (right). B, column of closed flower in lateral view (left) and viewed from below (right). a = auricles, p = pollinia, s = stigmatic surface, t = flap of tissue separating stigmatic surface and pollinia.

Liparis loeselii (L.) L.C. Rich.

Catling (1980) has recently described a raising of the anther cap allowing the rotation of the coherent pollen masses onto the stigmatic surface, the incidence of this rotation being greatly increased by rain-like spray.

POSSIBLY AUTOGAMOUS TAXA

Pollination information is available for some of those species in Table I for which no evidence of autogamy was found and/or those for which a critical examination was not possible. Some, if not all of these pollination studies (see Ackerman, 1975; Ackerman & Mesler, 1979; Catling, 1982; Catling & Knerer, 1980; Gorham, 1976; Gray 1862b, 1863; Kipping, 1971; Medley, 1979; Mehrhoff, 1980; Mosquin, 1970; Smith & Snow, 1976; Stoutamire, 1967, 1969; Thien, 1969; Thien & Utech, 1970; Thien & Marcks, 1972) would have indicated autogamy had it been characteristic of the taxa concerned. Furthermore most of those taxa not critically evaluated for autogamy here (Table i) are more or less lacking the characteristic features associated with autogamy (see Ornduff, 1969). However, the difficulty in establishing autogamy (see above under "Methods") and the extent of the geographical area makes any review study of this kind preliminary. Local autogamous races may exist in some areas, especially at range limits and disjunct stations (where autogamy would have a selective advantage).

There are several eastern Canadian taxa in which autogamous races seem likely but

TABLE III

Results of various pollination experiments with *Corallorhiza odororhiza* including both open-flowered and closed-flowered plants

Treatment	No. plants tested	No. flowers tested	No. flowers expanding ovaries (%)	No. ovaries with seed (%)
Open-flowered plants				
Undisturbed (autogamy test)	8	24	1/0	0/0
Pollinia removed	3	7	0/0	0/0
Self pollination	7	7	7/100	7/100
Geitonogamous pollination	4	4	4/100	4/100
Cross-pollination	5	5	5/100	5/100
Closed-flowered plants				
Undisturbed (autogamy test)	15	120	120/100	120/100
Pollinia removed (apomixis test)	8	27	0/0	0/0

have not yet been detected. For example in *Aplectrum hyemale* the anther cap falls away soon after the flower opens and the pollen masses dangle from the rostellar ridge. In two flowers of 30 flowers on three plants from Simcoe County, Ontario, I found that vibrations and rain spray brought the pollinia around the corner of the ridge onto the stigmatic surface. The plants in this population however, are apparently self-incompatible, unlike naturally self-pollinated plants in Illinois which give rise to abundant viable seed (K. P. Kevin, pers. comm.).

In both *Goodyera tessellata* and *Goodyera pubescens*, one occasionally finds large colonies in which every ovary on every inflorescence has developed to a ripe capsule. The rostellum in *G. pubescens* and *G. tessellata* is not as well developed as in *G. oblongifolia* and it appears that some relatively small modifications, such as slight narrowing of the rostellum and oversecretion of the stigma, could give rise to self-pollination. This, however was not observed during the present study.

Although autogamy seems possible in the minute flowers of all three native eastern Canadian species of *Malaxis*, it did not occur in plants of *Malaxis monophylla* var. *brachypoda* and *M. unifolia* that were tested, nor was it apparent in a plant of *Malaxis paludosa* from the Queen Charlotte Islands. In all plants of *Malaxis* closely examined, rostellar tissue was sufficiently well developed to prevent the pollinia and the stigma from coming into contact.

Conclusion

MECHANISMS OF AUTOGAMY

It is clear from the preceding survey that mechanisms of autogamy vary in eastern Canadian Orchidaceae. Autogamy exclusively in closed flowers (cleistogamy), apparently excluding insect-pollination entirely, occurs only in *Corallorhiza odontorhiza*. In ten other autogamous taxa insect pollination is apparently still possible, particularly in the early stages of anthesis. A direct growing together of the pollinia and the stigmatic surface occurs only in *Corallorhiza odontorhiza* and *Cypripedium passerinum*. Autogamy involving rotation of pollinia occurs in *Epipactis helleborine*, *Corallorhiza maculata* var. *maculata*, *C. trifida* var. *trifida*, *C. trifida* var. *verna* and *Liparis loeselii*. Bending of the caudicle is responsible for self-pollination in *Dactylorhiza*

maculata and *Platanthera hyperborea* var. *hyperborea*. Autogamy involving a falling of pollen directly onto the stigmatic surface occurs in *Platanthera clavellata* var. *clavellata*, *P. albida* var. *albida*, *Epipactis helleborine*, *Listera ovata* and *Goodyera repens* var. *repens*. Finally the mechanism in *Coeloglossum viride* var. *viride* requires more study and detailed information on *Isotria medeoloides* is not yet available.

OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF AUTOGAMY

Kirchner (1922a,b) reviewed the occurrence of autogamy in the Orchidaceae, reporting it in 100 species representing approximately 45 genera in the Monandreae. Pijl & Dodson (1966) estimated that 200 species of orchids have been reported to be more or less regularly autogamous (See Table IV), and that approximately 3% of the family would be included in this category (*i.e.* 600 to 1000 species). Autogamy has also been extended to the Diandrae (Dodson, 1966; Day, 1972). Although some authors have commented that "it seems likely that the percentage of species which are autogamous is very low in the Orchidaceae" (Lenz & Wimber, 1959), it has not been extensively studied, and from a regional viewpoint it may be quite high. For example Kirchner (1922a,b) reported 16 of 59 (*i.e.* 27%) middle European orchids to be regularly or partially self-pollinating, and Hagerup (1952) reported that more than 50% (*i.e.* 19 species) of the orchids of Denmark are autogamous. In eastern Canada, evidence presented here suggests autogamy in 12 of 69 native taxa *i.e.* 17%, representing 7 of 19 genera (37%). This may rise to 20% in some regions of eastern Canada, but it appears that there is no significant percentage increase in autogamous orchids in the more northerly portions of the northeast. For example in the Hudson Bay lowlands 10% of the orchids are autogamous while in extreme southern Ontario 20% are autogamous.

It is constructive to consider autogamy within the context of closely related species groups (*i.e.* genera or the subdivisions of genera) and in relation to recent geological and vegetational history. For example, various members of the genus *Cypripedium* are distributed throughout North America, but *C. passerinum*, the only autogamous species in the group occurs mainly in the north and mainly in areas subject to Wisconsin glaciation within the last 10,000 years. It also occurs in areas beyond the range of

TABLE IV
Geographic distribution of autogamy in the Orchidaceae

Area	Number of taxa ²	%	Reference
Worldwide	200 reported (probably 600-1000)	3	Pijl & Dodson, 1966
Middle Europe ¹	16	27	Kirchner, 1922
Denmark ¹	19	50	Hagerup, 1952
Eastern Canada ¹	12	17	Present study
Hudson Bay ¹ lowlands	4	10	"
Southern Ontario ¹	9	20	"

¹ Only native species considered.

² Excluding forms and hybrids.

other *Cypripedium* species. *Cypripedium passerinum* has no close allies (with the possible exception of the Asian *C. macranthus*).

Liparis loeselii and *L. liliifolia* are the only representatives of the genus in northeastern North America. Of these two the larger-flowered allogamous *L. liliifolia* has a more restricted and a more southern distribution, found mainly to the south of the Wisconsin glacial boundary, and is a woodland plant. The autogamous *L. loeselii* has a more northerly distribution, occurring extensively over glaciated territory and in Europe, and it is a plant of both woodland and open mires.

SIGNIFICANCE OF AUTOGAMY IN EVOLUTION OF ORCHIDS

Although autogamy restricts gene flow leading to speciation, the relatively long distance seed dispersal in the Orchidaceae may overcome this effect much of the time. In many cases autogamy occurs in only some flowers on a plant, or only in some individuals of a population, or populations of a species. The proportion of inbreeding in species having such a mixed breeding system may have both genetic and environmental components (Jain, 1976; Frankel & Galun, 1977, p. 56; Uphof, 1938) and is therefore subject to selection. Some authors have considered such breeding systems to be optimally adaptive. Local differences in selfing rates could develop in response to differences in pollinator availability or to differences in other aspects of the specific environment. Continual adjustment of autogamy and xenogamy may bring an adaptive equilibrium incorporating immediate fitness and long

range flexibility. Although autogamy may not be essential to the isolation and fixation of new adapted gene combinations (Lefebvre, 1970; Frankel & Galun, 1977), it may still be an efficient means and as Levin (1971) has pointed out, autogamy not only restricts gene flow, it affords a climate for the conspicuous modification of floral characters. These modifications accompanying autogamy (see Ornduff, 1969) may form the basis for, or reinforce ethological isolating mechanisms (Levin, 1971).

The highly modified floral structure of the orchid family, which is associated with insect pollination, suggests that autogamy is derived from xenogamy. In addition autogamy in orchids is sometimes associated with peloria and specifically with reversion to the primitive condition of three stamens. This also suggests that it is derivative. However, these observations by no means justify our abandoning the idea that a partially autogamous taxon could give rise to new and distinctive xenogamous lines. There is evidence of the evolutionary significance of autogamy in several groups of temperate orchids. Isolation achieved in part by autogamy may have led to speciation in European *Epipactis* and *Orchis* (Proctor & Yeo, 1973, p. 252; Richards, 1981). Both of these groups represent complexes with autogamy developed to a greater or lesser extent in many species. Autogamy may have contributed to the development of more or less distinct local races (presently treated as forms) in eastern Canadian *Corallorhiza maculata*. Among other eastern Canadian orchids, autogamy may have played a role in radiation in the *Platanthera hyperborea* complex. *Liparis*

loeselii and *L. liliifolia*, and *Isotria verticillata* and *I. medeoloides* are pairs of closely related taxa with one xenogamous and one autogamous member.

FUTURE STUDIES OF AUTOGAMY IN CANADIAN ORCHIDACEAE

The present survey has included most eastern Canadian taxa, but it is far from complete with respect to the geographical area sampled, and many taxa require further study. The geographic distribution of autogamy and its correlation with geological history also deserves more study, especially in view of the fact that the data presently available suggest some interesting correlations. It is unknown whether certain self-pollinating species are self-compatible. Even in cases where self-pollination has been associated with seed development, pseudogamy triggered by self-pollination remains to be disproven through examination of serial sections. Finally there is very little information on the relative contribution of autogamy to seed production under natural circumstances in facultatively autogamous orchid taxa. In some species self-pollination can be readily determined and distinguished from geitonogamous and cross pollination by the position of the pollinia on the stigmatic surface. This fact has not yet been utilized to its potential in ecological and evolutionary studies.

Acknowledgments

The helpful comments of S.C.H. Barrett, S. Warwick, E. Small and W.J. Cody are very much appreciated. Parks Canada kindly provided material of *Cypripedium passerinum* from Pukaskwa National Park for examination.

References

- ACKERMAN, J.D., 1975. Reproductive biology of *Goodyera oblongifolia* (Orchidaceae). — *Madroño*, 23: 191-198.
- ACKERMAN, J.D. & M.R. MESLER, 1979. Pollination biology of *Listera cordata* (Orchidaceae). — *Am. J. Bot.*, 66: 820-824.
- AMES, O., 1922. A triandrous form of *Psilochilus macrophyllus* — *Orchidaceae*, 7: 45.
- CASE, F.W. Jr., 1964. Orchids of the western Great Lakes Region. — *Bull. Cranbrook Inst. Sci.*, no. 48, 147 p.
- CATLING, P.M., 1980. Rain-assisted autogamy in *Liparis loeselii* (Orchidaceae). — *Bull. Torrey bot. Club*, 107: 525-529.
- CATLING, P.M., 1983. Pollination of northeastern North American *Spiranthes* (Orchidaceae). *Can. J. Bot.* in press.
- CATLING, P.M. & G. KNERER, 1980. Pollination of the small white lady's-slipper (*Cypripedium candidum*) in Lambton County, southern Ontario. — *Can. Fl. Nat.*, 94: 435-438.
- CORRELL, D.S., 1950. Native orchids of North America, north of Mexico. — *Chronica Botanica Co.*, Waltham, Mass., 399 p.
- CURTIS, J.T., 1941. Peloric flowers in *Cypripedium reginae* Walt. — *Am. Midl. Nat.*, 25: 580-583.
- DARWIN, C., 1869. Notes on the fertilization of orchids. — *Ann. Mag. nat. Hist.*, 21: 141-159.
- DAY, C., 1972. Observations on self-pollination in *Paphiopedilum* species. — *Bull. Am. Orchid Soc.*, 41: 592.
- DODSON, C.H., 1966. Studies in orchid pollination *Cypripedium*, *Phragmopedium* and allied genera. — *Bull. Am. Orchid Soc.*, 35: 125-128.
- EVANS, W., 1919. Note on insect visitors to *Corallorhiza innata* and some other orchids in the Forth district. — *Trans. bot. Soc. Edinb.*, 27: 136-138.
- FRANKEL, R. & E. GALUN, 1977. Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. — *Monographs on theoretical and applied genetics*, 2, Springer Verlag, New York, 281 p.
- FRYXELL, P.A., 1957. Mode of reproduction of higher plants. — *Bot. Rev.*, 23: 135-233.
- GODFERY, M.J., 1931. The pollination of *Coelogylossum*, *Nigritella*, *Serpis*, etc. — *J. Bot. Lond.*, 69: 129-130.
- GORHAM, J.R., 1976. Orchid pollination by *Aedes* mosquitoes in Alaska. — *Am. Midl. Nat.*, 95: 208-210.
- GRAY, A., 1862a. Enumeration of the plants of Dr. Parry's collection in the Rocky Mountains. — *Am. J. Sci.*, Ser. 2, 34: 249-261.
- GRAY, A., 1862b. Fertilization of orchids through the agency of insects. — *Am. J. Sci.*, Ser. 2, 34: 420-429.
- GRAY, A., 1863. Structure and fertilization of certain orchids. — *Am. J. Sci.*, Sr. 2, 36: 292-294.
- GUIGNARD, J.A., 1886. Insects and orchids. — *Ent. Soc. Ontario*, 16th A. Rep., p. 39-48.
- HAGERUP, O., 1951. Pollination in the Faroes, in spite of rain and poverty in insects. — *K. danske Vidensk. Selsk. Skr. Biol. Meddr.*, 18: 1-48.
- HAGERUP, O., 1952. Bud autogamy in some northern orchids. — *Phytomorphology*, 2: 51-60.
- JAIN, S.K., 1976. The evolution of inbreeding in plants. — *A. Rev. Ecol. Syst.*, 7: 469-495.
- JUDD, W.W., 1972. Wasps (Vespidae) pollinating helleborine, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, at Owen Sound, Ontario. — *Proc. ent. Soc. Ontario*, 102: 115-118.

- JUDD, W.W., 1979. Arthropods associated with helleborine orchid, *Epipactis helleborine* (L.) Crantz, at Dunnville, Ontario. — *Ent. News*, 90: 41-44.
- KIPPING, J.L., 1971. Pollination studies of native orchids. — M.A. thesis, San Francisco St. Coll., 87 p.
- KIRCHNER, O. von, 1922a. Über Selbstbestäubung bei den Orchideen. — *Flora*, 115: 103-129.
- KIRCHNER, O. von, 1922b. Zur Selbstbestäubung der Orchidaceen. — *Ber. dt. bot. Ges.*, 40: 317-321.
- LEFEBRE, C., 1970. Self-fertility in maritime and zinc mine populations of *Armeria maritima* (Mill.) Willd. — *Evolution*, 24: 571-577.
- LENZ, L.W. & D.E. WIMBER, 1959. Hybridization and inheritance in orchids. — Pages 261-314 in C.L. Withner (ed.). *The orchids. A scientific survey*. Ronald Press, New York, 648 p.
- LEVIN, D.A., 1971. The origin of reproductive isolating mechanisms in flowering plants. — *Taxon*, 20: 91-113.
- LLOYD, D.G., 1979. Some reproductive factors affecting the self-fertilization in plants. — *Am. Nat.*, 113: 67-79.
- LUER, C.A., 1975. The native orchids of the United States and Canada excluding Florida. — New York Botanical Garden, New York, 361 p.
- MARTENS, P., 1926. L'autogamie chez l'*Orchis* et chez quelques autres Orchidées. — *Bull. Soc. r. Bot. Belg.*, 59: 69-88.
- MEDLEY, M., 1979. Some aspects of the life history of *Triphora trianthophora* (Sw.) Rydb. (Three birds orchid) with special reference to its pollination. — M.A. thesis, Andrews University, 45 p.
- MEHRHOFF, L.A., 1980. Reproductive systems in the genus *Isotria* (Orchidaceae) [Abstract] — *Misc. Publ. bot. Soc. Am.*, no. 158, p. 72.
- MOSQUIN, T., 1970. The reproductive biology of *Calypso bulbosa* (Orchidaceae). — *Can. Fl. Nat.*, 84: 291-296.
- ORNDUFF, R., 1969. Reproductive biology in relation to systematics. — *Taxon*, 18: 121-133.
- PIJL, L. van der & C.H. DODSON, 1966. *Orchid flowers, their pollination and evolution*. — Univ. Miami Press, Coral Gables, Florida, 214 p.
- PROCTOR, M. & P. YEO, 1973. *The pollination of flowers*. — New Naturalist Series, Collins, London, 418 p.
- RICHARDS, A.J., 1981. The influence of minor structural changes in the flower on breeding systems and speciation in *Epipactis* (Orchidaceae) [Abstract]. — *Proc. Inst. Bot. Congr.*, 13: 102.
- SILEN, F., 1906a. Blombiologisk iakttagelser i södra Finland. — *Meddn. Soc. Fauna Flora fenn.*, 32: 120-139.
- SILEN, F., 1906 b. Blombiologisk iakttagelser i Killilla Lappmark. — *Meddn. Soc. Fauna Flora fenn.*, 31: 80-99.
- SMITH, G.R., & G.E. SNOW, 1976. Pollination ecology of *Platanthera (Habenaria) ciliaris* and *P. blephariglottis* (Orchidaceae). — *Bot. Gaz.*, 137: 133-140.
- STOUTAMIRE, W.P., 1967. Flower biology of the lady's-slippers. — *Mich. Bot.*, 4: 159-175.
- STOUTAMIRE, W.P., 1969. Pollination in temperate American orchids. — Pages 233-243 in M.J.G. Corrigan (ed.). *Proc. 6th World Orchid Conf.* Halfstead Press, Sydney.
- SUMMERHAYES, V.S., 1951. *Wild orchids of Britain*. — Collins, London, 366 p.
- THIEN, L.B., 1969. Mosquito pollination of *Habenaria obtusata* (Orchidaceae). — *Am. J. Bot.*, 56: 232-237.
- THIEN, L.B. & B.G. MARCKS, 1972. The floral biology of *Arethusa bulbosa*, *Calopogon tuberosus*, and *Pogonia ophioglossoides* (Orchidaceae). — *Can. J. Bot.*, 50: 2319-2325.
- THIEN, L.B. & F. UTECH, 1970. The mode of pollination in *Habenaria obtusata* (Orchidaceae). — *Am. J. Bot.*, 57: 1031-1035.
- UPHOF, J.C.T., 1938. Cleistogamic flowers. — *Bot. Rev.*, 4: 21-49.

ADDITIONS À LA FLORE DES CHAMPIGNONS DU QUÉBEC

R. McNEIL

Centre de recherches écologiques de Montréal,
Université de Montréal
Montréal, Québec H3C 3J7

Résumé

À partir de récoltes récentes et d'un relevé des spécimens provenant du Québec et déposés à l'Herbier national de mycologie du Canada (Institut de recherches biosystémiques d'Agriculture Canada) à Ottawa, Ontario, l'auteur ajoute quelque 150 espèces à la flore mycologique du Québec et y confirme par des récoltes la présence de 68 autres.

Abstract

Some 150 species are added to the mycological flora of Québec and the presence of 68 others is confirmed by recent collections or by specimens collected in Québec and deposited in the National Mycological Herbarium of Canada (Biosystematics Research Institute of Agriculture Canada) in Ottawa, Ontario.

Introduction

Pomerleau (1980) met à la disposition des mycologues l'un des plus importants traités nord-américains de mycologie pratique. Dans cet ouvrage, il décrit et mentionne «près de 1400 espèces de champignons... trouvés dans l'espace géographique de la province de Québec ou dont la présence a été signalée dans les régions limitrophes, comme l'est de l'Ontario, le nord des États de la Nouvelle-Angleterre et les Provinces de l'Atlantique». Il ajoute cependant que «ce vaste territoire est encore incomplètement exploré... et que des éléments de cette flore restent à découvrir...».

L'objectif du présent document est de faire état de la présence de certaines espèces de champignons dont la récolte au Québec n'avait pas été signalée à Pomerleau avant la publication de son livre ou qui y ont été trouvées depuis. Il a aussi pour objectif de clarifier le statut d'espèces dont la présence au Québec, soupçonnée par Pomerleau (1980), est confirmée par la récolte de spécimens.

Pour réaliser cet objectif, l'auteur a relevé systématiquement les données relatives à toutes les récoltes réalisées au Québec, déposées à l'Herbier national de mycologie du Canada (Institut de recherches biosysté-

matiques, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario), et correspondant à des espèces non incluses dans l'ouvrage de Pomerleau (1980) ou dont il soupçonnait la présence au Québec.

Ces additions à la flore mycologique du Québec sont limitées aux groupes des Ascomycètes et des Basidiomycètes. Certaines espèces, en particulier dans le genre *Russula*, de validité douteuse ou dont la synonymie n'est pas très claire ont été exclues. Sont exclus aussi tous les Myxomycètes, de même que les espèces non mentionnées par Pomerleau (1980) mais dont la présence au Québec a déjà été signalée par d'autres auteurs (Baroni, 1981; Gilliam, 1975; Ginns, 1980; Groves & Macrae, 1963; Hesler & Smith, 1979; Jackson, 1948; Pirozynski, 1974; Redhead, 1980, 1981; Redhead & Ginns, 1980; Redhead & Malloch, 1980; Redhead & Thompson, 1980; Redhead & Traquair, 1981; Snell & Dick, 1970; Weresub, 1971), ainsi que les espèces dont la présence au Québec, soupçonnée par Pomerleau (1980), est confirmée par ces mêmes auteurs. Tout comme dans Pomerleau (1980), ne sont retenues que les entités tendres et assez volumineuses (0,5 cm et plus de diamètre), sauf exceptions dans les groupes qui, en plus de comporter des espèces de 0,5 cm et plus, en comportent aussi de plus petites. Ces limi-

tes ont entraîné le rejet d'un grand nombre d'espèces d'Ascomycètes, en particulier d'Hélotiales. Dans le groupe des Pyrénomycètes, seuls les genres déjà couverts par Pomerleau (1980) ont été l'objet d'un relevé à l'Herbier national de mycologie du Canada. Dans le groupe des Polyporales *sensu lato* ne sont inclus que les Hydnamycètes, Cantharellales et Clavariaceae.

Présentation des espèces

À l'intérieur de chaque groupe (v.g. ordre ou famille), les espèces sont présentées par ordre alphabétique des genres et des espèces. Pour chaque espèce, les données sont fournies dans l'ordre suivant :

- Nom d'une localité où l'espèce a été récoltée.
- Date de la récolte de l'échantillon (année, mois, jour).
- Numéro de l'échantillon dans un herbier (voir plus bas).
- Entre parenthèses, les initiales de la personne qui a déterminé l'échantillon ou a confirmé sa détermination, sauf s'il s'agit de J. W. Groves (voir plus bas).
- Auteur (et année de publication) d'une référence pouvant être consultée pour obtenir une description détaillée de l'espèce lorsque celle-ci n'est pas déjà décrite par Pomerleau (1980).

Des données relatives à plus d'une récolte peuvent être fournies sous le nom d'une même localité sans répétition du nom de celle-ci; de plus, plusieurs personnes peuvent avoir contribué à la détermination des spécimens ou à la confirmation (Conf.) de celle-ci.

LOCALITÉ

Les noms de localités ou d'entités géographiques sont présentés par ordre alphabétique, suivis entre parenthèses de la division de recensement d'après la Commission de toponymie (1978) :

Aylmer (Gatineau)
Baie-Saint-Paul (Charlevoix-Ouest)
Beauceville (Beauce)
Bochart (Lac-Saint-Jean-Ouest)
Bouchette (Gatineau)
Burnet (Gatineau)
Calumet (Argenteuil)
Cantley (Hull)
Cap-Rouge (Québec)
Cap-Saint-Jacques (Île-de-Montréal)
Chandler (Gaspé-Est)

Charny (Lévis)
Châteauguay (Châteauguay)
Chelsea (Gatineau)
Clarenceville (Missisquoi)
Clova (Abitibi)
Contrecoeur (Verchères)
Duchesnay (Portneuf)
Eardley (Pontiac)
Granby (Shefford)
Grande rivière de la Baleine (Territoire du Nouveau-Québec)
Hull (Hull)
Île des Soeurs (Île-de-Montréal)
Île Jésus (Île-Jésus)
Île Perrot (Vaudreuil)
Kingsmere (Gatineau)
Lac du Poisson Blanc (Gatineau-Papineau)
Lac Écho (Terrebonne)
Lac Fairy (Hull)
Lachute (Argenteuil)
Lac la Pêche (Pontiac)
Lac McGregor (Papineau)
Lac Meach (Gatineau)
Lac Saint-Pierre (Papineau)
Lac Trois-Saumons (L'Islet)
Lakefield (Argenteuil)
La Pocatière (Kamouraska)
La Salle (Île-de-Montréal)
Lennoxville (Sherbrooke)
L'Islet (L'Islet)
Lorraine (Terrebonne)
Low (Gatineau)
Melocheville (Beauharnois)
Mont Albert (Gaspé-Ouest)
Mont Burnet (Gatineau)
Mont Jacques-Cartier (Gaspé-Ouest)
Montréal (Île-de-Montréal)
Mont-Rolland (Terrebonne)
Mont Saint-Grégoire (Iberville)
Mont Yamaska (Rouville)
Oka (Deux-Montagnes)
Old Chelsea (Gatineau)
Parc Chibougamau (Lac-Saint-Jean-Ouest)
Parc de la Gatineau (Gatineau-Pontiac)
Parc de la Vérendrye (Gatineau-Montcalm-Pontiac)
Percé (Gaspé-Est)
Port-au-Saumon (Charlevoix-Est)
Québec (Québec)
Rawdon (Montcalm)
Rimouski (Rimouski)
Rivière George (Territoire-du-Nouveau-Québec)
Rivière-Ouelle (Kamouraska)
Sand Bay (Pontiac)
Saraguay (Île-de-Montréal)
Saint-Aubert (L'Islet)
Saint-Canut (Deux-Montagnes)
Sainte-Anne-de-Bellevue (Île-de-Montréal)
Sainte-Béatrix (Joliette)
Sainte-Cécile-de-Masham (Gatineau)
Sainte-Lucie-de-Beauregard (Montmagny)
Saint-Fabien-de-Panet (Montmagny)
Saint-Hilaire (Rouville)
Saint-Hippolyte (Terrebonne)
Saint-Hubert (Chambly)
Saint-Liguori (Montcalm)

Saint-Pierre-de-Wakefield (Papineau)
 Tenaga (Gatineau)
 Tourville (L'Islet)
 Tracy (Richelieu).

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS D'HERBIERS

La plupart des échantillons qui sont mentionnés dans le présent document sont déposés à l'Herbier national de mycologie du Canada; en conséquence, pour raison d'économie d'espace, ils ne sont indiqués que par leur numéro sans mention du symbole DAOM (Department Agriculture Ottawa Mycology) qui identifie généralement l'herbier. Les autres échantillons sont déposés dans l'herbier de l'auteur et ils sont indiqués par l'abréviation « McN. » (pour McNeil) suivie d'un numéro. La plupart des récoltes déposées dans l'herbier « McN. » ont été l'objet d'une photographie-couleur, à l'état frais en milieu naturel. Dans le cas où une récolte est déposée dans les deux herbiers, le numéro DAOM suit entre parenthèses, accompagné des initiales de la personne qui a réalisé sa détermination ou l'a confirmée.

DÉTERMINATION DES ÉCHANTILLONS

Un très grand nombre de spécimens déposés à l'herbier DAOM ont été déterminés par J.W. Groves. Pour raison d'économie d'espace dans le présent document, il est convenu avec le lecteur qu'un échantillon DAOM mentionné par son numéro seul et non suivi d'initiales entre parenthèses a été déterminé par J.W. Groves seul, sans l'aide d'un autre intervenant.

Les autres échantillons, incluant ceux de l'herbier « McN. », ont été déterminés ou leur détermination a été confirmée (Conf.) par d'autres mycologues reconnus. Un grand nombre d'entre eux sont ou ont été rattachés à l'Institut de recherches biosystématiques d'Agriculture Canada à Ottawa. Ces personnes sont représentées par leurs initiales placées entre parenthèses juste après le numéro de l'échantillon :

A.H.S. (A.H. Smith)
 C.A.L. (C.A. Loveland)
 C.T.R. (C.T. Rogerson)
 D.B.O.S. (D.B.O. Saville)
 D.D. McL. (D.D. McLain)
 D.M. (D. Malloch)
 D.P.R. (D.P. Rogers)
 F.J.S. (F.J. Seaver)
 F.L.D. (F.L. Drayton)
 G.L.H. (G.L. Hennebert)
 H.A.C.J. (H.A.C. Jackson)

H.E.B. (H.E. Bigelow)
 H.S.C. (H.S. Cook)
 H.S.J. (H.S. Jackson)
 I.L.C. (I.L. Conners)
 J.A.P. (J.A. Parmelee)
 J.D. (J. Dearness)
 J.D.R. (J.D. Rogers)
 J.H.G. (J.H. Ginns)
 J.H.M. (J.H. Miller)
 J.P.W. (J.P. White)
 J.S. (J. Speirs)
 J.W.G. (J.W. Groves)
 K.N.E. (K.N. Egger)
 L.K.W. (L.K. Weresub)
 M.E.B. (M.E. Bigelow)
 M.E.E. (M.E. Elliott)
 M.P. (M. Pantidou)
 M.P.C. (M.P. Corlett)
 N.K.N. (N.K. Nobles)
 R.A.M.G. (R.A. Maas Geesteranus)
 R.A.S. (S.A. Shoemaker)
 R.F.C. (R.F. Cain)
 R.H.A. (R.H. Arnold)
 R.J.B. (R.J. Bandoni)
 R.M. (R. Macrae)
 R. McN. (R. McNeil)
 R.P. (R. Pomerleau)
 R.W. (R. Watling)
 S.A.R. (S.A. Redhead)
 S.C.H. (S.C. Hoare)
 S.C.T. (S.C. Thomson)
 W.S.O. (W.S. Odell)
 ? (déterminateur non identifié).

Ascomycètes

DISCOMYCÈTES

Pézizales

Aleurina aquehongensis Seav. — Lac Écho : 56-07-14, 59952. Cette espèce devrait plutôt être placée dans le genre *Peziza*. Seaver (1928).

Cheilymenia theleboloïdes (Alb. & Schw. ex Fr.) Boud. — Mont Jacques-Cartier : Juillet 61, 87942. Cap-Saint-Jacques : 80-05-29, McN. 551 (K.N.E.). Dennis (1978).

Geopyxis carbonaria (Alb. & Schw. ex Fr.) Sacc. — Oka : 79-05-19, McN. 342 (Conf. K.N.E. et R.P.). Dennis (1978).

Helvella cupuliformis Dis. & Nannf. — Île des Sœurs : 80-07-23, McN. 649 (R.P.). Weber (1972).

Helvella queletii Bres. — Kingsmere : 57-07-22, 26676 (J.W.G. et C.A.L.). Weber (1972).

Helvella stevensii Pk — Sainte-Béatrix : 81-09-13, McN. 1303 (R.P.). Weber (1972).

- Helvella sulcata* Fr. — Saint-Hippolyte: 79-06-19, *McN.* 361 (Conf. K.E. et R.P.) et plusieurs autres échantillons trouvés au même endroit de juin à septembre en 1979 et 1980. Weber (1972). Toutefois H. Dissing (*vide* Dennis, 1978) considère que cette forme ne peut être séparée en tant qu'espèce distincte de *H. lacunosa* Fr.
- Helvella villosa* (Hed. ex Kunt.) Dis. & Nannf. — Parc de la Gatineau: 67-08-03, 11652 (M.E.E.); 71-09-16, 138892 (M.E.E.). Percé: 80-08-05, *McN.* 741 (R.P.). Weber (1972).
- Leucoscypha vivida* (Nyl.) Rif. & Den. — 15 km au nord de Bodhart: 76-08-29, 160755 (S.A.R.). Dennis (1978), sous *Neottiella*.
- Microstoma protracta* (Fr.) Kanouse — Tena-ga: 39-05-10, 5421. Dennis (1978).
- Octospora humosa* (Fr.) Den. — Lachute: 77-10-22, *McN.* 217 (Conf. R.P.). Dennis (1978).
- Peziza cerea* Sow. ex Mérat — Saint-Pierre-de-Wakefield: 61-08-29, 128795. Dennis (1978).
- Peziza fimeti* (Fuck.) Seav. — Cantley: 74-06-06, 145960 (H.H.G. et D.M.).
- Peziza micropus* Pers. — Cantley: 79-06-24, 172755. Dennis (1978).
- Peziza ostracoderma* Korf — Cantley: 73-05-03, 144178 (J.H.G. et D.M.). Parc de la Gatineau: 79-11-01, 170074 (J.P.W.). Dennis (1978).
- Scutellinia erinaceus* (Schw.) Kunt. — Mont Albert: 57-07-07, 74703 (M.E.B.). Parc de la Gatineau: 65-09-25, 110679 (M.E.E.). Ces échantillons sont marqués «*Patella setosa* (Nees) Seav. = *S. erinaceus*» dans DAOM. Melocheville: 81-07-31, *McN.* 1181 (Conf. R.A.S.). Montréal: 80-08-14. *McN.* 798 (Conf. R.A.S.). Denison (1959).
- Scutellinia pennsylvanica* (Seav.) Denison — Cap-Saint-Jacques: 80-06-05, *McN.* 566 80-07-03, *McN.* 605 (Conf. R.P.). Denison (1959).
- Sphaerosporella brunnea* (Alb. & Schw. ex Fr.) Svrček et Kubička — Rawdon: 81-08-12, *McN.* 1219 (Conf. M.P.C.). Dennis (1978).
- Hélotiales**
- Ascocoryne cyllichnium* (Tul.) Korf — Châteauguay: 80-09-27, *McN.* 935 (Conf. R.P.). Québec: Février 69, 127045. Saint-Hippolyte: 78-09-23, *McN.* 304 (Conf. K.N.E.); l'espèce fut retrouvée au même endroit en 1979 et 1980. Dennis (1978).
- Bulgaria inquinans* Fr. — Lac Tantari: 78-09-28, *McN.* 80 (Conf. R.P.).
- Catinella nigro-olivacea* (Schw.) Dur. — Parc de la Gatineau: 53-07-14, 37521 et 37522: 61-08-01, 83867. Seaver (1951).
- Chlorociboria strobilina* (Alb. & Schw.) Seav. — Lakefield: Mai 1967, 117142. Parc de la Vérendrye: 74-05-28, 145941. Seaver (1951).
- Cudoniella clavus* (Alb. & Schw.) Den. — Cantley: 74-05-31, 145943 (J.H.G.). Parc de la Gatineau: 61-05-31, 82870. DAOM comporte quelques autres échantillons de la région de Gatineau. Dennis (1978).
- Hymenoscyphus calyculus* (Sow. ex Fr.) Phillips — Châteauguay: 80-08-01, *McN.* 720 (K.E. et R.P.). Melocheville: 81-08-06, *McN.* 1192 (R. *McN.*). Dennis (1978).
- Mollisia cinerea* (Batsch ex Mérat) Karst. — Mont Yamaska: 56-09-06, 43131. Parc de la Gatineau: 80-05-23, 176131 (K.N.E.). Saraguay: *McN.* 601 (R.P.). Dennis (1978).
- Orbilbia xanthostigma* (Fr.) Fr. — Sainte-Anne-de-Bellevue: 80-06-09, *McN.* 565 (Conf. K.N.E.). Espèce apparemment fréquente. Dennis (1978).
- Trichoglossum farlowii* (Cke) Dur. — Mont Burnet: 38-08-08, 5262.
- Ostropales**
- Apostemidium vibrisseoides* (Pk) Boud. — Parc de la Gatineau: 65-05-17, 46436 (F.L.D.).
- PYRÉNOMYCÈTES**
- Chromocreopsis cubispora* (Ell. & Holw.) Seav. — Melocheville: 81-07-31, *McN.* 1182 (M.P.C.). Seaver (1910).
- Cordyceps ravenelii* B. & C. — Cantley: 71-05-08, 134141 (R.A.S.). Clarenceville: Juillet 1933, 3058 (E.B.M.); 41-11-19, 51911' (E.B.M.). Smith & Smith (1973).
- Creopus gelatinosus* (Tode ex Fr.) Link — Île des Sœurs: 80-07-23, *McN.* 700 (Conf. R.P.). Dennis (1978). Cette espèce devrait être placée dans le genre *Hypocrea*.
- Daldinia vernicosa* (Schw.) Ces. & De Not. — Charny: 39-09-17, 5988 (R.M.). Châteauguay: 78-02-11, *McN.* 990 (Conf. K.N.E.). Graham (1944).
- Hypocrea chionea* E. & E. — Parc de la Gatineau: 45-07-12, 15649. Seaver (1910).
- Hypocrea patella* Cke & Pk — Chelsea: 36-10-08, 5922 (I.L.C. et J.W.G.). Duchesnay: 38-08-24, 5313 (F.J.S.). Saraguay: 80-07-16, *McN.* 625 (R.P.). Seaver (1910).

- Hypocrea schweinitzii* (Fr.) Sacc. — Parc de la Gatineau: 56-07-12, 139758 (R.H.A.). Seaver (1910) sous le nom de *H. lenta*.
- Hypomyces aurantius* (Fr.) Tul. — Mont Albert: 57-07-11, 74475 (M.E.B.). Seaver (1910).
- Hypomyces rosellus* (Alb. & Schw. ex Fr.) Tul. — Parc Chibougamau: 76-08-23, 175856 (C.T.R.). Seaver (1910).
- Hypoxylon fragiforme* (Pers. ex Fr.) Kickx. — Cap-Rouge: 80-02-10, *McN.* 525 (Conf. M.P.C.); 80-08-08, *McN.* 782 (R. McN.). Chelsea: Février 1972, 176528 (R.H.A.). Dennis (1978) et Miller (1961).
- Hypoxylon howeianum* Pk — Chelsea: 73-08-13, 147026 (R.H.A.). Dennis (1978) et Miller (1961).
- Hypoxylon mediterraneum* (DeNot.) Pk — Cap-Rouge: 79-12-31, *McN.* 519 (M.P.C.). Miller (1961).
- Hypoxylon papillatum* E. & E. — Kingsmere: 52-10-28, 29307 (J.H.M.). Miller (1961).
- Hypoxylon rubiginosum* (Pers. ex Fr.) Fr. — Hull: 60-10-28, 71441 (G.L.H.). Melocheville: 81-05-27, *McN.* 1011 (R. McN.). Rawdon: 81-05-23, *McN.* 1002 (R. McN.). Dennis (1978).
- Xylaria digitata* (L. ex Fr.) Grev. — Eardley: Septembre 1930, 4919 (W.S.O.). L'Islet: Août 1943, 14343 (D.B.O.S.).
- Xylaria hypoxylon* (L. ex Fr.) Grev. — Cap-Saint-Jacques: 80-06-03, *McN.* 554 (Conf. M.P.C.). Dennis (1978).

Basidiomycètes

AURICULARIALES, DACRYMYCÉTALES ET TREMELLALES

- Dacrymyces minor* Pk — Cantley: 75-11-05, 147593 (J.H.G.). Île Perrot: 41-08-27, 161861 (R.F.C.). Sainte-Anne-de-Bellevue: 41-08-25, 161862 (R.F.C.).
- Dacrymyces punctiformis* Neuhoff — Baie-Saint-Paul: 59-09-04, 53637 (R.J.B.).
- Dacrymyces variisporus* McNabb — Lachute: 81-06-17, *McN.* 1120 (Conf. J.H.G.). Reid (1974).
- Ductifera palulahuana* (Pat.) Donk. — Cap-Saint-Jacques: 80-06-05, *McN.* 555 (178465, J.H.G.). LaSalle: 34-08-12, 73068 (R.J.B.). Martin (1952) sous le genre *Tremella*.
- Eichleriella spinulosa* (Berk. & Curt.) Burt — Mont Albert: 61-08-05, 72859 (L.K.W. et D.D. McL.). Martin (1952).

- Gloeotulasnella pinicola* (Bres.) Rogers — Sainte-Anne-de-Bellevue: 41-08-25, 160862 (R.F.C.). Martin (1952).
- Guepiniopsis minuta* Olive — Sainte-Cécile-de-Masham: 60-10-15, 73725 (R.J.B.). Olive (1954).
- Herpobasidium deformans* Gould — Beauceville: 40-07-22, 6892 (I.L.C.). Caldwell: 39-06-26, 5658. Lennoxville: 40-08-29, 6698 (D.B.O.S.). Montréal: 57-07-04, 28564. Saint-Aubert: 39-08-13, 5709 (I.L.C.). Saint-Jean-Port-Joli: 40-07-24, 19046 (I.L.C.). Martin (1952).
- Sebacina calcea* (Pers.) Bres. — Burnet: 52-07-24, 31239 (J.S.). Martin (1952).
- Sebacina cinerea* Bres. — Île Jésus: 41-08-26, F10313 (H.S.J.). Parc de la Gatineau: 59-07-05, 53320 (R.J.B.). Martin (1952).
- Sebacina helvelloides* (Schw.) Burt — Île Jésus: 41-08-28, 160847 (H.S.J.). Martin (1952).
- Sebacina opalea* Bourd. & Galz. — Cantley: 78-10-30, 170503 (J.H.G. et L.K.W.). Martin (1952).
- Sebacina podlachica* Bres. — Lac Meach: 53-07-07, 73719 (R.J.B.). Mont Burnet: 35-10-01, F-6015 (M.K.N.). Martin (1952).
- Tremella concrescens* (Fr.) Burt — Château-guay: 80-09-02, *McN.* 868 (Conf. R.P.). Saraguay: 81-08-13, *McN.* 991. Martin (1952).
- Tremellodendron tenax* (Schw.) Burt — Île Perrot: 50-09-08, 126985 (R.J.B.).
- Tulasnella bifrons* Bourd. & Galz. — Sainte-Anne-de-Bellevue: 41-08-27, 160866 (R.F.C.). Martin (1952).
- Tulasnella violea* (Qué.) Bourd. & Galz. — Chelsea: 36-10-08, F7232 (M.K.N.). Lac Trois-Saumons: 67-06-17, 126145 (L.K.W.). Old Chelsea: 52-10-27, 30272 (R.M.). DAOM comporte quelques autres échantillons de la région de Gatineau. Martin (1952).

HYMÉNOMYCÈTES

Polyporales

A) Hydnnacées

- Bankera fuligineo-alba* (Schmidt ex. Fr.) Pouz. — Eardley: 37-09-22, 7528 (R.A.M.G.). Lachute: 54-11-03, 100899 (R.M.); 65-08-19, 100905 (R.M.). Parc de la Vérendrye: 65-09-14, 125941 (R.M.).
- Hydnellum ferrugineum* (Fr. ex Fr.) Karst. — Lachute: 79-08-25, *McN.* 409 (176400, Conf. H.H.G.). Maas Geesteranus (1975)

considère cette espèce comme synonyme de *H. pineticola* Harr. (Voir Pomerleau, 1980).

Hydnum crassum Harr. — Saint-Aubert: 45-09-05, 94841 (K.A.H.); 46-09-18, 16907 (K.A.H.). DAOM comporte aussi d'autres échantillons révisés par K.A.H. et d'abord identifiés par J.W.G. comme *H. brevipes* (Cok.) Snell. Harrison (1961).

Phellodon atratus Harr. — Lachute: 81-09-19, McN. 1320 (R. McN.). Smith & Smith (1973).

B) Cantharellacées et Clavariacées

Cantharellus ignicolor Peterson — Cap-Rouge: 80-08-09, McN. 761 (S.A.R.). Saint-Fabien-de-Panet: 80-07-27, McN. 683 (S.A.R.). Sainte-Anne-de-Bellevue: 81-07-23, McN. 1179 (R. McN.).

Clavariadelphus sachalinensis (Imai) Cor. — Oka: 73-10-13, McN. 505 (Conf. J.H.G. et R.P.). Corner (1950) et Smith & Smith (1973).

Clavulinopsis luteo-alba (Rea) Cor. — Duchesnay: 38-08-26, F-8392 (R.H.P.). Corner (1950).

Ramaria xanthosperma (Pk) Cor. — Rimouski: 80-08-03, McN. 730 (R.P.).

Agaricales

A) Hygrophoracées

Hygrocybe ovina (Fr.) Küh. — Rimouski: 80-08-02, McN. 728 (S.A.R.). Hesler & Smith (1963) sous le genre *Hygrophorus*.

Hygrophorus acutoconicus (Clements) Smith — Parc de la Gatineau: 56-07-12, 51916 (S.C.T.). Hesler & Smith (1963).

Hygrophorus agathosmus Fr. — Parc de la Gatineau: 54-09-09, 45300 (S.C.H.). Hesler & Smith (1963).

Hygrophorus hypothejus (Fr.) Fr. — Parc de la Vérendrye: 65-09-14, 113896. Hesler & Smith (1963).

Hygrophorus minutulus Pk — Parc de la Gatineau: 69-09-29, 128806.

Hygrophorus occidentalis Smith & Hes. — Saint-Aubert: 63-09-20, 93138. Hesler & Smith (1963).

Hygrophorus subsalmoneus Smith & Hes. — Kingsmere: 54-09-27, 54045 (S.C.H.). Oka: 57-10-21, 63344. Saint-Aubert: 63-09-22, 93144. Hesler & Smith (1963).

B) Tricholomatacées

Calocybe fallax (Sacc.) Sing. ex Redhead & Sing. — Chandler: 80-08-05, McN. 737

(S.A.R.). Port-au-Saumon: 81-08-18, McN. 1237 (R. McN.). Pomerleau (1980) sous le nom de *Lyophyllum fallax*.

Clitocybe leucopaxilloides Big. & Smith — Lachute: 79-09-30, McN. 490 (176375, S.A.R.). Tracy: 80-08-30, McN. 854 (Conf. R.P.). Bigelow & Smith (1969).

Cystoderma subvinaceum Smith — Parc de la Vérendrye: 61-09-16, 87032. Smith & Singer (1945).

Leucopaxillus tricolor (Pk) Küh. — Lac McGregor: 77-09-05, 164989 (S.A.R.). Low: 71-10-40, 151201 (D.M.).

Lyophyllum palustre (Pk) Sing. — Sainte-Lucie-de-Beauregard: 79-07-07, McN. 366 (S.A.R.). Kühner & Romagnesi (1974).

Porpoloma elytroides (Fr.) Sing. — Mont Saint-Grégoire: 80-08-14, McN. 793 (R.P. et S.A.R.). Kühner & Romagnesi (1974).

Tricholoma squarrulosum Bres. — Oka: 80-10-03, McN. 943 (S.A.R.). Kühner & Romagnesi (1974).

Tricholoma terriferum Pk — Parc de la Vérendrye: 63-09-11, 96402. Tenega: 55-10-20, 48731 (H.E.B.). Graham (1944).

C) Crepidotacées

Crepidotus cinnabarinus Pk — Saraguay: 80-07-25, McN. 703 (Conf. R.P. et S.A.R.). Cette espèce a été étudiée récemment par Luther & Redhead (1981).

Crepidotus vulgaris Hes. & Smith — Saint-Hippolyte: 80-08-14, McN. 914 (R.P.).

D) Pleurotacées

Panellus patellaris (Fr.) Kon. & Maub. — Châteauguay: 79-03-09, McN. 534 (176346, Conf. S.A.R. et R.P.).

Pleurotus lignatilis (Fr.) Kum. — Parc de la Gatineau: 51-08-25, 27551.

E) Collybiacées

Baeospora myosura (Fr.) Sing. — Kingsmere: 53-09-17, 40213 (S.A.R.); 56-09-25, 51996 (S.A.R.). Oka: 80-10-03, McN. 944 (Conf. R.P.).

Baeospora myriadophylla (Pk) Sing. — Cantley: 74-06-04, 148929 (D.M.). Parc de la Gatineau: 77-06-12, 162752 (S.A.R.). Port-au-Saumon: 81-08-19, McN. 1249 (R. McN.).

Clitocybula lacerata (Scop. ex Pollini) Mét. — Cap-Rouge: 80-07-27, McN. 691 (S.A.R.). Sainte-Béatrix: 81-09-13, McN. 1307 (R.P.).

Collybia dichrous (Berk. & Curt.) Gilliam — Cap-Rouge: 80-07-27, McN. 690 (S.A.R.).

- Châteauguay : 80-07-31, *McN.* 716 (S.A.R.).
 Île des Sœurs : 80-07-23, *McN.* 646 (S.A.R.).
 Sainte-Anne-de-Bellevue : 81-06-18, *McN.* 1119 (R. *McN.*).
- Delicatula integrella* (Pers. ex Fr.) Fay. —
 Mont Saint-Grégoire : 80-09-06, *McN.* 878
 (R.P.). Parc de la Gatineau : 72-07-28
 148903 (S.A.R.). Kühner & Romagnesi
 (1974).
- Marasmius capillaris* Morg. — Kingsmere :
 51-07-02, 26624.
- Marasmius delectans* Morg. — Parc de la
 Gatineau : 45-07-12, 16264.
- Marasmius flavomerulinus* Redhead — Can-
 tley : 79-06-24, 175439 (S.A.R.); 80-06-29,
 176690 (S.A.R.); 80-07-14, 176689 (S.A.R.).
 Redhead (1981).
- Marasmius graminum* (Libert) Berk. — Can-
 tons de l'Est : 41-08-03, 10622.
- Marasmius minutus* Pk — Lac la Pêche :
 73-09-22, 148906 (D.M.). Gilliam (1976).
- Mycena adonis* (Bull. ex Fr.) S.F. Gray —
 Parc de la Vérendrye : 65-09-15, 110468.
 Smith (1947).
- Mycena alcaliniformis* Murr. — Saint-Liguori :
 80-10-18, *McN.* 962 (S.A.R.).
- Mycena algeriensis* Maire — Kingsmere :
 56-07-19, 51993 (S.C.T.). Parc de la Gati-
 neau : 55-10-05, 48735 (S.C.T.). Saraguay :
 80-06-17, *McN.* 575 (Conf. R.P.).
- Mycena atkinsoniana* Smith — Kingsmere :
 51-10-04, 27678 (S.C.H.); 56-09-25, 54000
 (S.C.T.). Smith (1947).
- Mycena hemisphaerica* Pk — Parc de la
 Gatineau : 43-10-07, 11972 (A.H.S.).
- Mycena hiemalis* (Fr.) Qué. — Parc de la
 Gatineau : 47-09-25, 17493.
- Mycena iodiolens* Lund. — Parc de la Gati-
 neau : 55-10-05, 48642 (S.C.T.). Smith
 (1947).
- Mycena kauffmanii* Smith — Cantley : 79-06-
 24, 175268 (S.A.R.). Smith (1947).
- Mycena laevigata* (Lasch) Qué. — Granby :
 47-04-26, 21232 (A.H.S.).
- Mycena longipes* Murr. — Parc de la Gati-
 neau : 53-10-21, 46752 (S.C.H.). Smith
 (1947).
- Mycena macrocystidiata* Sing. — Parc de la
 Gatineau : 55-10-31, 48920. Smith (1947).
- Mycena maculata* Karst. — Lennoxville : 58-
 10-25, 60234.
- Mycena marginella* (Fr.) Qué. var. *rugosodis-*
ca (Pk) Smith — Calumet : 41-09-16, 10630
 (H.E.B.). Smith (1947).
- Mycena niveipes* Murr. — Lac Meach : 52-07-
 03, 28840 (S.C.H.). Saraguay : 80-06-17,
McN. 576 (Conf. R.P.).
- Mycena olida* Bres. var. *americana* Smith
 — Châteauguay : 80-09-01, *McN.* 858, 859,
 860 et 861 (R.P.).
- Mycena rubrotincta* Smith — Parc de la
 Gatineau : 53-10-21, 40047 (S.C.H.).
- Mycena rutilantiformis* Murr. — Parc de la
 Gatineau : 51-09-05, 27561 (S.C.H.).
- Mycena speirea* (Fr.) Gill. — Kingsmere :
 54-09-27, 45302. Tenaga : 55-05-26, 46382.
 Smith (1947).
- Mycena subcaerulea* (Fr.) Sacc. — Parc de la
 Gatineau : 45-07-17, 16323; 52-07-03,
 28874 (S.C.H.); 78-09-24, 169191 (S.A.R.).
 Saint-Canut : 80-06-24, *McN.* 591 (Conf.
 R.P.).
- Mycena subfusca* Smith — Parc de la Gati-
 neau : 61-10-04, 89024. Smith (1947).

F) Cortinariacées

- Cortinarius brunneofulvus* Fr. — Parc de la
 Gatineau : 54-09-02, 48066. Grande rivière
 de la Baleine : 49-07-27, 28549. Kauffman
 (1932).
- Cortinarius clandestinus* Kauf. — Lac Blue
 Sea : 60-09-29, 71797. Kauffman (1932).
- Cortinarius delibutus* Fr. — Parc de la Gati-
 neau : 54-09-02, 48058; 58-09-24, 59963.
- Cortinarius lanatipes* Pk — Mont Burnet :
 52-10-01, 34670. Kauffman (1918).
- Cortinarius splendidus* Pk — Parc de la
 Vérendrye : 65-09-19, 113875.
- Galerina tundrae* Smith & Sing. — Parc de la
 Vérendrye : 65-09-15, 113879. Smith &
 Singer (1964).
- Galerina wellsiae* Smith — Melocheville :
 81-10-11, *McN.* 1369 (R.P.). Smith & Singer
 (1964).
- Hebeloma longicaudum* (Fr.) Kum. — Kings-
 mere 54-09-77, 45332.
- Inocybe agglutinata* Pk — Saint-Aubert : 62-
 08-23, 90958. Kauffman (1924).
- Inocybe albodisca* Pk — Mont Burnet : 52-07-
 23, 28870; 52-10-10, 34668. Kauffman
 (1924).
- Inocybe bresadolae* Mass. [*I. repanda* (Bull.)
 Qué.] — Saint-Aubert : 66-08-18, 115469.
 Kauffman (1918), sous *I. repanda* Bres.
- Inocybe calospora* Qué. *apud* Bres. — Parc
 de la Gatineau : 54-09-02, 45609 (S.C.H.).
 Saint-Aubert : 66-08-30, 115469. Kauffman
 (1924).

- Inocybe glaber* Kauf. — Cantley: 52-08-26, 33757 (S.C.H.).
- Inocybe hirtella* Bres. — Rawdon: 68-10-13, 127311. Kauffman (1924).
- Inocybe infida* (Pk) Mass. — Burnet: 52-08-14, 28805. Saint-Aubert: 62-08-14, 90963. Kauffman (1924).
- Inocybe minima* Pk — Cantley: 52-08-26, 33867. Kauffman (1924).
- Inocybe neobrunnescens* Grund & Stuntz — Port-au-Saumon: 81-08-19, *McN.* 1248 (R. McN.). Rimouski: 80-08-03, *McN.* 734 (R.P.).
- Inocybe pallidipes* E. & E. — Parc de la Gatineau: 43-10-07, 11576 (A.H.S. et J.W.G.). Kauffman (1924).
- Inocybe pallidobrunnea* Kauf. — Burnet: 52-08-14, 28804 (S.C.H.). Kauffman (1924).
- Inocybe rufidula* Kauf. — Parc de la Gatineau: 55-07-19, 46858. Kauffman (1924).
- Inocybe sambucella* Atk. — Burnet: 52-10-01, 34676. Kauffman (1924).
- Inocybe subrubescens* Atk. — Saint-Aubert: 62-08-18, 89865; 63-09-23, 96356. Kauffman (1924).
- Inocybe trechispora* (Berk.) Karst. — Rawdon: 67-07-29, 117653.
- Inocybe violaceifolia* Pk — Burnet: 52-10-01, 34639. Lac Blue Sea: 60-09-29, 71877. Saint-Aubert: 63-09-21, 93146. Kauffman (1924).
- Inocybe virgata* Küh. — Cantley: 78-08-02, 167623 (S.A.R.). Kauffman (1924).
- G) Paxillacées
- Chroogomphus ochraceus* (Kauf.) Mil. — Kingsmere: 51-10-04, 27271 (C.A.L.). Saint-Aubert: 66-08-30, 115480.
- H) Boletacées
- Boletus auripes* Pk — Duchesnay: 59-09-03, 65153. Snell & Dick (1970).
- Boletus firmus* Frost — Cantley: 69-08-01 à 15, 128818. Snell & Dick (1970).
- Leccinum atrostipitatum* Smith, Thiers & Walting — Cantley: 71-07-20, 141985 (J.H.G.). Mont-Rolland: 81-08-29, *McN.* 1261 (Conf. S.A.R.). Tourville: 66-08-24, 115495. Snell & Dick (1970).
- Leccinum brunneo-olivaceum* Snell, Dick & Hes. — Lakefield: 65-08-20, 110462. Smith & Smith (1973).
- Leccinum discolor* Smith, Thiers & Walting — Saint-Aubert: 66-08-19, 115496. Smith & Smith (1973).
- Leccinum flavostipitatum* Snell & Dick — Parc de la Gatineau: 67-09-25, 124633. Snell & Dick (1970).
- Leccinum glutineopallens* Smith, Thiers & Walting — Rawdon: 67-07-30, 117608. Smith & Smith (1973).
- Leccinum obscurum* Smith, Thiers & Walting — Saint-Aubert: 66-08-19, 115498. Smith & Smith (1973).
- Tylophilus tabacinus* (Pk) Sing. — Lac Saint-Pierre: 62-08-16, 91315 (M.P.).
- Xerocomus illudens* (Pk) Sing. — Rivière-Ouelle: 57-07-27, 56573.
- I) Bolbitiacées
- Agrocybe acericola* (Pk) Sing. — Lachute: 68-07-03, 124578. La Pocatière: 46-06-14, 16789. Parc de la Vérendrye: 58-07-08, 63322. Saint-Hippolyte: 79-06-19, *McN.* 362 (176353, R.P. et S.A.R.).
- Agrocybe pediades* (Pers. ex Fr.) Fay. — Châteauguay: 80-07-28, *McN.* 699 (R.P.); 81-06-27, *McN.* 1150 (Conf. S.A.R.). Selon Pomerleau (comm. pers.), un autre échantillon a été récolté à Québec en 1980. Kühner & Romagnesi (1974).
- Conocybe antipus* (Lasch) Küh. — Cantley: 55-08-28, 48031 (S.C.T.). Kauffman (1918) sous le nom de *Galera antipus* Lasch.
- Conocybe capillaripes* Pk — Grande rivière de la Baleine: 49-07-22, 21804. Sainte-Anne-de-Bellevue: 41-08-25, 87157 et 10492. Kauffman (1918), sous *Galera*.
- J) Strophariacées
- Pholiota destruens* (Brond.) Gill. — Eardley: 45-10-03, 16479. Mont Burnet: 36-10-11, 7014. Saint-Aubert: 63-09-24, 93155.
- Pholiota duroides* Pk — Lachute: 68-07-03, 126050.
- Pholiota granulosa* (Pk) Smith & Hes. — Île des Sœurs: 80-07-24, *McN.* 608 (S.A.R.). Saint-Hippolyte: 80-09-13, *McN.* 903 (S.A.R.).
- Pholiota limonella* (Pk) Sacc. — Duchesnay: 59-09-03, 64953.
- Pholiota multifolia* (Pk) Smith & Hes. — Kingsmere: 78-08-09, 169020 (S.A.R.).
- Pholiota proximans* Smith & Hes. — Kingsmere: 78-08-09, 169023 (S.A.R.). Smith & Hesler (1968).
- Pholiota schraderi* (Pk) Over. — Lac McGregor: 49-10-06, 142977. Smith & Hesler (1968).
- Psilocybe caerulipes* (Pk) Sacc. — Parc de la Gatineau: 51-09-05, 27255 (S.A.R.).

- Psilocybe montana* (Fr.) Kum. — Lorraine: 80-04-26, *McN.* 542 (S.A.R.).
- Stropharia hardii* Atk. — Burnet: 47-09-28, 21607. Saint-Aubert: 66-08-22, 115460. Hard (1908).
- Stropharia siccipes* Karst. — Clova: 31-07-12, 28401 (S.C.H.). Hesler (1949).
- K) Coprinacées
- Coprinus domesticus* (Fr.) S.F. Gray — Cap-Saint-Jacques: 80-07-03, *McN.* 604 (R. McN.). Melocheville: 81-07-31, *McN.* 1184 (R. McN.). Ces échantillons correspondent très bien, surtout par les dimensions et la forme (réniforme) des spores, à la description de *C. domesticus* ss. Mét. donnée par Kühner & Romagnesi (1974).
- Coprinus ellisii* Orton — Parc de la Gatineau: 80-05-23, 176138 (S.A.R.). Orton & Watling (1979).
- Coprinus lagopoides* Karst. — Lorraine: 81-10-10, *McN.* 1362 (S.A.R.). Orton & Watling (1979).
- Coprinus laniger* Pk — Lac Fairy: 39-05-25, 9670.
- Coprinus radians* (Desm.) Fr. — Île des Sœurs: 80-05-27, *McN.* 549 (176749, Conf. S.A.R.).
- Coprinus spragueii* Berk. & Curt. — Lakefield: 65-08-25, 110469. Smith (1948).
- Psathyrella atomatoides* (Pk) Smith — Kingsmere: 55-10-06, 48650. Smith (1972).
- Psathyrella conissans* (Pk) Smith — Parc de la Gatineau: 51-09-05, 27607 (S.C.H. et S.A.R.). Saint-Canut: 79-09-01, *McN.* 423 176385, Conf. S.A.R.). Miller & Farr (1975) considèrent cette espèce comme synonyme de *P. subcernua* (Schulz.) Sing.
- Psathyrella echiniceps* (Atk.) Smith — Melocheville: 81-08-06, *McN.* 1197 et 1271 (Conf. S.A.R.). Smith (1972).
- Psathyrella hymenocephala* (Pk) Smith — Kingsmere: 57-10-09, 56688.
- Psathyrella rugocephala* (Atk.) Smith — Rawdon: 68-10-13, 127348. Smith (1972).
- L) Volvariaceées
- Pluteus admirabilis* (Pk) — Cantley: 55-08-18, 48689 (S.C.T.); 72-07-20, 143182. Melocheville: 81-06-04, *McN.* 1145 (R. McN.). Montréal: 80-08-01, *McN.* 723 (Conf. R.P.). Parc de la Gatineau: 49-07-24, 22119; 54-08-10, 45017 (S.C.H.).
- Pluteus aurantiorugosus* (Trog.) Sacc. — Un échantillon dont la photographie (L. Frégeau) et la sporée (*McN.* 283, Conf. R.P.) ont été conservées, a été récolté au Mont Saint-Grégoire le 78-09-09. Homola (1972).
- Pluteus curtisii* (Berk.) Sacc. — Lakefield: 67-08-03, 117622. Parc de la Gatineau: 77-09-11, 165104 (S.A.R.). Saint-Aubert: 62-08-10, 91006. Singer (1956).
- Pluteus exiguus* Pat. — Parc de la Gatineau: 78-08-09, 169022 (S.A.R.). Kühner & Romagnesi (1974).
- Pluteus hiatalus* Rom. — Saint-Canut: 80-06-24, *McN.* 592 (R.P.).
- Pluteus lutescens* (Fr.) Bres. — Un échantillon dont la photographie et la sporée ont été conservées, a été récolté à Oka le 77-09-24. Homola (1972).
- Pluteus magnus* McClatchie — Parc de la Gatineau: 78-09-13, 169066 (S.A.R.). Singer (1956).
- Volvariella volvacea* (Fr.) Sing. — Montréal: 81-08-25, *McN.* 1257 (R. McN.).
- M) Entolomacées
- Alboleptonia sericella* (Fr.) Larg. & Ben. — Cap-Rouge: 80-08-09, *McN.* 770 (Conf. R.P.).
- Entoloma cyaneum* Pk — Oka: 79-05-19, *McN.* 344 (176398, Conf. S.A.R. et R.P.). Parc de la Gatineau: 61-07-26, 88995. Kauffman (1918).
- Entoloma politus* (Fr.) ss. Lange — Île des Sœurs: 80-08-11, *McN.* 784 (S.A.R.). Kühner & Romagnesi (1974).
- Nolanea versatilis* Fr. — Kingsmere: 53-09-17, 40048 (S.C.H.). Kauffman (1918).
- N) Russulacées
- Lactarius agglutinatus* Burl. — Parc de la Vérendrye: 65-09-15, 113277. Hesler & Smith (1979).
- Lactarius chelidonium* Pk — Contrecoeur: 80-08-30, *McN.* 850 (Conf. R.P.).
- Lactarius controversus* (Fr.) Fr. — Bouchette: 38-09-27, 8804. Burnet: 39-09-04, 9740. Lac du Poisson Blanc: 69-09-21, 129266. Hesler & Smith (1979).
- Lactarius payettensis* Smith — Saint-Aubert: 66-06-22, 115502. Hesler & Smith (1979).
- Lactarius subvellereus* Pk — Saint-Hilaire: 61-08-06, 84108. Hesler & Smith (1979) mentionnent l'examen d'un échantillon de la var. *subdistans* récolté au Québec.
- Russula flaviceps* Pk — Saint-Aubert: 46-09-26, 16892. Burlingham (1915).
- Russula krombholzii* Shaffer — Lachute: 80-09-20, *McN.* 927 (R.P.). Shaffer (1970).

- Russula modesta* Pk — Saint-Aubert: 62-08-14, 91539. Burlingham (1915).
- Russula nauseosa* (Pers. ex Secr.) Fr. — L'Islet: 66-08-09, 116705. Saint-Aubert: 62-08-18, 91543.
- Russula nigrodisca* Pk — Rivière George: Septembre 1965, 110474. Burlingham (1915). Pourrait être une variété de *R. fragilis* (Fr.) Fr. Pomerleau, 1980.
- Russula polyphylla* Pk — La Pocatière: 59-09-06, 64186 (= *magnifica* Pk). Burlingham (1915).
- Russula romellii* Maire — Kingsmere: 51-07-08, 26575; 54-09-27, 45675. Tourville: 62-08-17, 91426. Kühner & Romagnesi (1974).
- Russula rubescens* Beardslee — Burnet: 52-08-14, 34896. Kauffman (1918).
- Russula rugulosa* Pk — Tourville: 46-09-23, 16857. Kauffman (1918).
- Russula similillima* Pk — Saint-Aubert: 62-08-22, 91427. Burlingham (1915) et Shaffer (1970).
- Russula subvelutina* Pk — Parc de la Gatineau: 51-09-05, 27519 et 27243. Burlingham (1915) et Shaffer (1970).
- GASTÉROMYCÈTES
- Calvatia excipuliformis* (Pers.) Perdek — Parc de la Gatineau: 51-09-23, 28007 (C.A.L.). Grande rivière de la Baleine: 49-07-31, 22248 (C.A.L.). Smith & Smith (1973).
- Calvatia tatrensis* Hollos — Grande rivière de la Baleine: 59-08-08, 67055. Smith & Smith (1973).
- Cyathus olla* (Batsch) Pers. — Lakefield: 64-09-08, 10726 (H.S.C.). Saint-Hyacinthe: 34-06-30, 3663 (?). Coker & Couch (1928), sous le nom de *C. vernicosus* D.C.
- Endoptychum agaricoides* Czern. — Aylmer: 49-09-30, 22202 (C.A.L.). Montréal, 34-09-11, 144197 (?) Smith & Smith (1973).
- Lycoperdon flavotinctum* Bowerman — L'Islet: 66-08-29, 115494. Parc de la Vérendrye: 61-09-16, 87775. Rawdon: 68-10-13, 127318.
- Lycoperdon glabellum* Pk — Old Chelsea: 52-09-29, 29659 (C.A.L.).
- Mycenastrum corium* (Guers.) Desv. — Hull: 20-06-10, F-10848 (W.S.O.). Smith & Smith (1973).
- Scleroderma bovista* Fr. — Rawdon: 67-07-31, 166846. Sand Bay: 50-09-04, 26398 (C.A.L.). Coker & Couch (1928).

Remerciements

Je remercie tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation du présent travail, en particulier R. Pomerleau de Silley, M.P. Corlett, K.N. Egger, J.H. Ginns et S.A. Redhead de l'Institut de recherches biosystématiques (Agriculture Canada) et J.D. Rogers de l'Université de Washington qui ont réalisé ou confirmé l'identification des spécimens de mon herbier. Je remercie aussi J.A. Parmelee qui m'a facilité l'accès à l'Herbier national de mycologie dont il est le conservateur. Je suis aussi redevable à L. Frégeau et C. Haméon pour la récolte de certains spécimens ainsi qu'à plusieurs membres du Cercle des mycologues de Montréal Inc. De plus, la récolte de nombreux spécimens a été rendue possible grâce à la contribution financière du Musée national des sciences naturelles du Canada dans le cadre du programme d'emploi d'été des jeunes d'Emploi et Immigration Canada.

Références

- BARONI, T.J., 1981. A revision of the genus *Rhodocybe* Maire (Agaricales). — *Nova Hedwigia*, 67: 1-194.
- BIGELOW, H.E. & A.H. SMITH, 1969. The status of *Lepista*, a new section of *Clitocybe*. — *Brittonia*, 21: 144-177.
- BURLINGHAM, G.S., 1915. *Russula*. — *N. Am. Flora*, 9(4): 201-236.
- COKER, W.C. & J.N. COUCH, 1928. The Gasteromycetes of the eastern United States and Canada. — Univ. North Carolina Press, Chapel Hill, 201 p., 123 planches. [Réimprimé par Dover Publ. Inc., New York (1974).]
- COMMISSION DE TOPONYMIE, 1978. Répertoire toponymique du Québec. — Éditeur officiel du Québec, Québec, 1199 p.
- CORNER, E.J.H., 1950. A monograph of *Clavaria* and allied genera. — Oxford Univ. Press, London, 740 p., 16 planches.
- DENISON, W.C., 1959. Some species of the genus *Scutellinia*. — *Mycologia*, 51: 605-635.
- DENNIS, R.W.G., 1978. British Ascomycetes. — J. Cramer, Lehre, 585 p.
- GILLIAM, M.S., 1975. New North American species of *Marasmius*. — *Mycologia*, 67: 817-844.
- GILLIAM, M.S., 1976. The genus *Marasmius* in the northeastern United States and adjacent Canada. — *Mycotaxon*, 4: 1-144.
- GINNS, J., 1980. *Peziza badiocofusa*. — *Fungi Canadenses, Agric. Can.*, no. 168, 2 p.
- GRAHAM, V.O., 1944. Mushrooms of the Great Lakes region. — Chicago Acad. Sci. & Chicago Nat. Hist. Mus., Chicago, 390 p., 49 planches. [Réimprimé par Dover Publ. Inc., New York (1970).]
- GROVES, J.W. & R. MACRAE, 1963. The fungus records of Mr. H.A.C. Jackson from L'Islet Co., Québec. — *Can. Fld Nat.*, 77: 179-202.

- HARD, M.E., 1908. Mushrooms, edible and otherwise. — The Mushroom Publ. Co., Columbus, Ohio, 623 p. [Réimprimé par Dover Publ. Inc., New York (1976)]
- HARRISON, K.A., 1961. The stipitate hydnum of Nova Scotia. — Can. Dept. Agric. Res. Br. Publ., no. 1099, 60 p.
- HESLER, L.R., 1949. Notes on southern Appalachian fungi, VIII. — J. Tenn. Acad. Sci., 24: 81-93.
- HESLER, L.R. & A.H. SMITH, 1963. North American species of *Hygrophorus*. — Univ. Tennessee Press, Knoxville, 416 p.
- HESLER, L.R. & A.H. SMITH, 1965. North American species of *Crepidotus*. — Hafner Publ. Co., New York, 168 p.
- HESLER, L.R. & A.H. SMITH, 1979. North American species of *Lactarius*. — Univ. Michigan Press, Ann Arbor, 841 p.
- HOMOLA, R.L., 1972. Section celluloderma of the genus *Pluteus* in North America. — Mycologia, 64: 1211-1247.
- JACKSON, H.A.C., 1948. Notes on the higher fungi collected in LaSalle, Qué., 1930-1940. — Can. Fld Nat., 62: 127-133.
- KAUFFMAN, C.H., 1918. The Agaricaceae of Michigan. — Mich. Geol & Biol. Surv., Publ. 26, Biol. Ser. 5, Vol. 1, 924 p.; vol. 2, 172 planches. [Réimprimé par Dover Publ. Inc., New York (1971) sous le titre: «The gilled mushrooms (Agaricaceae) of Michigan and the Great Lakes region»].
- KAUFFMAN, C.H., 1924. *Inocybe*. — N. Am. Flora, 10(4): 227-261.
- KAUFFMAN, C.H., 1932. *Cortinarius*. — N. Am. Flora, 10(5): 282-348.
- KEMPTON, P.E. & V.L. WELLS, 1970. Studies on the fleshy fungi of Alaska. IV. A preliminary account of the genus *Helvella*. — Mycologia, 62: 940-959.
- KÜHNER, R. & H. ROMAGNESI, 1974. Flore analytique des champignons supérieurs. — Masson et Cie, Paris, 557 p.
- LUTHER, B.S. & S.A. REDHEAD, 1981. *Crepidotus cinnabarinus* in North America. — Mycotaxon, 12: 417-430.
- MAAS GEESTERAMUS, R.A., 1975. Die Terrestrischen Stachelpilze Europas (The Terrestrial hydnum of Europe). — Verh. Kon. Ned. Ak. Wetensch., Afd. Natuurk., Sec. 2, 65: 1-127.
- MARTIN, G.W., 1952. Revision of north central Tremellales. — St. Univ. Iowa, Stud. Nat. Hist. Ser. 423, 19(3): 1-122.
- MILLER, J.H., 1961. A monograph of the world species of *Hypoxylon*. — Univ. Georgia Press, Athens, Georgia, 158 p., 75 planches.
- MILLER, O.K. Jr. & D.F. FARR, 1975. An index of the common fungi of North America (Synonymy and common names). — J. Cramer, Lehre, 206 p.
- OLIVE, L.S., 1954. New or noteworthy species of Tremellales from the southern Appalachians, III. — Bull. Torrey bot. Club, 81: 329-339.
- ORTON, P.D. & R. WATLING, 1979. Coprinaceae, Part 1: *Coprinus*. Vol. 2 — Her Majesty's Stationary Office, Edinburgh, 148 p.
- PIROZYNSKI, K.A., 1974. *Xenotypha* Petrak and *Graphostroma* gen. nov., segregates from Diatrypaceae. — Can. J. Bot., 52: 2129-2135.
- POMERLEAU, R., 1980. Flore des champignons au Québec et régions limitrophes. — Éditions La Presse, Montréal, 653 p., 48 planches.
- REDHEAD, S.A., 1980. *Marasmiellus filipes*. — Fungi Canadenses, Agric. Can., no. 170, 2 p.
- REDHEAD, S.A., 1981. Agaricales on wetland Monocotyledoneae in Canada. — Can. J. Bot., 59: 574-589.
- REDHEAD, S.A. & J. GINNS, 1980. *Cyptotrama asprata* (Agaricales) from North America and notes on five other species of *Cyptotrama* sect. *Xerulina*. — Can. J. Bot., 58: 731-740.
- REDHEAD, S.A. & D. MALLOCH, 1980. *Melanotus caricicola*. — Fungi Canadenses, Agric. Can., no. 189, 2 p.
- REDHEAD, S.A. & S.C. THOMPSON, 1980. *Hygrocybe spadicea*. — Fungi Canadenses, Agric. Can., no. 178, 2 p.
- REDHEAD, S.A. & J.A. TRAUQUAIR, 1981. *Coprinus* sect. *Herbicola* from Canada, notes on extralimital taxa, and the taxonomic position of a low temperature Basidiomycete forage crop pathogen from western Canada. — Mycotaxon, 13: 373-404.
- REID, D.A., 1974. A monograph of the British Dacrymycetales. — Trans. Br. mycol. Soc., 62: 433-494.
- SEAVER, F.J., 1910. The Hypocreales of North America. III. — Mycologia, 2: 48-92.
- SEAVER, F.J., 1928. The North American cup-fungi (Operculates). — Pub. Author, New York, 284 p., 45 planches; 1942, supp., p. 285-377, planches 46-74. [Réimprimé par Lubrecht & Cramer, New York (1978)]
- SEAVER, F.J., 1951. The North American cup-fungi (Inoperculates). — Pub. Author, New York, 428 p., 75 planches. Réimprimé par Lubrecht & Cramer, New York (1978).
- SHAFFER, R.L., 1970. Notes on the subsection *Crassotunicatinae* and other species of *Russula*. — Lloydia, 33: 49-96.
- SINGER, R., 1956. Contributions towards a monograph of the genus *Pluteus*. — Trans. Br. mycol. Soc., 39: 145-232.
- SMITH, A.H., 1947. North American species of *Mycena*. — Univ. Michigan Press, Ann Arbor, 521 p., 99 planches. [Réimprimé par J. Cramer, Lehre (1971)].
- SMITH, A.H., 1948. Studies in the dark-spored agarics. — Mycologia, 40: 669-707.
- SMITH, A.H., 1972. The North American species of *Psathyrella*. — Mem. New York Bot. Gard., 24: 1-633.

- SMITH, A.H. & L.R. HESLER, 1968. The North American species of *Pholiota*. — Hafner Publ. Co., New York, 402 p., 90 planches.
- SMITH, A.H. & R. SINGER, 1945. A monograph on the genus *Cystoderma*. — Pap. Mich. Acad. Sci. Arts Lett., 30 : 71-124.
- SMITH, A.H. & R. SINGER, 1964. A monograph on the genus *Galerina* Earle. — Hafner Publ. Co., New York, 384 p.
- SMITH, H.V. & A.H. SMITH, 1973. The non-gilled fleshy fungi. — WM. C. Brown Co. Publ., 402 p.
- SNELL, W.H. & E.A. DICK, 1970. The boleti of northeastern North America. — J. Cramer, Lehre, 115 p., 87 planches.
- WEBER, N.S., 1972. The genus *Helvella* in Michigan. — Mich. Bot., 11 : 147-201.
- WERESUB, L.K., 1971. Congo red for instant distinction between poisonous *Lepiota molydites* and edible *L. brunnea*. — Can. J. Bot., 49 : 2059-2060.

L'ADSORPTION MAXIMALE DU CUIVRE PAR TROIS TYPES DE TOURBE¹

L.E. PARENT et Y. PERRON

Station de recherches, Agriculture Canada
C.P. 457, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 6Z8

Résumé

La tourbe peut adsorber de grandes quantités de cuivre. Une corrélation hautement significative a été observée entre le pH et la capacité d'adsorption maximale du cuivre (\hat{Y}) par les sols organiques ($r = 0,999$, $N = 3$). La régression linéaire suivante a été établie :

$$\hat{Y} = - 92\,554 + 31\,081 \text{ pH}, (3,1 \leq \text{pH} \leq 5,8),$$

où la valeur de \hat{Y} est la quantité de cuivre exprimée en $\mu\text{g/g}$ sol.

D'autres études confirment la capacité croissante d'adsorption du cuivre par la matière organique du sol à mesure qu'augmente le pH. L'immobilisation du cuivre par la tourbe est considérable dans la zone de pH où se pratiquent les cultures.

Abstract

Peat can adsorb large quantities of copper ions from solution. In organic soils a highly significant relationship ($r = 0.999$ $N = 3$), was found between pH and maximum copper adsorption (\hat{Y}). The regression line was computed as:

$$\hat{Y} = - 92,554 + 31,081 \text{ pH}, (3.1 \leq \text{pH} \leq 5.8),$$

where the value of \hat{Y} is given in $\mu\text{g/g}$ soil.

Other studies on soil organic matter support this observation and indicate that copper retention capacity increases with pH. Copper immobilization by peat is considerable in the range of pH encountered in agriculture.

Introduction

Le cuivre est un élément nutritif important en sol organique, où l'apport de 25 à 250 kg/ha de cuivre peut être indispensable à l'établissement des cultures (Gilbert, 1952). Mathur *et al.* (1979a) entrevoyait aussi l'utilisation du cuivre pour réduire l'oxydation des sols organiques et ainsi prolonger leur vie utile.

L'apport même élevé de cuivre en sol organique ne semble pas causer de problèmes de pollution ou de toxicité, puisque le cuivre y est très immobile (Lucas, 1948; Coleman *et al.*, 1956; Mathur *et al.*, 1979c) et que la consommation supplémentaire par les plantes est négligeable (Lundblad *et al.*, 1949; Mathur *et al.*, 1979b). Les sols organi-

ques adsorbent plus fortement le cuivre que les sols minéraux à cause de l'abondance de groupements azotés, sulfurés, phénoliques et carboxyliques (Ennis, 1962). Au pH 5,5, l'adsorption spécifique du cuivre par une tourbe humique monte à $11\,720 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (McLaren & Crawford, 1973). L'adsorption du cuivre dépend non seulement de la matière organique, mais elle varie aussi avec le pH (Northmore, 1959; Metwally *et al.*, 1977).

Le but de cette étude est de déterminer la capacité d'adsorption maximale du cuivre par trois types de tourbe et de chercher s'il existe une relation entre cette capacité et le pH de la tourbe.

Matériel et méthodes

Trois types de tourbe de pH (0,01 M CaCl_2) régulièrement espacés (3,1, 4,3 et 5,8) ont été sélectionnés. La tourbe la plus acide, de

¹ Contribution n° J. 903, Station de recherches, Direction de la recherche, Agriculture Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 6Z8.

type sylvo-fennomésique, a été prélevée sur le lobe nord de la tourbière partiellement drainée de Farnham (Québec) décrite par Lévesque & Millette (1978). La tourbe d'acidité moyenne, de type sylvo-mésique, vient d'un terrain nouvellement défriché situé sur la ferme Lefort de Sainte-Clotilde (Québec). Enfin, la tourbe la moins acide, humique et cultivée depuis plusieurs décennies, a été prélevée sur le site de la ferme expérimentale de Sainte-Clotilde décrit par Parent et al. (1982).

Des échantillons à l'humidité naturelle ont été introduits en duplicata dans des flacons Erlenmeyer de 250 ml, sur une base de 10 g de poids sec (105°C). Une solution-mère contenant 10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ de cuivre fut préparée à partir de $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Un volume de 50 ml de solution de cuivre fut ajouté à la tourbe. Le volume fut complété à 100 ml avec de l'eau distillée, en tenant compte de l'humidité déjà présente dans la tourbe. La tourbe la plus acide fut équilibrée avec des solutions contenant 350, 400, 500, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000 et 5 000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ de cuivre. Les deux autres tourbes ont été équilibrées avec des solutions de 500 et de 1 000 à 9 000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$, par saut de 1 000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ de cuivre. La tourbe humique a reçu un traitement additionnel de 10 000 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$. Les flacons furent scellés et placés sur un agitateur horizontal. L'agitation à 200 rpm dura deux heures. La solution fut filtrée à travers un papier Whatman n° 42. Le cuivre fut déterminé par spectrophotométrie à absorption atomique.

Le cuivre adsorbé fut calculé par différence entre les quantités originales et résiduelles de cuivre en solution.

Résultats

Les données d'adsorption ont été ajustées à deux modèles largement utilisés: celui de Langmuir et celui de Freundlich (Sidle & Kardos, 1977).

MODÈLE DE LANGMUIR

$$C/S = (1/K'b) + C/b$$

où C est la concentration d'équilibre du cuivre ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$); S, la quantité de cuivre adsorbé par gramme de tourbe ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$); K', une constante et b représente le maximum d'adsorption.

MODÈLE DE FREUNDLICH

$$S = KC^{1/n}$$

où K et n sont des constantes; S, la quantité de cuivre adsorbé par gramme de tourbe ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) et C, la concentration d'équilibre du cuivre ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$).

Les deux modèles ont une forme linéaire qui convient à l'analyse statistique par la méthode des régressions simples. Le coefficient de corrélation simple fut utilisé pour juger de l'ajustement des modèles aux données expérimentales. Le modèle de Langmuir s'est montré supérieur (tableau I). Les courbes représentant ce modèle sont présentées à la figure 1.

Discussion

Le modèle de Langmuir procure une mesure directe de la capacité d'adsorption maximale du cuivre (CAMC) par la tourbe. Les résultats indiquent un accroissement de la CAMC avec l'augmentation du pH. Le maximum d'adsorption varie de 4 655 à 88 402 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Goodman & Cheshire (1973) rapportent des maximums de 60 000 et 50 000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ pour les acides humiques extraits respectivement de tourbes de fen et de bog. La relation entre la CAMC (\bar{Y} , $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) et le pH s'établit comme suit (figure 2):

$$\bar{Y} = -92\,554 + 31\,081 \text{ pH}, 3,1 \leq \text{pH} \leq 5,8 (1)$$

Le coefficient de détermination r^2 est de 0,999, tout comme le coefficient de corrélation r qui est significatif au niveau 0,01. La régression explique donc presque toute la variation de \bar{Y} attribuable au pH. La relation entre le pH et la rétention du cuivre par la matière organique est également linéaire dans les zones de pH étudiées par d'autres

TABLEAU I

Paramètres des modèles de Langmuir et de Freundlich et coefficients de corrélation simple

Modèles	Tourbes		
	pH 3,1	pH 4,3	pH 5,8
Langmuir			
K'	-0,0060	0,0052	0,0338
b	4 655	39 549	88 402
r	0,964**	0,995**	0,999**
Freundlich			
K	290,2953	469,0401	993,2075
1/n	0,0955	0,2591	0,3563
r	0,681*	0,991**	0,962**

*, ** Significatif aux niveaux 0,05 et 0,01 respectivement.

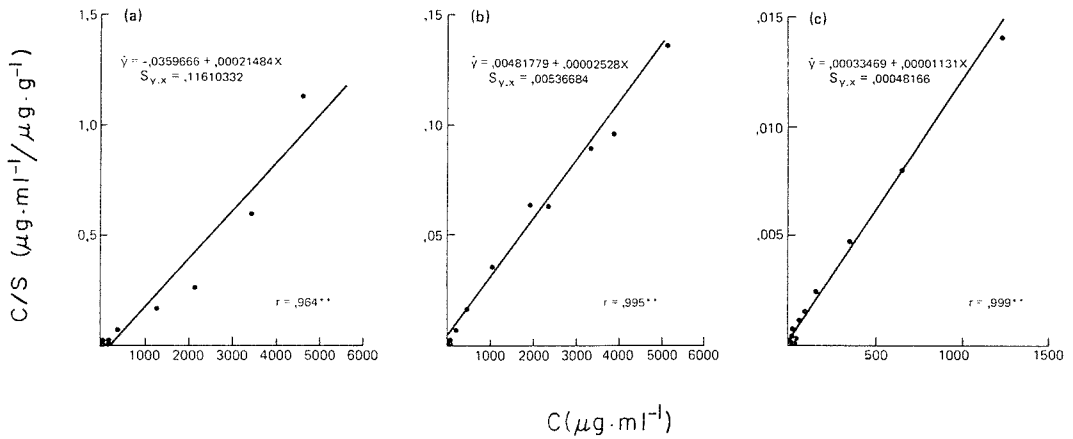


Figure 1. Modèle de Langmuir appliqué à une tourbe (a) silvo-fennomésique (pH 3,1), (b) silvo-mésique (pH 4,3) et (c) humique (pH 5,8). N.B. **significatif au niveau 0,01.

auteurs. Les données publiées par Metwally *et al.* (1977) révèlent une relation linéaire hautement significative ($r = 0,998$, $N = 3$) entre la CAMC par l'acide humique et le pH ($4,0 \leq \text{pH} \leq 7,0$). Les données de Northmore (1959) sur 12 sols ($4,74 \leq \text{pH} \leq 6,12$) s'ajustent de façon hautement significative aux modèles linéaire ($r = 0,906$, $N = 12$) et quadratique ($R = 0,952$, $N = 12$). Dans chaque cas, la CAMC augmente avec le pH.

La relation étroite entre la CAMC et le pH appuie l'hypothèse d'une compétition entre les ions cuivriques et hydrogènes sur les sites d'adsorption des molécules organiques. Ghosh & Schnitzer (1981) signalent que la flexibilité des molécules d'acide fulvique au pH 6,0 est plus grande qu'au pH 4,0. À la suite de la réduction des liaisons hydrogènes intramoléculaires à des pH plus élevés, les acides fulviques entrent plus facilement en interaction avec les ions métalliques (Ghosh & Schnitzer, 1981). Bunzl *et al.* (1976) rapportent que, dans la tourbe de sphaigne, l'équilibre entre les ions métalliques et l'ion hydrogène peut être aussi bien décrit par un mécanisme d'échange que par la formation de complexes. Le modèle d'un simple échange stochiométrique entre les ions cuivriques de la solution et hydrogènes de la tourbe a été présenté par Sapek & Zebrowski (1976).

La compétition entre les ions cuivriques et hydrogène est mise en évidence par une chute appréciable du pH. En effet, l'addition de $400 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ de cuivre à la tourbe la plus acide a fait tomber le pH de 3,10 à 2,51. De la même façon, l'addition de $8\,000 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ de cuivre à la tourbe ligneuse et à la tourbe

humique a causé des chutes respectives de pH de 4,30 à 2,67, et de 5,80 à 3,92.

L'ampleur des mécanismes d'adsorption du cuivre par la tourbe élimine donc virtuellement toute possibilité de pollution des eaux par lessivage d'ions cuivriques aux doses d'application recommandées en sol organique et pour les conditions de pH (5,2-5,8) généralement rencontrées dans les cultures.

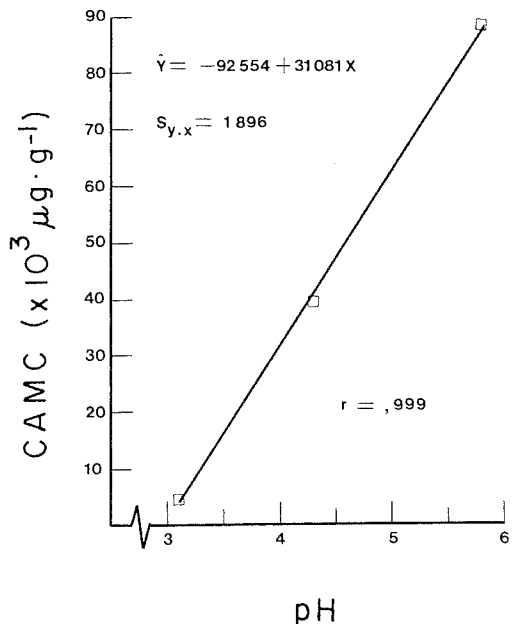


Figure 2. Relation entre le pH de trois types de tourbe et la capacité d'adsorption maximale du cuivre (CAMC).

Références

- BUNZL, K., W. SCHMIDT & B. SANSONI, 1976. Kinetics of ion exchange of soil organic matter. IV. Adsorption and desorption of Pb^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} , Zn^{+2} and Ca^{+2} by peat. — *J. Soil Sci.*, 27 : 32-41.
- COLEMAN, N.T., A.C. McCLUNG & D.P. MOORE, 1956. Formation constants for Cu (II)-peat complexes. — *Science*, 123 : 330-331.
- ENNIS, M.T., 1962. Chemical nature of the copper complexes in peat. — *Ir. J. agric. Res.*, 1 : 147-155.
- GHOSH, K. & M. SCHNITZER, 1981. Fluorescence excitation spectra and viscosity behavior of a fulvic acid and its copper and iron complexes. — *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45 : 25-29.
- GILBERT, F.A., 1952. Copper in nutrition. — *Adv. Agron.*, 4 : 147-177.
- GOODMAN, B.A. & M.V. CHESHIRE, 1973. Electron paramagnetic resonance evidence that copper is complexed in humic acid by the nitrogen of porphyrin groups. — *Nature*, 244 : 158-159.
- LÉVESQUE, M. & J.A. MILLETTE, 1977. Description morphologique et aspects chimiques de la tourbière à laïches de Farnham, Québec. — *Naturaliste can.*, 104 : 511-526.
- LUCAS, R.E., 1948. Chemical and physical behavior of copper in organic soils. — *Soil Sci.*, 66 : 119-129.
- LUNDBLAD, K., O. SVANBERG & P. EKMAN, 1949. The availability and fixation of copper in Swedish soils. — *Pl. Soil*, 1 : 277-302.
- MATHUR, S.P., H.A. HAMILTON & M.P. LÉVESQUE, 1979a. The mitigating effect of residual fertilizer copper on the decomposition of an organic soil *in situ*. — *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43 : 200-203.
- MATHUR, S.P., H.A. HAMILTON & C.M. PRESTON, 1979b. The influence of variation in copper content of an organic soil on the mineral nutrition of oats grown *in situ*. — *Comm. Soil Sci. Pl. Anal.*, 10 : 1399-1409.
- MATHUR, S.P., M.P. LÉVESQUE & J.G. DESJARDINS, 1979c. The relative immobility of fertilizer and native copper in an organic soil under field conditions. — *Water Air Soil Poll.*, 11 : 207-215.
- McLAREN, R.G. & D.V. CRAWFORD, 1973. Studies on soil copper. II. The specific adsorption of copper by soils. — *J. Soil Sci.*, 24 : 443-452.
- METWALLY, A.I., A.M. EL-GALA & R.A. KHALIL, 1977. The stability constants of Zn^{+2} , Fe^{+2} and Cu^{+2} humic acid complexes at different pH values. — *Acta agron. hung.*, 26 : 299-305.
- NORTHMORE, N.M., 1959. Iodine and copper uptake by soil organic matter. — *Nature*, 183 : 1309-1310.
- PARENT, L.E., J.A. MILLETTE & G.R. MEHUYS, 1982. Subsidence and erosion of a histosol. — *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46 : 404-408.
- SAPEK, B. & W. ZEBROWSKI, 1976. Comparison of copper binding rate by peat-muck soils at various transformation stages. — *Pol. J. Soil Sci.*, IX : 93-100.
- SIDLE, R.C. & L.T. KARDOS, 1977. Adsorption of copper, zinc, and cadmium by a forest soil. — *J. envir. Qual.*, 6 : 313-317.

EFFECTS OF SEED COATING AND INOCULATION ON THE ESTABLISHMENT AND PERFORMANCE OF ALFALFA¹

H. GASSER

*Direction de la recherche, Service des stations de recherches agricoles
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
2700 rue Einstein, Sainte-Foy, Québec G1P 3W8*

L. BELZILE

*Agriculture Canada, Ferme expérimentale
C.P. 400, La Pocatière, Québec G0R 1Z0*

R. MICHAUD, L. BORDELEAU

*Station de recherche, Agriculture Canada
2560 boulevard Hochelaga, Sainte-Foy, Québec G1V 2J6*

and

N. FAUST

*Station de recherche
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
3230 rue Sicotte, Saint-Hyacinthe, Québec J2S 2M2*

Résumé

Une étude a été entreprise pour vérifier si l'enrobage de la semence de luzerne (*Medicago sativa* L.) favorise un meilleur établissement que la méthode conventionnelle. L'expérience a été menée à deux sites où cinq cultivars de luzerne ont été utilisés. La semence était enrobée ou non, en combinaison avec ou sans inoculation.

Durant l'année du semis, aucune différence significative n'a été obtenue entre les traitements pour l'établissement. Le meilleur établissement a été assuré par l'inoculation de la semence nue. L'enrobage des semences ne s'est pas révélé supérieur au non enrobage et a légèrement diminué l'établissement. L'enrobage des semences et l'inoculation ont eu peu d'effet sur les rendements excepté à Saint-Hyacinthe où un rendement inférieur a été obtenu pour les semences non enrobées et non inoculées.

Abstract

Experiments were conducted to verify if coating of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed provided a better establishment and yield than the conventional method. The experiments were carried out at two locations and involved five alfalfa cultivars. The seed was coated or uncoated in combination with or without inoculation.

During the seeding year, no statistical differences were observed among seed treatments for establishment. The better establishment was obtained with the inoculation of bare seed (conventional method). Coated seed showed no advantage over uncoated and even slightly depressed establishment. Seed coating and inoculation has little effect on yields of alfalfa except at Saint-Hyacinthe where a lower yield was obtained with the bare seed treatment.

¹ Contribution no. 195 of the Sainte-Foy Research Station and Contribution no. 320 of the Research Branch, Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Introduction

The successful establishment of forage crops depends on a number of factors such as soil humidity, acidity, fertility and adequate seedbed preparation. Seed coating has been promoted as a method to improve the establishment of these crops. However, results obtained from coating the seed have been variable. Loneragan *et al.* (1955) have shown that coating the seed with lime and superphosphate increased nodulation and growth of subterranean clover in a soil of pH 5.2. Other workers have used seed coating successfully with subterranean clover (Morrison, 1966; Roughley & Walker, 1973; Dowling, 1978) and with white clover (Jones & Thomas, 1966; Jones *et al.*, 1967). Mackenzie *et al.* (1972) have shown that excellent nodulation of alfalfa was achieved only with high quality inoculum found within a lime-coated seed. Scott & Archie (1978) reported considerably improved establishment of legume seed coated with elemental sulfur. On the other hand, Cullen & Ludecke (1966) reported that coating reduce clover establishment when compared with inoculation alone, or had no effect (Lowther *et al.*, 1970). Musgrave & Lowther (1976) showed that lime coated seed did not insure nodulation and survival of alfalfa planted under adverse conditions.

When alfalfa is grown in rotation with certain crops such as potatoes, the pH should not be altered by liming. Under such conditions, Kunelius & Gupta (1975) and Kunelius (1979) have observed that coating alfalfa seed favored growth and gave a better establishment than just inoculating the seed. According to Barnes (1978) and Barnes *et al.* (1979) seed coating improved the establishment of alfalfa only slightly under high pH. Yet, they thought it could have a beneficial effect when other cropping conditions were unfavourable.

The present study was undertaken to verify the hypothesis that seed coating and/or inoculation may improve the establishment and the yield of alfalfa swards.

Material and methods

The trial was seeded at each of two locations. The Saint-Hyacinthe experiment was established on a sandy-clay loam soil of pH 6.5 with 2.3% organic matter and 310 kg/ha of P, 276 kg/ha of K and 230 kg/ha of Mg. Seeding was done in May of 1976

with a precision seed-drill at the rate of 9 kg/ha for bare seed and at 12 kg/ha for coated seed. Since coated seeds weighed about 30% more because of the added coating material, a higher seeding rate was used in order to get approximately the same number of seeds. Weed control was provided by incorporating EPTC into the seedbed prior to seeding at the rate of 3.59 kg a.i./ha. At seeding time, 450 kg/ha of 3-15-30 + 0.22 B fertilizer was applied. In October, another application of 250 kg/ha of the same fertilizer was made. The La Pocatière experiment was established on a clay-loam soil of pH 6.8 with 5.3% organic matter and 248 kg/ha of P, 643 kg/ha of K and more than 900 kg/ha of Mg. Seeding took place at the end of July 1976, at the same seeding rates as above using the same seed-drill. Weeds were controlled with EPTC preplant-incorporated at the rate of 2.95 kg a.i./ha. At seeding time, 560 kg/ha of a 5-20-20 + 0.22 B fertilizer was applied. At each location, plots consisted of eight rows of six metre long with eighteen centimetres between rows.

The cultivar Titan, Anchor, WL-215, Warrior and Thor were used, the first three had been Prill-coated and the last two Noculimed. Prill-coated is the trademark for coated seed by the process of Cell-Pril Industries Inc., Manteca, California. Noculimed is the trademark for coated seed by the process of Northrup King & Co., Minneapolis, Minnesota. These were two coating processes available at that time and they involved the inoculation of the seed with *Rhizobium* and a combination of additives to improve germination.

In order to make comparisons between the presence or absence of coating and/or inoculation, the following treatments were evaluated: a) bare seed, b) normal inoculation with a commercial peat culture, c) coated seed, and d) coated seed plus normal inoculation. Because coated seed supposedly include *Rhizobia*, this last treatment may be considered as a reinoculation of coated seed. Treatments and cultivars were paired in all combinations. All coated and uncoated seed were from the same seed stock and the seed obtained for our experiment was freshly coated.

No attempts were made to calculate the initial inoculum concentration, neither to determine the number of *Rhizobium* present in the soil. It may be assumed however, that these soils contained appreciable amount of *Rhizobium* due to previously grown alfalfa.

The establishment of the alfalfa was first measured six weeks after seeding and in the following spring by taking a stand count on a one metre length in the fourth row at two metres inside each plot. In this manner, all counts were obtained at the same place in every plot. Two harvests were taken the year following the seeding year and dry matter yields were recorded.

The experimental design was $2 \times 2 \times 5$ factorial randomized block with three replications. A square root transformation was applied to count data before analysis.

Results and discussion

ESTABLISHMENT

A good establishment as measured by stand count was obtained with the inoculation of seeds with an effective strain of *Rhizobium*. However, none of the differences observed among seed treatments at either sites for stand counts were statistically significant at probability of $P \leq 0.05$ (Tables I and II). At Saint-Hyacinthe, the second better establishment was obtained with bare seed. Overall inoculation of bare seed with a commercial inoculant resulted into a 6% increase in plant establishment (6.41 vs 6.03).

Coated seed showed no advantage over uncoated seed. Compared with inoculation alone (check), coating generally depressed establishment from 2% for the uninoculated coated seed (6.19) up to 17% for the inoculated seed (5.20) at La Pocatière. We do not know if coating interfered with inoculant survival or seedling germination and nodulation. Scott (1975) found that many of the experimental coatings that he evaluated (predominantly on grasses) severely depressed germination capacity and that none significantly increased germination compared with bare seed.

No valid comparison could be done between the two coating processes simply because their effects were confounded with the cultivars effects. No statistical differences were found among cultivars (Table II). At La Pocatière, there was a significant second order interaction between cultivar, inoculation and coating. The coated seed of Thor and Warrior established well when uninoculated but showed no advantage over bare seed when inoculated (Tables I and III). We have no specific explanation for this type of response.

A stand count taken in the spring of the following year revealed there was no signifi-

TABLE I

Effect of seed coating and inoculation on the establishment of five alfalfa cultivars seeded at two locations, measured six weeks after seeding and expressed as square root of plant counts per metre of row

Cultivar	Uninoculated		Inoculated		Mean
	Uncoated	Coated	Uncoated	Coated	
<i>Saint-Hyacinthe</i>					
Titan	5.19	5.91	5.93	6.78	5.95
Anchor	7.16	5.59	7.87	5.23	6.46
WL-215	6.12	5.60	6.66	5.03	5.85
Warrior	6.20	6.02	5.93	6.28	6.10
Thor	5.95	6.07	6.19	6.55	6.19
Mean	6.13	5.84	6.51	5.97	6.11
<i>La Pocatière</i>					
Titan	6.11	3.90	4.83	5.87	5.17
Anchor	5.90	4.86	7.66	4.42	5.71
WL-215	6.55	6.53	6.20	5.25	6.13
Warrior	6.36	7.30	6.77	6.36	6.69
Thor	4.72	8.37	6.05	4.14	5.82
Mean	5.93	6.19	6.30	5.20	5.90
Mean	6.03	6.02	6.41	5.59	6.01

TABLE II

F-test of analyses of variance of square root of plant counts and dry matter yields (kg/ha) of an experiment with coated and uncoated alfalfa seed (1976-1977)

Source of variation	La Pocatière			Saint-Hyacinthe		
	Plant counts		D.M. yields	Plant counts		D.M. yields
	76-08	77-08	1977	76-06	77-05	1977
Replication	**	**	**	NS	NS	**
Coated (E)	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Inoculated (I)	NS	NS	NS	NS	NS	*
Cultivars (C)	NS	NS	*	NS	NS	NS
E × I	NS	NS	NS	NS	NS	NS
E × C	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C × I	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C × I × E	*	*	NS	NS	NS	NS

NS, *, ** Non-significant, significant at the 0.05 and 0.01 probability levels; respectively.

cant effect of coating nor a coating x cultivar interaction.

At Saint-Hyacinthe, no statistically significant differences were found among cultivars, nor between coatings (coated versus uncoated) but a statistically significant difference was observed between inoculated (11631) and uninoculated (10882) (Tables II and IV). This difference was the result of a lower yield obtained with the bare seed treatment. In this case, the establishment had been as good as for the other seed treatments. Thus, the lack of nodulation and N-fixation could be responsible for the reduced yield.

There was no significant correlation between stand count and yield ($r = -0.03$) at both locations in 1977. A number of workers had also observed that different seeding rates resulted in similar yields of alfalfa after the establishment year (Christian, 1977). This is because alfalfa has a great ability to compensate for variable stand by adjusting plant size and branching to optimize yield. At high densities, individual alfalfa plants are smaller and less vigorous (Roufail, 1975) and their survival is poorer (Palmer & Wynn-Williams, 1976) than at lower densities. Palmer & Wynn-Williams (1976) found that the density-yield relation reached a plateau at 30 plants per m^2 , and suggested that satisfactory yields could be maintained at 15 plants per m^2 .

In this study, despite the fact that alfalfa was seeded on an important reduction in stand density at Saint-Hyacinthe but the type of response observed after full emergence

was maintained (Tables II and III). Seed treatments did not affect survival. Reduction in stand count could be attributed to plant competition, diseases and winterkilling.

Seed coating should allow the rhizobia to be sown close to the seed and yet to be protected from both the seed and aerial environment thus insuring a better inoculation and establishment. In this study, the effects of seed coating and inoculation on total germination were not verified. Our data refer to plants established for at least six weeks and may not indicate the effects of coating and inoculation on early stage of development. Nonetheless, data taken on older plants should provide a better indication of the relative value on seed treatments on stand establishment because inoculation effects are less likely to be detected at an earlier stage.

DRY MATTER PRODUCTION

At La Pocatière, there were no statistically significant differences among seed treatments for dry matter production (Tables II and IV). The bare seed treatment yielded as well as the inoculated uncoated seed (check) but 4% more than the uninoculated coated seed. There was a significant difference among cultivars. This difference in yield must have been due to difference in yielding ability of cultivars. Fertile soils where it has previously been grown, inoculation of seed at a normal commercial rate revealed to be the best overall treatment. These results emphasize the importance of the inoculation if maximum productivity is to be achieved.

TABLE III

Effect of seed coating and inoculation on the establishment of five alfalfa cultivars seeded at two locations, measured in the spring following the seeding year and expressed as square root of plant counts par metre of row

Cultivar	Uninoculated		Inoculated		Mean
	Uncoated	Coated	Uncoated	Coated	
<i>Saint-Hyacinthe</i>					
Titan	3.48	3.45	3.69	3.63	3.56
Anchor	3.63	3.25	3.87	3.26	3.50
WL-215	3.86	3.53	4.04	3.72	3.79
Warrior	3.26	3.50	3.36	3.56	3.42
Thor	3.74	4.16	3.84	3.68	3.85
Mean	3.59	3.58	3.76	3.57	3.62
<i>La Pocatière</i>					
Titan	6.08	3.87	4.85	5.83	5.16
Anchor	6.24	4.99	7.73	4.51	5.87
WL-215	7.02	6.59	6.29	5.33	6.30
Warrior	6.30	6.69	6.61	6.55	6.54
Thor	4.54	8.32	6.21	4.15	5.80
Mean	6.04	6.09	6.34	5.27	5.93
Mean	4.81	4.83	5.05	4.42	4.78

TABLE IV

Effect of seed coating and inoculation on dry matter yield (kg/ha) of five alfalfa cultivars seeded at two locations, measured in the year following the establishment

Cultivar	Uninoculated		Inoculated		Mean
	Uncoated	Coated	Uncoated	Coated	
<i>Saint-Hyacinthe</i>					
Titan	9548	11347	11135	9496	10382
Anchor	11823	12009	11400	12855	12022
WL-215	10263	10474	12193	11559	11122
Warrior	10554	11082	12141	11717	11374
Thor	10077	11638	11479	12326	11380
Mean	10453	11310	11670	11591	11256
<i>La Pocatière</i>					
Titan	7399	7499	7633	7465	7499 ab*
Anchor	7199	6899	7499	6633	7307 b
WL-215	7699	7199	7266	7199	7341 b
Warrior	7966	7633	7899	7666	7791 ab
Thor	8033	7733	8033	8132	7983 a
Mean	7659	7392	7666	7619	7584
Mean	9056	9351	9668	9605	9420

* Means followed by the same letter are not significantly different (Duncan's multiple range test, $P \leq 0.05$).

Conclusion

This study on seed coating and concomitantly inoculating alfalfa released some information on their effects on stand establishment and dry matter yield production. Our results and those of others indicated that on non-acid and fertile soils, the conventional method which is the inoculation of bare seed with an effective strain of *Rhizobium* still represents a very good seed treatment. Coated seed showed no advantage over uncoated seed in establishment and forage yields. However, the development of new coating additives coupled with the increasing number of rhizobia per seed may warrant further investigations. The potential value of coated seed on marginal lands also needs to be tested.

References

- BARNES, D.K., 1978. Effect of coated seed on nodulation, establishment and yield of alfalfa. — Pages 52-55 in Proc. 8th a. Alfalfa Symp. Minn., St. Paul, 88 p.
- BARNES, D.K., C.P. VANCE & G.H. HEICHEL, 1979. Seed coating and nodulation effectiveness in alfalfa. — Pages 1-10 in Proc. 9th a. Alfalfa Symp. Peoria, Illinois, 80 p.
- CHRISTIAN, K.R., 1977. Effects on the environment on the growth of alfalfa. — Adv. Agron., 29: 183-227.
- CULLEN, N.A. & T.E. LUDECKE, 1966. The effects of inoculation, pelleting, rate of lime and time of sowing on establishment of white clover. — Pages 96-104 in Proc. 28th Conf. N.Z. Grassland Association, 215 p.
- DOWLING, P.M., 1978. Effect on seed coatings on the germination establishment and survival of oversown pasture species at Glenn Innes, New South Wales. — N.Z. J. exp. Agric., 6: 161-166.
- JONES, D.G. & S.B. THOMAS, 1966. The use of inoculation and pelleting in the establishment of white clover under mountain conditions. — J. appl. Bact., 29: 430.
- JONES, D.G., R.G. BRUCE & G. WILLIAMS, 1967. Comparative trials of seed pelleting, inoculation and the use of high lime dressing in upland reclamation. — J. appl. Bact., 30: 511-517.
- KUNELIUS, H.T., 1979. Coated vs inoculated alfalfa seed. — Forage Notes, 24: 30-31.
- KUNELIUS, H.T. & V.C. GUPTA, 1975. Effects of seed inoculation methods with peat-based *Rhizobium meliloti* on alfalfa. — Can. J. Plant Sci., 55: 555-563.
- LONERAGAN, J.F., D. MEYER, R.G. FAWCETT & A.J. ANDERSON, 1955. Lime pelleted clover seeds for nodulation on acid soils. — J. Aust. Inst. agric. Sci., 21: 264-265.
- LOWTHER, W.L., I.R. McDONALD & N.A. CULLEN, 1970. Clover inoculation for tussock grasslands. — Tussock Grassld Mount. Lands Inst. Rev., 20: 84-89.
- MACKENZIE, J., T. GLASBY & A. DIATLOFF, 1972. The role of nodulation and damping-off in lucerne establishment on acidic sandy soils on Darling Downs. — Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb., 12: 428-532.
- MORRISSON, J., 1966. The influence of lime, lime pelleting and method of sowing on the nodulation and growth of subterranean clover. — J. Br. Grassld Soc., 21: 270-275.
- MUSGRAVE, D.J. & W.L. LOWTHER, 1976. Effect of sowing date, inoculation level and pelleting on the establishment of over sown lucerne. — N.Z.J. exp. Agric., 4: 65-70.
- PALMER, T.P. & R.B. WYNN-WILLIAMS, 1976. Relationship between density and yield of lucerne. — N.Z.J. exp. Agric., 4: 71-77.
- ROUFAIL, A., 1975. Effect of sowing rate and sowing method on the establishment, yield and survival of irrigated lucerne at Kyabram Victoria. — Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb., 15: 64-68.
- ROUGHLEY, R.J. & M.H. WALKER, 1973. A study of inoculation and sowing methods for trifolium subterranean in New South Wales. — Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb., 13: 284-291.
- SCOTT, D., 1975. Effects of seed coating on establishment. — N.Z. J. agric. Res., 18: 59-67.
- SCOTT, D. & W.J. ARCHIE, 1978. Sulphur, phosphate and molybdenum coating of legume seed. — N.Z.J. agric. Res., 21: 643-649.

EFFET DE LA FERTILISATION N, P, K SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITÉ DE LA TOMATE ET DU CONCOMBRE CULTIVÉS EN SERRE¹

B. T. CHENG

*Service de recherche en sols,
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation du Québec
2700 rue Einstein, Ste-Foy, Québec G1P 3W8*

Résumé

Les effets de la fumure N, P et K sur la croissance, les rendements et la qualité de la tomate (cv. Vendor) et du concombre (cv. Fertila F) cultivés sur loam sableux Saint-Damase ont été étudiés en serre. Les résultats montrent un effet positif de la fumure azotée seulement sur le rendement de la tomate. L'apport de phosphore a amélioré les rendements du concombre. Par contre, la fumure phosphatée tend à diminuer la consistance de la tomate. La fumure complète N, P et K a amélioré le contenu en sucre de la tomate. La teneur en vitamine C a augmenté avec les doses de potassium. On a constaté une interaction négative de N \times P sur le contenu en vitamine C et une interaction positive sur la fermeté de la tomate. La fumure phosphatée résiduelle a favorisé la croissance radiale et longitudinale du concombre.

Abstract

A greenhouse experiment was made on the influence of N-P-K fertilizers on the yield and quality of tomato (cv. Vendor) and cucumber (cv. Fertila F) in a St. Damase sandy loam soil. The positive effect of N fertilizer on tomato yield was significant at 1% level and that of P fertilizer on the cucumber yield was significant at 5% level. Optimum fertilization increased sugar and vitamin C content of tomato. A negative N-P interaction on vitamin C content and a positive N-P interaction on the firmness of tomato was observed. The longitudinal and radial growth of cucumber was increased by residual P fertilization.

Introduction

La tomate résiste très bien à la sécheresse et aux excès de chaleur, ce qui lui confère le net avantage de pouvoir croître sur différents types de sol et sous divers climats. Par contre, le concombre se cultive durant la saison chaude. La croissance de ces deux cultures est plus rapide par temps humide, avec une température assez uniforme, variant de 18° à 30°C (Magoon, 1969). Il est donc plus convenable de cultiver des tomates et des concombres en serre, sous climat contrôlé.

Selon le Gouvernement du Québec (1977), la superficie totale sous verre et sous plastique des productions de légumes s'établit à

230 800 mètres carrés, soit 23 hectares en production, et l'on prévoit que les superficies continueront à augmenter. Parmi elles, la tomate et le concombre sont les plus importantes productions légumières de serre au Québec (Conseil des productions végétales du Québec, 1980).

En Ontario, Ward (1967) estime les besoins en N, P et K à 160, 150 et 100 kg/ha pour une récolte de 20 t/ha de tomates et le prélèvement des éléments nutritifs à N 346, P 80, K 571, Ca 246 et Mg 41 kg/ha. Dans le cas du concombre, le même auteur a établi les besoins en N, P et K respectivement à 50, 50, 100 kg/ha en se basant sur le prélèvement de N 483, P 183, K 862, Ca 683 et Mg 154 kg/ha pour un rendement de 15 t/ha.

¹ Contribution n° 324 de la Direction générale de la recherche et de l'enseignement agricole, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Ce travail de recherche a pour but d'établir le niveau de fertilisation optimum et un

meilleur équilibre nutritif pour la tomate et le concombre de serre cultivés dans le loam sableux Saint-Damase, pour assurer l'utilisation rationnelle des engrais chimiques en vue de l'augmentation du rendement.

L'interaction des éléments N, P et K à la dose établie sur la croissance de ces cultures, la qualité des récoltes, ainsi que sur la composition minérale des feuilles sont également étudiées.

Les résultats issus de ce travail vont permettre d'améliorer les recommandations du Conseil des productions végétales du Québec.

Matériel et méthodes

Les traitements consistent en trois doses de chacun des éléments N, P et K, soit 0, 100 et 200 kg/ha, en combinaison factorielle avec deux répétitions. La culture des tomates (cv. Vendor) précède celle des concombres (cv. Fertila F). Les éléments fertilisants ont été apportés sous forme de nitrate d'ammonium (33-0-0), de superphosphate (0-46-0) et de chlorure de potassium (0-0-60). Le phosphore et la potasse avec la moitié de l'azote sont épandus avant la transplantation et l'autre moitié de l'azote à la floraison. Le concombre a été semé après la récolte de la tomate, dans les mêmes pots et sans nouvel apport d'engrais, pour vérifier l'effet résiduel de la fumure sur la croissance du concombre.

Nous avons utilisé du sol sableux Saint-Damase prélevé à Saint-Hyacinthe. Ce sol s'est développé sur un sable d'origine Champlain et forme une plaine unie à drainage plutôt lent (Laplante, 1959). Les résultats de l'analyse du sol avant l'expérience sont les suivants : pH : 6.1 (dans l'eau) ; matière organique 3,1% ; N 0,12% ; p_2 Bray : 450 ; K : 215 ; Ca : 1725 et Mg : 80 kg/ha.

La température de la serre a été ajustée à environ 20°C et l'humidité relative à 70%. L'éclairage supplémentaire d'une intensité de 2 000 lux fonctionnait 12 heures par jour.

On a également prélevé des échantillons foliaires pour mesurer les teneurs en éléments nutritifs. Pour la tomate, on a choisi la cinquième feuille complète à partir du haut de la plante ; pour le concombre, la troisième feuille visible du sommet de la tige principale, dans les deux cas, au début de la floraison (Gomez-Lepe & Ulrich, 1974 ; MacLean *et al.*, 1968 ; Pandita & Andrew, 1967 ; Ward & Johnston 1962).

On a effectué la détermination de la vitamine C et du sucre suivant les méthodes suggérées par Hart & Fisher (1971) et celle de la fermeté par un pénétromètre (Soil Test Incorporated, 1972) ; la lecture est exprimée en kg/cm². L'analyse de l'azote a été faite par semi-micro Kjeldahl, celle du phosphore par colorimétrie et la détermination de K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn par absorption atomique (McKeague, 1977 ; Perkin Elmer Co., 1978). Les analyses statistiques furent réalisées selon Mack & Cairns (1957). Tous les essais de fertilisation furent faits en duplicata.

Résultats et discussion

Les résultats présentés dans le tableau I montrent que le rendement des tomates augmente de façon très significative avec la fumure azotée. L'augmentation du nombre de fruits par plant et leur grosseur en sont la cause. Selon les résultats originaux, des doses d'azote de 100 et 200 kg/ha ont respectivement fait tripler et quadrupler les rendements, ce qui concorde tout à fait avec les résultats de Fisher (1969), selon qui l'addition d'engrais azotés à une dose de 170 kg/ha favorise une floraison hâtive. De plus, l'apport optimum d'azote résulte en une croissance plus rapide de la plante et du fruit.

Toutefois, les fumures phosphatées et potassiques n'ont pas contribué à augmenter le rendement de la tomate de façon importante (tableau I). Borrelli (1978) a observé que le rendement de la tomate augmente légèrement avec l'apport du phosphore. Par contre, selon le même auteur, la fumure potassique n'a montré aucun résultat significatif.

Le rendement maximal est atteint avec une fumure complète aux doses de 200 N, 100 P et 100 K (kg/ha). Ce traitement donne un accroissement de rendement de 318% par pot par rapport au témoin. Il augmente également le contenu en N, P et K des feuilles et le contenu en sucre des fruits. Ainsi, la concentration en éléments des feuilles passe de 1,85 à 3,32% pour N, de 0,30 à 0,51% pour P et de 1,62 à 2,34% pour K. La teneur en sucre s'accroît de 4,2 à 6,0% comparativement aux pots non fertilisés. Les éléments nutritifs dans les feuilles de la tomate correspondent au rendement maximal trouvé par d'autres chercheurs, c'est-à-dire 3,0% de N (Anand & Muthukrishnan, 1974), 0,45% de P (Besford, 1979), 4,0% de K (Widders & Lorenz, 1979) et 5,0% de sucre (Sabulo & Olorunda, 1977) dans les fruits.

TABLEAU I

Effet de N, P et K sur la croissance et la qualité des tomates de serre (moyenne de 2 répétitions)

Dose (kg/ha)	Rendement de fruits (g/pot)	Nombre de fruits	Contenu en vitamine C (mg/100 g)	Contenu en sucre (%)	Fermeté du fruit (kg/cm ²)
N	0	5	31,3	4,5	1,84
	100	13	29,1	5,1	1,89
	200	14	23,9	5,1	2,08
	**	**	**	*	**
P	0	10	27,4	4,8	2,22
	100	11	27,7	5,1	1,73
	200	11	29,3	4,8	1,86
					**
K	0	10	26,4	4,8	2,01
	100	11	28,5	5,0	1,89
	200	11	29,4	4,9	1,90
Écart-type	82	1,3	1,4	0,3	0,09
Coefficient de variabilité	10,2	10,3	7,4	8,8	6,7
Interaction significative	—	—	N-P	—	N-P

* Significatif au seuil de 5%.

** Significatif au seuil de 1%.

Le bon rendement du concombre obtenu est relié aux données analytiques des tissus végétaux : 2,16% N, 0,77% P et 2,50% K. Les résultats d'Adams (1978) étaient : 4,7, 0,8 et 2,7 respectivement. La fumure résiduelle de la série 200-100-100 kg/ha de N, P et K donne un rendement positif de 250% comparé au témoin non fertilisé. Toutefois, le rendement maximal est obtenu avec le traitement 0, 200, 100 kg/ha de N, P et K. L'analyse de variance des rendements du concombre montre que le phosphore est le seul élément ayant produit un effet (tableau II). On peut donc conclure que la fumure azotée joue un rôle majeur dans la fertilisation de la tomate alors que la fumure phosphatée est plus importante pour le concombre.

Bishop *et al.* (1969) ont constaté que la carence ou l'excès de phosphore diminue le rendement du concombre ; cette culture a été caractérisée par ses faibles exigences en phosphore.

La concentration en calcium dans les feuilles augmente significativement avec l'augmentation de la fumure azotée tant pour la tomate que pour le concombre (tableaux III et IV). La même observation s'applique au magnésium. Ceci résulterait du prélèvement accru par la récolte et d'une moindre teneur résiduelle du sol en calcium et en magnésium. La fumure phosphatée tend par contre à diminuer le calcium disponible du sol faisant ainsi obstacle à l'assimilation de cet élément par la tomate et le concombre. L'interaction positive entre les fumures azotées et potassiques est corroborée par une augmentation du contenu en potassium des plants et par une diminution du potassium résiduel dans le sol (Borrelli, 1978).

La fertilisation au potassium a tendance à diminuer le contenu de magnésium dans les feuilles. Kabu & Toop (1970) ont observé que les tissus végétaux exigent une plus forte concentration de magnésium pour prévenir

TABLEAU II
Effet résiduel de N, P et K sur le rendement, le diamètre et
la longueur des concombres de serre

<i>Dose (kg/ha)</i>	<i>Rendement de fruits (g/pot)</i>	<i>Diamètre du concombre (cm)</i>	<i>Longueur du concombre (cm)</i>
N 0	309	3,7	21,8
N 100	372	3,6	21,9
N 200	387	3,5	23,0
P 0	287	3,4	21,0
P 100	346	3,5	22,0
P 200	435	3,8	23,7
K 0	320	3,6	21,9
K 100	356	3,7	22,0
K 200	392	3,4	22,7
Écart-type	141	0,2	1,7
Coefficient de variabilité	16,1	7,8	11,1
Interaction significative	—	—	—

* Significatif au seuil de 5%.

une carence lorsque la dose de potasse est trop élevée.

La fumure azotée à la dose de 100 kg/ha de N diminue beaucoup les concentrations de Cu, Fe et Mn dans les feuilles de la tomate (tableau III). Une dose supérieure n'accroît pas le phénomène. Dans la plupart des cas, la fumure phosphatée a eu le même effet. La fumure potassique quant à elle ne diminue réellement que la teneur du feuillage en fer. En dépit des autres combinaisons des fertilisants, une fumure N, P et K de 200-200-200 kg/ha diminue considérablement les concentrations en Cu, Fe et Mn dans les feuilles de la tomate, probablement à cause de la dilution.

La fermeté de la tomate, mesurée par un pénétromètre et exprimée en kg/cm², fut plus élevée pour le traitement n'ayant reçu aucune fumure. En général, la fermeté du fruit est inversement proportionnelle à son poids. La dureté du fruit diminue avec des apports de phosphore et de potasse, mais augmente avec des apports d'azote (tableau

I). La cause est inconnue pour le moment. En conséquence, l'utilisation d'engrais chimique a stimulé la production de tomates, plus juteuses et plus tendres. En ce qui concerne la qualité de la tomate, tous les traitements d'engrais chimiques ont fait augmenter son contenu en sucre par rapport au témoin à l'exception du traitement 0-100-0 kg/ha. La plus grande concentration en sucre fut obtenue avec le traitement 200-100-100 kg/ha. Le contenu en vitamine C de la tomate a augmenté linéairement avec les additions d'engrais potassiques. Toutefois, l'engrais azoté produit un effet inverse (tableau I). L'interaction négative de N × P sur le contenu en vitamine C et la fermeté de la tomate fut statistiquement significative.

La croissance radiale et longitudinale du concombre augmente en fonction directe de la quantité de fertilisants phosphatés apportés au sol jusqu'à 200 kg/ha (tableau II). En outre, la fumure azotée a tendance à stimuler la croissance longitudinale, mais à diminuer la croissance radiale.

TABLEAU III

Effet de N, P et K sur le contenu minéral des feuilles de tomates,
prélevées au premier stade de floraison

Dose (kg/ha)	Contenu minéral de la matière sèche								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	
	(%)				(ppm)				
N	0	1,43	0,45	1,98	2,19	0,29	126	344	124
	100	2,39	0,34	1,60	3,02	0,51	86	300	83
	200	3,40	0,38	1,89	3,37	0,48	100	377	123
		**			**	*		**	
P	0	2,48	0,28	1,91	3,03	0,44	112	400	121
	100	2,38	0,41	1,80	2,84	0,43	105	344	100
	200	2,36	0,47	1,75	2,71	0,42	95	277	110
		**		**	**		*		
K	0	2,46	0,41	1,35	2,95	0,45	99	422	103
	100	2,44	0,38	1,99	2,95	0,43	101	322	112
	200	2,32	0,38	2,12	2,69	0,42	113	278	115
							*		
Écart-type		0,29	0,05	0,49	0,11	0,07	14	90	11
Coefficient de variabilité		7,6	10,8	18,2	5,6	15,5	18,9	17,4	14,1
Interaction significative		—	—	N-K	N-P	—	—	P-K	—

* Significatif au seuil de 5%.

** Significatif au seuil de 1%.

On constate actuellement une contradiction entre le goût du consommateur qui recherche un fruit sain, propre, de belle apparence et de bon goût et celui du marché qui recherche surtout une bonne grosseur, une bonne fermeté et une belle couleur. L'aspect nutritionnel est souvent négligé; pourtant le contenu en minéraux de la tomate et du concombre est susceptible d'en affecter le goût, la fermeté et l'apparence. Ces deux fruits sont reconnus comme source importante de vitamine C (Magoon, 1969). Si le contenu en sucre est trop faible, le goût des acides organiques est alors perçu plus fortement et laisse une saveur aigre. Ceci explique en partie la contradiction notée antérieurement. Un contenu considérable en éléments nutritifs aide de plus à donner au fruit un bon goût et une belle apparence.

Remerciements

L'auteur remercie le personnel du Service de recherche en sols et du Laboratoire de chimie alimentaire du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec pour leur aide technique; ses collègues pour la révision du texte.

Références

- ADAMS, P., 1978. How cucumbers respond to variation in nutrition. — *Grower*, 89: 197-201.
- ANAND, N. & C.R. MUTHUKRISHNAN, 1974. Effect of N fertilizer on tomato. — *S. Indian Hort.*, 22: 86-91.
- BESFORD, R.T., 1979. Uptake and distribution of phosphorus in tomato plants. — *Pl. Soil.* 51: 331-340.

TABLEAU IV

Effet de N, P et K sur le contenu minéral des feuilles de concombre prélevées au premier stade de floraison

Dose (kg/ha)	Contenu minéral de la matière sèche					
	N	P	K (%)	Ca	Mg	Mn (ppm)
0	1,90	0,66	2,02	5,30	0,85	26
N 100	2,02	0,57	1,18	5,47	0,91	62
200	1,94	0,57	0,88 *	6,21 *	0,98 *	88 **
0	1,94	0,51	1,33	5,95	0,91	58
P 100	1,91	0,62	1,37	5,85	0,90	61
200	2,01	0,67 *	1,38	5,18	0,92	58
0	2,21	0,65	1,44	6,59	1,04	60
K 100	1,74	0,58	1,64	5,10	0,81	62
200	1,91 *	0,57	1,36 **	5,29	0,89	55
Écart-type	0,25	0,08	0,29	0,84	0,14	6
Coefficient de variabilité	18,3	20,2	20,0	21,0	22,0	16,1
Interaction significative	—	—	—	—	—	N-P N-K

* Significatif au seuil de 5%.

** Significatif au seuil de 1%.

- BISHOP, R.F., W.E. CHIPMAN & C.R. MacEACHERN, 1969. Effect of N, P and K on yields and nutrient levels in laminae and petioles of pickling cucumbers. — *Can. J. Soil Sci.*, 49: 297-304.
- BORRELLI, A., 1978. The effect of N, P and K on the production of tomatoes in glasshouse. — *Riv. Ortoflorofruttic. ital.*, 62: 235-245.
- CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC, 1980. Légumes de serre. — *Bull. tech. n° 290*, 71 p.
- FISHER, K.J., 1969. Effect of N supply during propagation on flowering and fruiting of glasshouse tomatoes. — *J. hort. Sci.*, 44: 407-411.
- GOMEZ-LEPE, B.E. & A. ULRICH, 1974. Influence of nitrate on tomato growth. — *J. Am. Hort. Soc. Sci.*, 99: 45-49.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC, 1977. Coup d'œil sur l'agro-alimentaire au Québec. — *Service des études économiques, Ministère de l'Agriculture du Québec.*, 303 p.
- HART, F.L. & H.J. FISHER, 1971. *Modern food analysis.* — Springer-Verlag Book Company, New York, U.S.A., 438 p.
- KABU, K.L. & E.W. TOOP, 1970. Influence of K-Mg antagonism on tomato plant growth. — *Can. J. Pl. Sci.*, 50: 711-715.
- LAPLANTE, L., 1959. Étude pédologique du comté de Bagot. — *Bull. tech. Min. Agric. Québec*, n° 6, 159 p.
- MACK, A.R. & R.R. CAIRNS, 1957. *Statistical procedures.* — Illustration Station Division, Central Experimental Farm, Ottawa, Ontario, 29 p.
- MacLEAN, K.S., H.A.L. McLAUGHLIN & M.H. BROWN, 1968. The application of tissue analysis to production of commercial greenhouse tomatoes. — *Proc. Am. Hort. Soc. Sci.*, 92: 531-536.
- MAGOON, C.E., 1969. *Fruit and vegetable facts and pointers.* — United Fresh Fruit and Vegetable Association, Virginia, U.S.A., 44 p.
- McKEAGUE, J.A., 1977. *Manuel de méthodes d'échantillonnage et d'analyse des sols.* — Comité canadien de pédologie, Ottawa, Ontario, 223 p.
- PANDITA, M.L. & W. T. ANDREW, 1967. A correlation between phosphorus content of leaf tissue and days to maturity in tomato and lettuce. — *Proc. Am. Hort. Soc. Sci.* 91: 544-549.

- PERKIN ELMER CORPORATION, 1978. Technique and applications of atomic absorption. — Tech. Bull. Perkin Elmer. Co. no. AA 3229, 15 p.
- SABULO, R.A. & A.O. OLORUNDA, 1977. The effect of N, P and K on the canning quality of tomatoes in south-western Nigeria. — *Acta Horticulturae*, 53: 171-180.
- SOIL TEST INCORPORATED, 1972. Manual for a pocket penetrometer, model LC-700. 4711 W. North Ave. Chicago 39, Illinois, U.S.A, 6 p.
- WARD, G.M., 1967. Nutrition of greenhouse vegetable growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. — *Proc. Am. Hort. Soc. Sci.*, 90: 335-341.
- WARD, G.M. & F.B. JOHNSTON, 1962. Chemical method of plant analysis. — Contribution no. 1064, C.D.A., 59 p.
- WIDDERS, I.E. & O.A. LORENZ, 1979. Tomato root development as related to K nutrition. — *J. Am. Hort. Soc. Sci.*, 104: 216-220.

PRODUCTIVITY OF NATIVE AND TEMPERATE "CROP" PLANTS IN THE KEEWATIN DISTRICT, N.W.T.

M.J. ROMER, W.R. CUMMINS and J. SVOBODA

*Department of Botany
University of Toronto, Erindale College
Mississauga, Ontario
L5L 1C6*

Résumé

Les auteurs étudient la productivité de quelques cultures potagères à Rankin Inlet, Territoires du Nord-Ouest (63° N.), sous différentes conditions de températures et de fertilisation. Dans les communautés nordiques, l'alimentation traditionnelle des Inuits, qui incluait jadis des extraits de plantes, a été remplacée par une grande variété de denrées importées, dispendieuses et souvent de qualité médiocre. La culture potagère dans ces régions serait donc de nature à réduire la dépendance vis-à-vis les produits importés et y améliorerait l'alimentation.

Les serres froides expérimentales contenaient de la tourbe locale, du sable et des sédiments organiques lacustres. Ce milieu d'expérience fut amélioré par les engrais et l'utilisation d'un abri en plastique transparent. Les espèces indigènes de la tundra avoisinante étaient transplantées dans la terre. Les semis de plantes tempérées provenaient de graines importées.

La transplantation s'est avérée un succès. L'accroissement de la biomasse des plantes sous traitement est supérieure à celui des plantes témoins (68-1496%) et à celui des plantes indigènes (486-4519%). Les récoltes obtenues à partir des plantes tempérées sont plus considérables que celles des témoins. Les espèces indigènes et tempérées donnent des récoltes identiques en poids frais et en poids sec (146-543%). La culture potagère à petite échelle dans ces régions est donc possible à l'aide de méthodes simples, malgré le climat frais et la courte saison de croissance (6 semaines).

Abstract

The productivity of selected edible arctic and temperate crop species was examined under natural, non-ameliorated and nutrient-temperature ameliorated conditions in Rankin Inlet, N.W.T. (63°N). In northern communities, the traditional Inuit diet which included plant supplements has been replaced by a wide variety of expensive and often poor quality imported staples. The cultivation of crops in the mid-Arctic would reduce the current dependence on imported foodstuffs and improve the quality of the northern diet.

Experimental cold frame gardens were constructed and filled with a mixture of local peats, sands, and lake organic sediments. Ameliorative treatments including clear plastic canopies and fertilizer were implemented. Native species were transplanted from the nearby tundra into the cold frame gardens. Temperate crops were germinated from imported seed.

High success of transplant establishment was obtained. Northern plants grown under ameliorated conditions showed greatly increased final dry weight biomass over non-ameliorated controls (68-1496%) and native tundra sites (486-4519%). Temperate crops produced harvestable yields within the short 6 week growing season which were significantly increased over controls (146-543%). Northern native and southern temperate species gave similar yields on both a fresh weight and dry weight basis. It was demonstrated that small-scale cultivation of northern and temperate plants is feasible in the cool climate and short growing season of low and mid-arctic regions by using simple ameliorative techniques.

Introduction

Demographic policies of the Canadian government from late 1950's encouraged northern native peoples to settle in selected regions of the Arctic. The process of exploration and development of fossil fuel and mineral resources led to an increased population in the Northwest Territories and profoundly changed the native peoples' lifestyle. Settlement of Inuit families into permanent communities effectively eliminated the traditional nomadic lifestyle and the establishment of supply stores in these new communities shifted the historical food flow patterns from those resources provided by the land to more readily available but imported foods. Thus in recent years, the populace has become increasingly dependent upon imported foodstuffs. Each week, for instance, an average of 25 tons of food must be flown 2,500 km to Inuvik from Edmonton (Hunt, 1978). The high cost, low variety, irregular availability and often poor quality of fresh food (Webb, 1977) forces northern consumers to rely increasingly on processed foods of sometimes questionable nutritional quality.

In recent years the Inuit have been confronted by a wide range of health problems. Many of these, including heart disease, diabetes and dental decay have resulted from inadequacies of the new diet (Schaefer, 1973). The health and social problems associated with this new food economy can be expected to grow if no initiatives to reduce dependency on imported foods are encouraged.

Farming and gardening of southern crops has been actively undertaken at Hudson's Bay Company outposts for over 300 years and for several decades by the Oblate missionaries (Moodie, 1978). Warmer climates and richer soils in Alaska and Yukon permitted development of several thousand acres of agricultural land, and current crop farming occurs as far north as 70° N latitude (Dearborn, 1979). A wide range of conventional temperate crops have been tested, and successful varieties have been recommended by the Alaska Agricultural Extension Service (Dearborn & Vandre, 1979). Simple ameliorative techniques including soil mulching and ridging have been shown to increase soil temperatures, improve soil moisture retention and contribute to good yields of cabbage and carrots in the Yukon (Gubbels, 1971, 1972). Northern gardening and horticultural practices may appeal to northern

peoples; it may provide a viable means to improve nutrition and reduce the strong dependence of the northern consumer upon expensive southern imports.

A novel approach to this challenge involves cultivating northern native plants as possible food crops. Certain northern species have been utilized by the Inuit to supplement their predominantly meat diets. Species of *Oxyria*, *Taraxacum*, *Oxytropis*, *Hedysarum*, *Saxifraga* and *Polygonum* were collected and eaten raw in salads, with meat, or were stored in seal oil for use during the winter months (Anderson, 1939; Hertz, 1968; Ager & Ager, 1980). The use of native species as northern crops has several advantages over the use of conventional temperate crops. Native plants, having traditionally constituted a part of the Inuit diet, may be more attractive as foodstuffs than unfamiliar imported produce. Arctic species are preadapted to the harsh climatic conditions of the north and are able to grow under the stressful conditions encountered throughout the short growing season. These plants are able to photosynthesize at low temperatures (Mawson *et al.*, 1981; Billings & Mooney, 1968; Hartgerink & Mayo, 1976; Mayo *et al.*, 1973), withstand frosts (Bliss, 1962) and grow effectively in soils which are drought stressed and low in available nutrients (Billings & Mooney, 1968). They are valuable sources of minerals and may contain higher levels of vitamins than their temperate counterparts (Rodahl, 1944a, b). These properties speak strongly in favour of research into the improvement and agricultural utilization of tundra plants in the north.

The objectives of the research project reported here were (1) to determine the feasibility of small scale northern agriculture mainly with respect to northern plants, (2) to examine the effects of simple ameliorative techniques on crop production, and (3) to compare the production of tundra plants with conventional temperate crops.

Methods

This research was conducted during the summers of 1979 and 1980 at Rankin Inlet, N.W.T. (63° N). The tundra in this area is dominated by lichen-heath communities with sporadic occurrence of willows and dwarf birch. Sedge-cotton grass meadows are predominant in seepage areas and around lakes. (Rowe *et al.*, 1977).

EXPERIMENTAL PLOTS

Two cold frame beds which served as experimental plots were constructed on an esker ridge running NW-SE in close proximity to Rankin Inlet. The gardens were partially protected from the prevailing winds by an outcrop arising from the esker. Each cold frame consisted of a 60 × 120 × 30 cm plywood frame, a plywood floor with a sheet of styrofoam insulation (5 cm) installed below. The cold frames were filled with 15 cm of northern growth medium composed of equal proportions of organic lacustrine sediments, fine sands and partly decomposed "humic" peat (Rowe *et al.*, 1977) collected from disturbed roadsides. One cold frame was used as a control: the other was covered with a clear polyethylene tent and its soil mixture was enriched with Osmocote 14:14:14 slow release pellet fertilizer (Sierra Chemical Co., Milpitas, California) at the beginning of the growing season (July 5, 1979; June 1, 1980). The fertilizer was applied at the suppliers' recommended dosage for temperate crops (440 g/m²).

NATURAL TUNDRA HABITATS

Four additional study sites were selected on the mesic tundra adjacent to the cold frames. These sites demonstrated good growth for each of the following local herbs: *Oxyria digyna* L. (Hill), *Saxifraga cernua* L., *Polygonum viviparum* L., and *Taraxacum lacernum* Greene (Porsild & Cody, 1980). Both *Taraxacum* and *Oxyria* sites were located on sandy, disturbed upland knolls or "mima" mounds (Rowe *et al.*, 1977) inhabited by numerous ground squirrels *Citellus parryii* (Richardson). These sites had numerous excrement deposits which probably improved the soil nutrient status and were frequently stirred by the burrowing rodents. The *Polygonum* site was located on recently disturbed mesic lichen-heath tundra where relatively little (< 60% cover) plant colonization had occurred. The substrate consisted of a thick layer (15 cm) of partially decomposed (mesic) (Rowe *et al.*, 1977) peat overlying coarse rocky gravel. The *Saxifraga* site was located within a cool, sheltered and shaded rock outcrop. The plants received less than 3 hours direct sunlight and grew on coarse gravel 3-10 cm in depth. Both the *Polygonum* and *Saxifraga* site were described by Rowe *et al.*, (1977) as variations of the "bouldery crests of ridges" landscape unit.

TEMPERATE CROP EXPERIMENTS

During the summer of 1979 three varieties of temperate crops: spinach (*Spinacia oleracea* cv. 'Viking'); lettuce (*Lactuca sativa* cv. 'Buttercrunch'); radish (*Raphanus sativus* cv. 'Cherrybelle') were grown in the experimental plots under ameliorated and non-ameliorated conditions. Seeds of lettuce and spinach were germinated on June 6, 1979 under controlled conditions of 10°C and 24 h continuous light in the growth chamber at the University of Toronto. These seedlings were transported to Rankin Inlet on June 22 and transplanted into the cold frames on July 5. Radish seeds were sown directly into the plots on July 5. The crops were harvested August 20. For both treatments the four largest plants of each species were selected. Mean harvestable freshweight and total dryweight (grams/plant) were measured. The total growing time was 70 days for the lettuce and spinach plants and 45 days for the radishes.

NORTHERN PLANT EXPERIMENTS

In late August of 1979 individual plants of the four native species were transplanted from their native habitats into the cold frames. The transplants were chosen from a uniform population of plants and bore similar complements of leaves and flowering stems. Transplants of *Oxyria digyna*, a rhizomatous species, were clipped from stem extensions of an established clump.

All transplants were left to overwinter in the cold frames with no protective covering except snow. On June 1, 1980 the plots were cleared of snow and the ameliorated plot was covered and fertilized. The plants grew a total of 70 days until they were harvested. Individuals at the native tundra sites were harvested at the beginning of August. The number of plants used (n) differ for each species and are presented in Figure 1. The growing season of these plants varied from 45 days for *Polygonum* to 65 days for *Taraxacum* depending on the emergence date from snow at each site.

Temperatures were measured twice weekly at approximately 1400 hours at 3 cm below, 5 cm above and at the soil surface (0 cm) in all tundra sites and both cold plots. Measurements were made using copper-constantan thermocouples and a Wescor microvoltmeter with built-in reference junction (Wescor Corp., Logan, Utah).

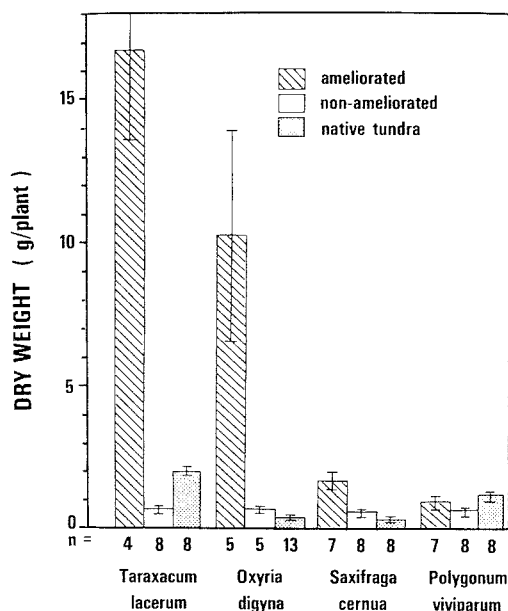


Figure 1. The final yields of northern species in nutrient and temperature ameliorated, non-ameliorated cold frames and native tundra sites during 1980. Bars represent standard error (Significance levels are presented as follows: ameliorated versus non-ameliorated cold frames / ameliorated versus native site). *Taraxacum lacerum*: $P < 0.05$ / $P < 0.05$; *Oxyria digyna*: $P < 0.10$ / $P < 0.10$; *Saxifraga cernua*: $P < 0.01$ / $P < 0.01$; *Polygonum viviparum*: $P < 0.05$ / n.s.

Biomass results for all samples were statistically tested using the approximate *t*-test (equality of 2 means for samples having unequal variances) (Sokal & Rohlf, 1981).

Results

TEMPERATURE

The covered cold frame plot showed markedly increased air, ground surface and soil temperatures over the uncovered plot and native tundra sites during 1979 and 1980 (Table I). In 1979, during July and August the early afternoon temperatures in the covered plot averaged 6.5° C higher at + 5 cm, 5° C higher at the soil surface (0 cm) and 4.1 C higher in the soil (- 3 cm) than those in the uncovered plot. Similarly in 1980, average 1400 h temperatures were 7.4° C higher at + 5 cm, 6.2° C higher at 0 cm and 3.6° C higher at - 3 cm in the covered versus uncovered plot.

The surface and soil temperatures recorded at the native habitats in 1980 were highest at the *Oxyria* site and lowest at the *Saxifraga* rock outcrop site. Surface and soil temperatures in the covered plot were 8.5 and 8.9° C higher respectively and air temperatures 6.3° C higher than at the natural *Saxifraga* rock outcrop site. Mean surface and soil temperatures of *Oxyria*, *Polygonum*, and *Taraxacum* beds were 1.1° C to 4.6° C higher in the covered cold frame than in native tundra sites.

OVERWINTERING SUCCESS AND YIELD

Tundra plants

The cold frame transplants rapidly emerged and began to grow within 3 days after they were cleared of snow on June 1, 1980. More than 90% of the individuals emerged

TABLE I

Temperature means (°C) recorded twice weekly at 1400 h in the cold frame plots and at native tundra sites during 1979 and 1980

	Soil (-3 cm)	Surface (0 cm)	Air (+5 cm)
June 25-September 1, 1979			
Exposed cold frame plots	8.4	11.0	10.5
Covered cold frame plots	12.5	16.0	17.0
June 15-August 16, 1980			
Exposed cold frame plots	11.5	12.1	9.9
Covered cold frame plots	15.1	18.3	17.3
Native tundra sites:			
<i>Saxifraga cernua</i>	6.2	9.8	11.0
<i>Polygonum viviparum</i>	12.2	15.4	13.1
<i>Taraxacum lacerum</i>	13.6	13.7	10.3
<i>Oxyria digyna</i>	13.8	17.2	13.7

and grew successfully through the 1980 season. Snowmelt at the native tundra sites lagged the experimental plots by one to three weeks. *Taraxacum* plants emerged on June 6, *Oxyria* and *Saxifraga* on June 5 and *Polygonum* on June 23, 1980.

Under nutrient and temperature ameliorated conditions, individuals of *Oxyria*, *Saxifraga* and *Taraxacum* demonstrated a marked increase in leaf and stem production when compared to those in the control plot and native habitats. Leaves were larger and thinner with long petioles and senescence symptoms of all plants were also delayed. *Saxifraga* rapidly entered the reproductive phase characterized by stem, flower and bulblet production. Leaf formation resumed following flower wilting. Both *Oxyria* and *Taraxacum* produced leaves continuously throughout the season with reproductive stems appearing at irregular intervals. In *Polygonum*, no further leaf production occurred after the initial emergence of shoots and flowers.

In comparison, plants growing in the control plot and at native sites had fewer and smaller leaves, and showed minimal leaf

production after initial emergence. Plants began to exhibit senescence symptoms including leaf discoloration and wilting immediately on completion of the reproductive cycle.

The dry matter yields varied greatly among the species. *Oxyria* and *Taraxacum* produced the greatest biomass of the 4 species tested with mean dry weight yields of 10.19 g and 16.69 g and mean fresh weight harvestable yields of 99.25 g and 122.61 g respectively (Fig. 1, Table II). Yields of *Oxyria*, *Saxifraga* and *Taraxacum* grown in the ameliorated plot were significantly higher than yields in the control plot and at the tundra sites (Fig. 1). Dry weight yields of *Oxyria* were 1496% and 4519% higher ($P < 0.10$) and *Taraxacum* 268% and 738% ($P < 0.05$) in ameliorated plots compared to yields in control plots and native tundra sites respectively. The final standing crop of *Saxifraga* averaged 1.57 g per plant (dry weight) 234% and 486% higher ($P < 0.01$) than that obtained at the control plot and native site respectively. Yields of *Polygonum* plants in the ameliorated cold frame plots were 68% higher than in control plots ($P < 0.05$) but showed no significant increase

TABLE II

Mean fresh weight harvestable yield (grams) of temperate and northern species from cold frame plots and native tundra sites. Levels of significance: ameliorated versus non-ameliorated / ameliorated versus native sites

	Nutrient-temperature ameliorated cold frame plot	Non-ameliorated cold frame plot	Native tundra sites
1979			
<i>Spinacia oleracea</i> Spinach (leaves)***	77.23	25.80	
<i>Lactuca sativa</i> Lettuce (leaves)**	84.68	9.48	
<i>Raphanus sativus</i> Radish (root)***	44.93	8.98	
1980			
<i>Polygonum viviparum</i> (root) */n.s.	0.97	0.68	1.17
<i>Saxifraga cernua</i> (leaves) ***/**	12.02	0.88	1.03
<i>Oxyria digyna</i> (leaves) **/**	99.25	1.38	0.72
<i>Taraxacum lacerum</i> (leaves) **/**	122.61	0.71	5.31

* $P < 0.10$.

** $P < 0.05$.

*** $P < 0.01$.

n/s: not significantly different.

over the native tundra site despite 3 extra weeks of growth. Final dry weight yields of *Taraxacum* and *Polygonum* plants in control plots were significantly lower ($P < 0.01$) and yields of *Saxifraga* and *Oxyria* higher ($P < 0.05$, $P < 0.01$) than plants in native tundra plots.

Temperate crops

Ninety percent of the temperate crop seedlings transplanted into the cold frame plots survived and successfully developed during the 45 day growth period. The harvested yields were 146-543% higher in the ameliorated versus control plot (Fig. 2). Spinach plants averaged 9.93 g dry weight (77.23 fresh weight) in the ameliorated plot, and produced the greatest yield of the 3 species tested under ameliorated as well as non-ameliorated conditions. In the covered plots, spinach plants were tall, with long internodes and good apical growth. Leaves were large, broad and dark green. Plants growing in the control plot were small with short internodes, thick stems and broad shoots spreading over the soil surface. Leaves were pale green, sclerophyllous and arranged in dense clusters on the stems. A

large proportion of spinach plants flowered under both conditions. This would be expected under the prevailing long photoperiod. Leaf production decreased during the flowering phase, but resumed upon seed formation.

Lettuce plants grown under ameliorated conditions produced heads averaging 7.7 g dry weight (84.68 g fresh weight). In the non-ameliorated plot the plants were considerably smaller, with a paler green colour and poorly developed heads.

Radish plants grown in the ameliorated plot averaged 4.99 g dry weight and developed large roots (44.93 g fresh weight) within 6 weeks of germination from seed. Again, plants grown in ameliorated plots produced longer and taller shoots and developed more rapidly. No flowering occurred in any radish or lettuce plants.

Discussion

The increased yields of northern and southern plants grown at Rankin Inlet can be directly attributed to the amelioration technique employed. The experimental design did not permit a comparison of the relative effectiveness of either improved soil nutrient content or improved microclimate conditions in the ameliorated cold frames. The arctic climate is characterized by low mean summer temperatures (Billings & Mooney, 1968) and frequent winds (Warren-Wilson, 1959) which have detrimental effects on plant growth. In northern Alberta, the application of clear plastic mulches directly on the soil surface significantly increased soil temperatures and improved the final yield of cabbage (Gubbels, 1971). Similarly, plastic covers utilized in the Peace River district advanced the maturity of corn plants and increased final yields of corn and beans (Harris, 1965). In Rankin Inlet, the application of plastic covers provided effective wind-shelter for plants and created greenhouse effect which resulted in a reduced heat and moisture loss from plants and soil. This favourable micro-environment enabled better performance of both northern and southern species. Individuals were taller and heavier with larger and more numerous leaves. The styrofoam insulation appeared effective in preventing convectional heat loss from the warm soils to the cold tundra beneath the frames. The removal of snow from the cold frames in early June extended the active growing season for northern plants by one to three

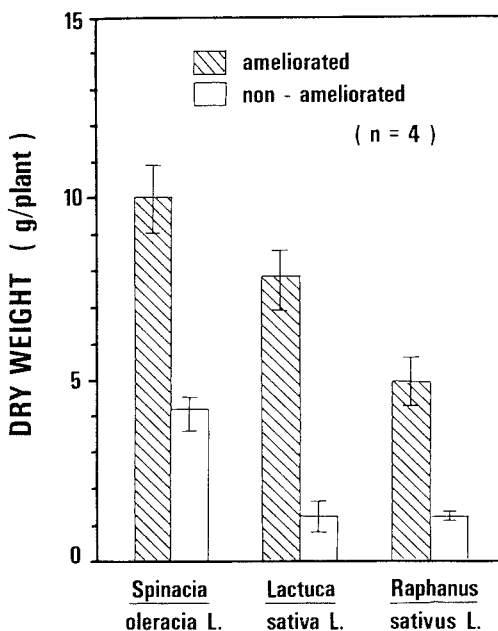


Figure 2. The final yields of temperate crops in nutrient and temperature ameliorated versus non-ameliorated cold frame plots in 1979. Bars represent standard error. Spinach (*Spinacia oleracea*) $P < 0.01$; lettuce (*Lactuca sativa*) $P < 0.01$; radish (*Raphanus sativus*) $P < 0.05$.

weeks, accelerated their emergence and permitted more effective utilization of the longer and higher intensity photoperiod.

Fertilization of natural tundra communities significantly increased the annual yields of *Betula*, *Carex* and *Eriophorum* species in Tuktoyaktuk, N.W.T. (Haag, 1974). Russel (1940) and Warren-Wilson (1957) observed that plant cover and production was higher in the presence of animal droppings and concluded that primary production in the Arctic is limited by low nutrient availability. The addition of synthetic fertilizer may have contributed to the improved production of plants within the cold frames; however, the experiments reported in this paper do not attempt to separate the effects of nutrient and temperature amelioration on plant growth.

Native tundra species are characterized by low annual production (Billings & Mooney, 1968). This is further supported by our results which show low yields even at the most favourable tundra sites. The large increases in net production of some northern species under ameliorated conditions suggest that natural tundra habitats in Rankin Inlet are suboptimal environments for their growth.

Oxyria and *Taraxacum* had the most significant increases in yield of all plants tested. As was demonstrated in our ameliorated plots and at tundra sites, their rapid shoot growth permits effective exploitation of newly disturbed habitats.

The low yield of *Polygonum* plants grown under ameliorated conditions implies that the growth rates of some tundra plants are not solely restricted by environmental factors. Lack of increased productivity in *Polygonum* may be evidence of low plasticity or strong genetic control of growth through the regulation of nutrient uptake, photosynthesis and/or respiration. It is also possible that the effects of nutrient amelioration on *Polygonum* would not be seen until the following season. This could result from a delayed seasonal course of nutrient uptake, storage and utilization by tundra root systems as described by Chapin & Bloom (1976).

The small yet significant differences in yield between the control plot and native tundra sites may be a result of several factors including the differential recovery of transplants, inherent variations in vegetation sampling as well as differences in microclimate, substrate and length of growing season.

In our experiments, all three temperate crops tested were able to successfully mature within the short frost-free season experienced at Rankin Inlet. The rates of development and biomass accumulation of these crops were considerably improved under ameliorated conditions. The low yields and poor growth form of non-ameliorated plants reflect the stressful environment and suboptimal growth conditions of mid-arctic regions. Of the three temperate crops tested, spinach was best able to tolerate northern conditions, producing the greatest yields in both ameliorated and control plots and having the least difference between the two (146%). The rapid maturation time of radish under both treatments makes it a very suitable crop for northern use.

Comparable final dry weights of *Oxyria*, *Taraxacum*, *Lactuca* (lettuce) and *Spinacia* (spinach) were obtained in ameliorated plots. *Oxyria* and *Taraxacum* produced greater harvestable fresh weight yields of plant leaves than did spinach or lettuce. When comparing yields of crops, plant size at the time of sowing must be taken into account. The southern plants were grown only one season directly from germinated seeds, while northern plants were transplanted fully mature into the cold frames. Several northern species (*Saxifraga cernua*, *Oxyria digyna*, *Polygonum viviparum*) and one southern species (*Spinacia oleracea*) were partially restricted in their shoot production by the occurrence of a distinctive reproductive phase at the start of the season. The production of harvestable shoots in northern species may also be affected by a distinctive root carbohydrate storage strategy which encourages carbon allocation to roots (Billings & Mooney, 1968; Chapin, 1974).

As potential crop plants in the Arctic, the use of northern species would have several advantages. The perennial habit of arctic plants permits harvest of edible shoots without the necessary resowing required of southern annuals. The ability of northern plants to withstand cool temperatures and occasional frosts permits them to effectively utilize the longer photoperiods in spring and overcomes the need for germination and indoor pregrowth practices required of southern crops.

Conclusion

The cultivation of northern and southern crop plants in mid-arctic regions has been

successfully demonstrated. The use of simple ameliorative techniques resulted in accelerated growth and greatly increased yields in some of the plants tested. Since the low nutrient status, stressful climatic conditions and unstable nature of mid-arctic tundra renders it unsuitable for large scale agriculture, intensive small scale gardening may provide an attractive alternative to the current vegetable importation practices. A logical extension of this research would involve a pilot project examination of the economical and social feasibility of the proposed alternative.

Acknowledgments

We are grateful to Robert Bone of the University of Saskatchewan's Institute for Northern Studies who granted the use of the facilities of the Arctic Research and Training Center in Rankin Inlet during the summers of 1979 and 1980. Thanks are also extended to the following residents of Rankin Inlet: Jean Williamson, Michael Kusugak, Alan Woodhouse and Janet Gates and to Peter Ernerk and Cormack Gates of the NWT Department of Renewable Resources for their valuable assistance. The authors also thank Bonnie Soutar for her assistance in the preparation and review of this manuscript. This work was supported by a Natural Sciences and Engineering Council of Canada graduate scholarship to M.J.R.; by Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada operating grants to W.R.C. and J.S.; by Northern Scientific Training grants from the Canada Department of Indian Affairs and Northern Development and by a grant from the Donner Canadian Foundation to W.R.C. and J.S.

References

- AGER, T.A. & L.P. AGER, 1980. Ethnobotany of the Eskimos of Nelson Island, Alaska. — *Arct. Anthropol.*, 17: 27-48.
- ANDERSON, J.P., 1939. Plants used by the Eskimos of the northern Bering Sea and arctic regions of Alaska. — *Am. J. Bot.*, 26: 714-716.
- BILLINGS, W.D. & H.A. MOONEY, 1968. The ecology of arctic and alpine plants. — *Biol. Rev.*, 43: 481-529.
- BLISS, L.C., 1962. Adaptations of arctic and alpine plants to environmental conditions. — *Arctic*, 15: 117-144.
- CHAPIN, F.S., III, 1974. Morphological and physiological mechanisms of temperature compensation in phosphate absorption along a latitudinal gradient. — *Ecology*, 55: 1180-1198.
- CHAPIN, F.S. & A. BLOOM, 1976. Phosphate absorption: adaptation of tundra graminoids to a low temperature, low phosphorous environment. — *Oikos*, 26: 111-121.
- DEARBORN, C.H., 1979. Horticultural limitations and potentials of Alaska's arctic, particularly the Kobuk River region. — *Arctic*, 32: 248-262.
- DEARBORN, C.H. & W. VANDRE, 1979. Vegetable and fruit varieties recommended for Alaska. — Cooperative Extension Service, Univ. Alaska and USDA Cooperating, P-31, Revised 1979, 4 p.
- GUBBELS, G.H., 1972. Effects of plastic mulch and row spacing on carrot growth of latitude 60° N. — *Can. J. Plant. Sci.*, 52: 660-661.
- GUBBELS, G.H., 1971. Response of cabbage grown north of latitude 60° N to plastic mulch, ridging, and row orientation. — *Can. J. Pl. Sci.*, 51: 17-20.
- HAAG, R.W., 1974. Nutrient limitations to plant production in two tundra communities. — *Can. J. Bot.*, 52: 103-116.
- HARRIS, R.E., 1965. Polyethylene covers and mulches for corn and bean production in northern regions. — *J. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 69: 288-294.
- HARTGERINK, A.P. & J.M. MAYO, 1976. Controlled environment studies on net assimilation and water relations of *Dryas integrifolia*. — *Can. J. Bot.*, 54: 1884-1895.
- HERTZ, O., 1968. Plant utilization in a West Greenland hunting community. — *Folk*, 10: 37-44.
- HUNT, L.A.C.O., 1978. Farming in the territories. Is success to be based on climate or economics? — *North/Nord*, Feb. 1978: 20-23.
- MAWSON, B.T., S.E. JONES & W.R. CUMMINS, 1981. Low temperature thermal acclimation in arctic herbs. — Page 61 in Abstracts of the meetings of the American Society of Plant Physiologists, June 15-19, Université Laval, 169 p.
- MAYO, J.M., D.G. DESPAIN & E.M. van ZINDEREN BAKKER Jr., 1973. CO₂ assimilation by *Dryas integrifolia* on Devon Island, Northwest Territories. — *Can. J. Bot.*, 51: 581-588.
- MOODIE, D.W., 1978. Gardening on Hudson Bay, the first century. — *Beaver*, Summer 1978: 54-59.
- PORSILD, A.E. & W.J. CODY, 1980. Vascular plants of continental Northwest Territories, Canada. — *Nat. Mus. Can.*, 667 p.
- RODAHL, K., 1944a. Content of vitamin C (1-ascorbic acid) in arctic plants. — *Trans. Proc. Bot. Soc. Edin.* 34: 205-210.
- RODAHL, K., 1944b. Vitamin B₁ content of arctic plants and animal tissue. — *Trans. Proc. Bot. Soc. Edin.* 34: 244-251.
- ROWE, J.S., G.R. COCHRANE & D.W. ANDERSON, 1977. The tundra landscape near Rankin Inlet, N.W.T. — *Muskox*, 20: 66-82.
- RUSSEL, R.S., 1940. Physiological and ecological studies on an arctic vegetation, II: The development of vegetation in relation to N supply

- and soil micro-organisms on Jan Mayan Island. — *J. Ecol.*, 28 : 269-288.
- SCHAEFER, O., 1973. The changing health picture in the Canadian north. — *Can. J. Ophth.*, 8 : 196-204.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF, 1981. *Biometry*, second edition. — W.H. Freeman Co., San Francisco, 859 p.
- WARREN-WILSON, J., 1957. Arctic plant growth. — *Advmt. Sci., Lond.*, 13 : 383-388.
- WARREN-WILSON, J., 1959. Notes on wind and its effect on arctic-alpine vegetation. — *J. Ecol.*, 47 : 415-427.
- WEBB, K., 1977. Sun, sand, ice and cabbages. — *North/Nord*, August 1977 : 24-29.

COMMUNICATIONS BRÈVES

NOTE SUR LA DISTRIBUTION PRÉSENTE ET FUTURE DU CRIOCÈRE DU LYS, *LILIOCÉRIS LILII* (SCOPOLI) (COLEOPTERA : CHRYSOMELIDAE) DANS L'EST DU CANADA

L. LESAGE

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

Résumé

Le criocère du lys, *Lilioceris lili* (Scopoli), espèce introduite d'Europe, fut trouvée pour la première fois à Montréal en 1943. L'insecte resta confiné à l'île de Montréal jusqu'en 1978 alors qu'il fut capturé sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent. L'année suivante on le rencontra à l'ouest de la rivière des Outaouais et à Ottawa en 1981, près de 200 km de son lieu d'origine, peut-être aidé par le commerce des lys. *L. lili* préfère des lys cultivés, mais peut se développer aussi sur les Liliaceae indigènes ou naturalisées. L'insecte semble maintenant bien adapté aux conditions climatiques rigoureuses de l'est du Canada et on croit qu'il envahira toute cette région, ainsi que celle des Grands Lacs et du nord-est des États-Unis.

Abstract

The lily leaf beetle, *Lilioceris lili* (Scopoli), an introduced chrysomelid from Europe, was found for the first time near Montréal in 1943. The insect was restricted to Montréal Island until 1978 when it was collected on the north shore of the St. Lawrence River. The year after, it crossed the Ottawa River and reached Ottawa in 1981, perhaps transported by commerce, 200 km from its origin point. *L. lili* prefers cultivated lilies but can also develop on naturalized or indigenous Liliaceae. The insect seems now well-adapted to the cold climatic conditions of eastern Canada and is expected to spread throughout this area as well as in the Great Lakes region and the north-eastern United States.

Le criocère du lys, *Lilioceris lili* (Scopoli) (fig. 1), est réparti dans toute l'Eurasie, au Moyen-Orient et en Afrique du Nord où il attaque les lys cultivés (Labeyrie, 1963). Brown (1946) fut le premier à signaler sa présence en Amérique du Nord. Toutefois, l'examen du matériel de la collection entomologique de l'Université de Montréal révéla l'existence d'un exemplaire muni d'une étiquette temporaire «Ste-Anne, VIII-1943». Vraisemblablement il s'agit d'un spécimen capturé à Sainte-Anne-de-Bellevue par Adrien Robert qui collectionnait dans cette localité cette année-là (M. Coulloudon, comm. pers.). Le lieu d'introduction de l'insecte ne serait donc pas le secteur de Westmount comme le mentionne Brown (1946), mais un autre endroit de l'île de Montréal: le port, le Jardin

botanique ou le Collège MacDonald, trois lieux qui reçoivent régulièrement des plantes de l'étranger. Cependant, aucun fait ne permet de préciser davantage son lieu d'introduction. Le but de la présente note est d'en analyser l'établissement depuis son arrivée en Amérique.

L. lili est resté confiné à l'île de Montréal pendant de nombreuses années comme l'indique la liste du matériel plus bas et la carte de distribution (fig. 2). Ce n'est qu'en 1978 qu'on le rencontre pour la première fois sur la rive nord du Saint-Laurent et en 1979 à l'ouest de la rivière des Outaouais; il est arrivé à Ottawa en 1981.

Les plantes-hôtes connues sont principalement plusieurs espèces de lys cultivés,



Figure 1. *Lilioceris lili* (Scopoli): apparence générale, vue dorsale. Chez l'insecte vivant, les élytres sont rouge vif et la tête noire.

des espèces naturalisées d'Europe, comme *Lilium tigrinum* Ker-Gawl, et même des Liliaceae indigènes comme le maïanthème du Canada, *Maïanthemum canadense* Desf.

Plusieurs raisons favorisent l'hypothèse d'une extension importante de l'aire de distribution du criocère du lys au cours des prochaines années. L'insecte a dû être tenu en échec par des hivers rigoureux, et s'est probablement adapté récemment aux conditions climatiques plus rigoureuses des environs de l'île de Montréal. Ce facteur deviendrait donc moins limitant. De plus, comme l'espèce attaque principalement les lys cultivés, fleurs très commercialisées, ceci ne peut qu'accélérer sa dispersion. L'arrivée de *L. lili* à Ottawa est peut-être due à cette cause. Les stades les plus sujets à être transportés sont les œufs pondus sur la face inférieure des feuilles, ou les larves recouvertes d'excréments, qui ressemblent à s'y méprendre à des saletés ou à des petits granules de terre. Quant aux adultes, ils sont trop voyants pour passer inaperçus. Enfin, le fait que *L. lili* puisse aussi se développer sur des plantes indigènes ou naturalisées, largement répandues dans l'est de l'Améri-

que du nord, lui assure une source de nourriture abondante et encore sous-exploitée, mais de second rang dans les préférences de l'insecte.

Ces raisons suggèrent que *L. lili* envahira rapidement, au cours des prochaines années, les vallées du Saint-Laurent et de l'Outaouais, les basses Laurentides, l'est du Canada et très probablement la région des Grands Lacs, et tout le nord-est des États-Unis.

Matériel examiné

CEUM	Collection entomologique de l'Université de Montréal.
CNC	Collection nationale du Canada, Ottawa, Ontario.
EJKC	Collection privée, E.J. Kiteley.
TPC	Collection privée, T. Popraski

QUÉBEC

Bois-des-Filion : 13-V-1980, J. Beaudry, sur *Lilium speciosum*, 2 adultes, CEUM. Dorion : 27-IV-1979, T. Poprawski, sur *Lilium tigrinum*, 9 adultes, TPC. Montréal : 18-VII-1945, 24-VII-1945, W.J. Brown, sur *Lilium regale*, 23 adultes, 23 larves, CNC et CEUM ; 30-VII-1945, L. Auclair, 3 adultes, CEUM ; VII-1945, O. Fournier, 2 adultes, CEUM ; 1-VIII-1945, J.B. Maltais, 3 adultes, CEUM ; -VI-1946, O. Fournier, 7 adultes, CEUM ; 9-VI-1951, 5-V-1952, A. Robert, 3 adultes, CEUM ; 8-V-1960, 14-IX-1961, A. Latendresse, 14 adultes, CEUM. Montréal (Westmount) : pas de date, B. M. Haliburton, sur lys, 3 adultes, CNC. Pin-court (Vaudreuil) : 5-V-1980, T. Poprawski, sur lys, 4 adultes, TPC. Roxboro : 1-VI-1966, 22-VI-1967, 24-VI-1967, 26-VI-1967, 21-VI-1969, 1-VI-1970, 20-VIII-1970, 14-V-1971, 7-VI-1971, 25-VII-1973, 13-VI-1981, 15-VI-1981, 7-VII-1981, 15-VII-1981, 16-VII-1981, 16-VII-1981, 23-VII-1981, probablement sur *Lilium regale*, 4-VIII-1981, sur *Maïanthemum canadense* Desf., E.J. Kiteley, 40 adultes, 6 larves, CNC et EJKC. Sainte-Anne-de-Bellevue : VIII-1943, A. Robert, 1 adulte, CEUM ; 30-IV-1981, 7-V-1981, T. Poprawski, sur lys blanc, 17 adultes, TPC. Saint-Hippolyte (Terrebonne) : 1-VIII-1978, J. Frankini, sur « lys rouge américain », 24 adultes et 10 larves, CNC et CEUM.

ONTARIO

Ottawa : 6-V-1981, F. Eidsforth, sur *Lilium tigrinum* Ker-Gawl, 45 adultes, CNC ; 7-VI-1981, R. deRuelle, sur lys cultivé, 2 adultes, CNC.

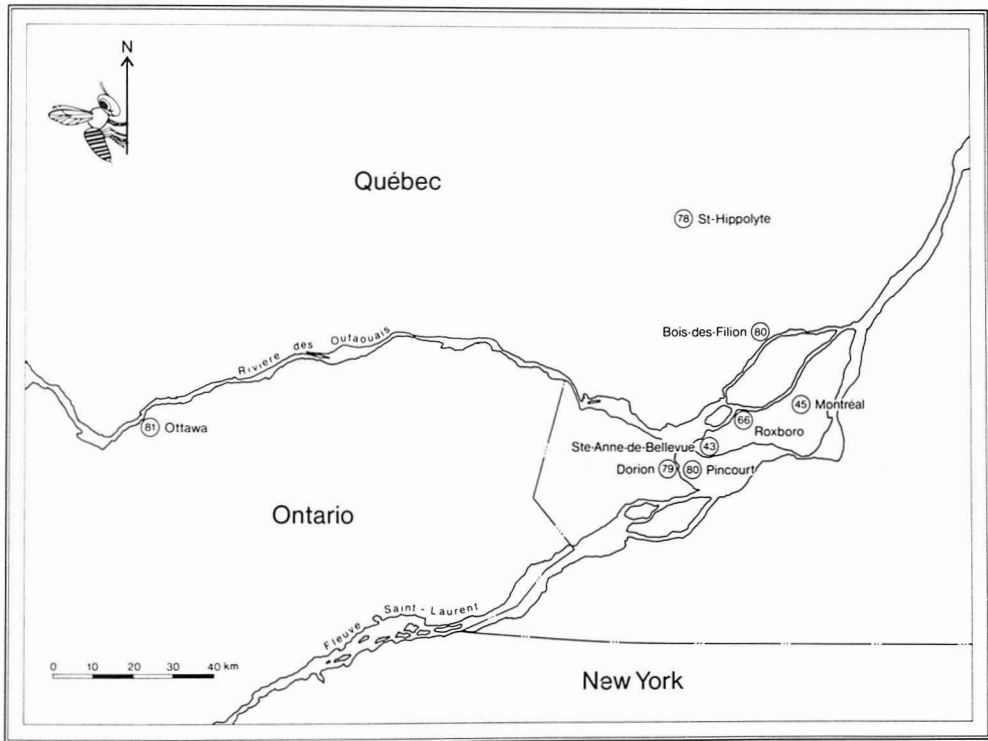


Figure 2. Répartition connue de *Lilioceris lili* (Scopoli) dans la région Ottawa-Montréal, en 1981 ; l'année de la première récolte, pour une localité donnée, est indiquée à l'intérieur des cercles.

Remerciements

Je désire remercier M. Coulloudon, E.J. Kiteley et T. Poprawski pour m'avoir permis d'utiliser leur matériel ainsi que Go Sato pour la production finale de la carte de distribution.

Références

- BROWN, W.J., 1946. Some new Chrysomelidae, with notes on other species (Coleoptera). — *Can. Ent.*, 78: 47-54.
- LABEYRIE, V., 1963. *Lilioceris*. — Pages 588-595 in A.S. Balachowsky. *Entomologie appliquée à l'agriculture*. Tome I, second volume. Masson & Cie, Paris.

REDUCED DORSAL SPINE NUMBERS IN TWO ISOLATED POPULATIONS OF THE BROOK STICKLEBACK (*CULAEA INCONSTANS*) FROM EASTERN CANADA

T. A. EDGE and B. W. COAD

*Ichthyology Section, National Museum of Natural Sciences
Ottawa, Ontario K1A 0M8*

Résumé

Les auteurs font mention de nombres réduits d'épines dorsales chez l'épinoche à cinq épines (*Culaea inconstans*) provenant de récoltes du Québec et de l'Ontario. Les poissons du lac du Beau Portage (Québec) comportent tous une ou deux épines dorsales. Les épinoches du lac Tom (Ontario) ont de deux à cinq épines et présentent, en outre, un squelette pelvien réduit, voire absent.

Abstract

Reduced dorsal spine numbers are reported for two collections of the brook stickleback (*Culaea inconstans*), from Ontario and Québec. The sample from Lac du Beau Portage, Québec, is made up entirely of fishes with one or two dorsal spines. The Ontario sample, from Tom Lake, had two to five spines and, in addition, the Tom Lake pelvic skeletons varied from complete to absent.

The brook stickleback [*Culaea inconstans* (Kirtland)] occurs in inland waters across much of Canada and the northern United States where it shows considerable meristic variation. Lawler (1958), Nelson (1969) and Moodie (1977) have shown *Culaea* to have a strong modal number of five dorsal spines with counts varying from four to seven spines.

Hansen (1939) has reported two to seven dorsal spines in 10 collections numbering 2287 fish but only one two-spined specimen (0.7% of the collection) and four three-spined specimens (2.8%, 1.2% and 1.5% of collections) were recorded from collections dominated by five-spined individuals.

TABLE I

Frequency (and percent) of dorsal spine numbers in two collections of the brook stickleback, *Culaea inconstans*

Catalogue number	Locality	Dorsal spine number				
		1	2	3	4	5
NMC80-0934	Québec, lac du Beau Portage 48°22'05"N, 71°34'20"W	8 (61.5%)	5 (38.5%)	—	—	—
NMC60-0121	Ontario, Tom Lake 48°55'N, 80°50'W	—	3 4.8%	2 3.2%	22 34.9%	36 57.1%

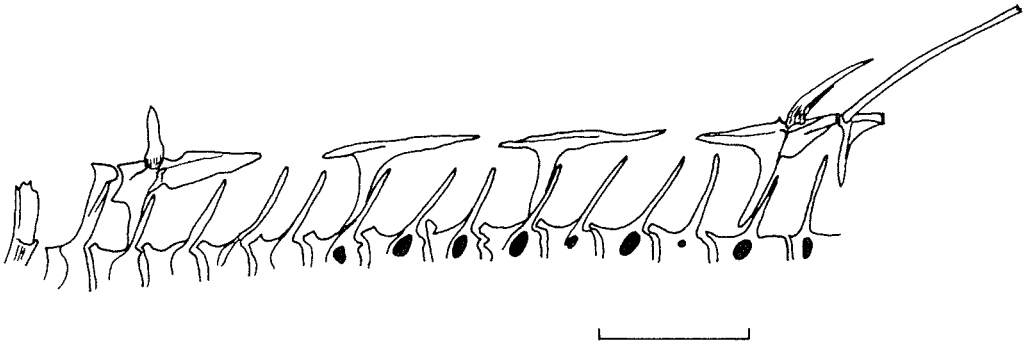


Figure 1. Lateral view of vertebrae and dorsal spine elements preceding the soft dorsal fin in a 40 mm SL *Culaea inconstans* from Lac du Beau Portage. Four basals are present over the anterior vertebrae and bear spines 1 and 4 only. Scale: 2.5 mm.

In the present study, 6983 specimens from 272 collections of *Culaea inconstans* throughout Canada (Northwest Territories, British Columbia, Alberta, Manitoba, Ontario, Québec, New Brunswick, Nova Scotia) and in the United States (New York, North Dakota) were examined for fish with less than four dorsal spines. Two collections were found and the dorsal spine counts are shown in Table I. Both collections were seined from small, internally drained marshes which were not known to have other fish species present. Spine counts made included the spine immediately preceding the soft dorsal fin and all other spine elements. Five specimens with one or two dorsal spines were stained in an alizarin preparation for closer examination. A diagram of one specimen is shown in Figure 1. All specimens examined were from the National Museum of Natural Sciences, Ottawa, Ontario (NMC).

All alizarin stained specimens had four or five basals. There was a dorsal spine present immediately in front of the soft dorsal fin in all the fish examined. In some

cases this was the only dorsal spine. It was also observed that 50 of 63 specimens (79.4%) from Tom Lake lacked or had reduced pelvic skeletons, including the five specimens with low counts of two or three dorsal spines (Table II). The *Culaea* from Lac du Beau Portage had normal pelvic skeletons.

Culaea pelvic spines have been shown to be important deterrents against some predators (Reist, 1980a) but there is no experimental evidence of the effectiveness of dorsal spines in this respect. Reduction of pelvic spines, and by implication dorsal spines, is probably not simply related to presence or absence of predators. Behavioural and environmental factors may also be involved (Moodie, 1977; Nelson, 1977; Reist, 1980a,b). The available data do not permit an accurate assessment of the selective pressures operating in Lac du Beau Portage and Tom Lake.

Acknowledgments

We would like to thank André Talbot for drawing our attention to the specimens from Lac

TABLE II

Frequency (and percent) of complete, reduced and absent pelvic skeletons in relation to dorsal spine number for brook sticklebacks, *Culaea inconstans*, from Tom Lake

Pelvic skeleton	Dorsal spine number			
	2	3	4	5
Complete	— —	— —	6 (9.5)	7 (11.1)
Reduced	1 (1.6)	— —	2 (3.2)	3 (4.8)
Absent	2 (3.2)	2 (3.2)	14 (22.2)	26 (41.3)

du Beau Portage and Dr. D.E. McAllister, National Museum of Natural Sciences, Ottawa, Ontario, for providing helpful comments on the manuscript.

References

- HANSEN, D.F., 1939. Variation in the number of spines and rays in the fins of the brook stickleback. — Trans. Ill. St. Acad. Sci., 32: 207-212.
- LAWLER, G.H., 1958. Variation in number of dorsal spines in the brook stickleback, *Eucalia inconstans*. — Can. J. Zool., 36: 127-129.
- MOODIE, G.E.E., 1977. Meristic variation, asymmetry, and aspects of the habitat of *Culaea inconstans* (Kirtland), the brook stickleback, in Manitoba. — Can. J. Zool., 55: 398-404.
- NELSON, J.S., 1969. Geographic variation in the brook stickleback, *Culaea inconstans*, and notes on nomenclature and distribution. — J. Fish. Res. Bd Can., 26: 2431-2447.
- NELSON, J.S., 1977. Evidence of a genetic basis for absence of the pelvic skeleton in brook stickleback, *Culaea inconstans*, and notes on the geographical distribution and origin of the loss. — J. Fish. Res. Bd Can., 34: 1314-1320.
- REIST, J.D., 1980a. Selective predation upon pelvic phenotypes of brook stickleback, *Culaea inconstans*, by northern pike, *Esox lucius*. — Can. J. Zool., 58: 1245-1252.
- REIST, J.D., 1980b. Predation upon pelvic phenotypes of brook stickleback, *Culaea inconstans*, by selected invertebrates. — Can. J. Zool., 58: 1253-1258.

HELMINTH PARASITES OF THE SNOWSHOE HARE, (*LEPUS AMERICANUS*) IN NEW BRUNSWICK

P. M. MALTAIS and E. A. OUELLETTE

Département de biologie, Université de Moncton
Moncton, Nouveau-Brunswick E1A 3E9

Résumé

Lors de l'examen de 73 lièvres d'Amérique (*Lepus americanus*) capturés dans la région de Moncton au Nouveau-Brunswick, six espèces de parasites helminthidés furent trouvées dont cinq nématodes et un cestode: *Obeliscooides cuniculi* (Graybill, 1923) chez 47 lièvres; *Trichuris leporis* (Froelich, 1789) chez dix; *Dirofilaria scapiceps* (Leidy, 1886) chez huit; *Trichostrongylus affinis* Graybill, 1924 chez quatre; *Passalurus nonanulatus* Skinker, 1931 chez trois et une larve de cestode chez un lièvre. Soixante et onze pour cent des lièvres étaient parasités et 36,6% abritaient deux espèces de parasites ou plus. Les lévrants mâles et femelles étaient plus parasités que les adultes, soit par *O. cuniculi*, soit par *D. scapiceps*. Les jeunes femelles abritaient un plus grand nombre de parasites helminthidés que les jeunes mâles.

Abstract

Seventy-three snowshoe hares (*Lepus americanus*) were snared in the Moncton region of New Brunswick during December and January 1978-1979 and examined for parasites. Six species of helminths were found (five nematodes and one cestode): *Obeliscooides cuniculi* (Graybill, 1923) in 47 hares; *Trichuris leporis* (Froelich, 1789) in ten; *Dirofilaria scapiceps* (Leidy, 1886) in eight; *Trichostrongylus affinis* Graybill, 1924 in four; *Passalurus nonanulatus* Skinker, 1931 in three and a cestode larva in one. Seventy-one percent of the hares were infected; 36.6% harboured two or more species of helminths. Juvenile males and females exhibited significantly higher prevalence of *O. cuniculi* and *D. scapiceps* respectively; juvenile females harboured a significantly greater number of helminth species than did juvenile male hares.

Introduction

Since Curtice (1892) first reported parasitic helminths from the snowshoe hare (*Lepus americanus* Erxleben, 1777) many surveys have been conducted in North America. There remains, however, a paucity of records from eastern Canada and particularly from New Brunswick. Canadian surveys include those of Dodds & Mackiewicz (1961) in Newfoundland, MacLulich (1937) in Ontario, Boughton (1932) in Manitoba and Cary & Keith (1979) in Alberta. The objectives of this study were to determine the prevalence and intensity of parasites in the snowshoe hare and to examine the effect of host sex and age on the presence of the parasites in a region where this lagomorph is numerous but its parasitic fauna largely unknown.

Materials and methods

Wild snowshoe hares were snared during December and January 1978-1979 in plots along Highway 126 north of Moncton, New Brunswick. The specimens were frozen and subsequently thawed for examination. Sex was determined and the specimens were classified either as adults or juveniles by the degree of epiphyseal closure (Hale, 1949).

At necropsy, the coelomic cavity, musculature and outer surfaces of all internal organs were examined for helminths. The heart, kidneys, liver and lungs were divided into small pieces and examined under a dissecting microscope. The gastro-intestinal tract was separated into anatomical divisions, opened and scraped. The contents were

washed and examined for parasites. Tarsal joints were examined for *Dirofilaria scapiceps*. Parasites were preserved in 70% ethanol.

Differences in prevalence between juvenile and adult male and female hares were tested with Fisher's exact test. Relationships between intensity of infection, sex and age of hosts were compared with an approximate analysis of variance (ANOVA).

In this study, intensity is the number of individuals of a species per infected host, and prevalence the percentage of animals in the sample infected with a species of parasite.

There has been no deposition of voucher specimens in a museum because the whole material was inadvertently lost in 1980.

Results

Seventy-three snowshoe hares were collected: 44 males (32 adults, 12 juveniles) and 29 females (20 adults, 9 juveniles). Six parasite species were recovered, including five nematodes and one cestode (Table I). Helminth infections occurred in 71% of the hares examined with 36.6% of the hares harbouring two species or more.

PARASITES RECOVERED

Nematoda

Obeliscooides cuniculi (Graybill, 1923) was the most numerous parasite, occurring in 64% of the hares, with up to 145 worms

per infection. *Trichuris leporis* (Froelich, 1789) was found in 13.7% of the hares. It was located in the caecum and large intestine. The intensity of infection ranged from one to three and apparently caused little injury to the hosts. *Dirofilaria scapiceps* (Leidy, 1886) was the third most prevalent helminth (11%). It was recovered from either the tarsal bursa or the intermuscular fascia of the anterior aspect of the hind legs. Small numbers of *Trichostrongylus affinis* Graybill, 1924 were found in the large intestine of four hares. *Passalurus nonanulatus* Skinker, 1931 occurred in the large intestine of 4% of the hares sometimes in large numbers. With a mean of 76 individuals per host, *P. nonanulatus* had the highest intensity of infection among the parasites recovered.

Cestoda

A cestode larva had the lowest prevalence (1.3%) with only two specimens recovered from the large intestine of one hare. Because of poor specimen condition, specific determination was not possible.

EFFECT OF HOST AGE

Although juvenile male hares were infected in greater numbers (100%) than adult males (59.4%) ($P < 0.05$) by the six species of helminths, only *O. cuniculi* was found more frequently in juvenile males (91.7%) than in adult male hares (53.1%) ($P < 0.05$).

In females, the presence of *D. scapiceps* was also influenced by host age. The preval-

TABLE I

Prevalence and intensity of endoparasites recovered from snowshoe hares captured in the Moncton region of New Brunswick

Species	No. of individuals infected				Intensity		
	Male		Female		Mean	Range	s
	Adult n = 32	Juvenile n = 32	Adult n = 20	Juvenile n = 9			
Nematoda							
<i>Obeliscooides cuniculi</i>	17 (53.1)*	11 (91.7)	14 (70)	5 (55.6)	24.1	1-145	±30.5
<i>Trichuris leporis</i>	3 (9.4)	2 (16.7)	3 (15)	2 (22.2)	1.8	1-3	± 0.77
<i>Dirofilaria scapiceps</i>	4 (12.5)	1 (8.3)	0	3 (33.3)	7.3	1-22	± 6.2
<i>Trichostrongylus affinis</i>	3 (9.4)	0	1 (5)	0	4.8	1-13	± 4.9
<i>Passalurus nonanulatus</i>	2 (6.3)	0	1 (5)	0	76.3	4-153	±60.9
Cestoda							
Cestode larva	0	1 (8.3)	0	0	2	—	—

* In parentheses: prevalence (%).

ence of infection was greater in juvenile females (33.3%) than in adult female hares (0%) ($P < 0.05$).

Of the 52 infected individuals, 63.5% harboured one species of helminth only, whereas 36.5% harboured two species or more. There was a significant relationship ($P < 0.05$) in the female *L. americanus* between host age and the number of parasite species present. The prevalence of infection by two species of helminths or more was greater in juvenile female hosts (100%) than in adult females (18.7%). The remaining adult females (81.3%) were infected with only one species of helminth.

Overall, there was no significant relationship ($P < 0.05$) between intensity of infection and age of hosts.

EFFECT OF HOST SEX

Although sex had no effect on the presence of individual parasite species ($P < 0.05$), the prevalence of infection was greater in juvenile male hares (100%) than juvenile females (55.5%) ($P < 0.05$). There was also a significant relationship ($P < 0.05$) between the number of parasite species present and the sex of the hosts. The number of juvenile female hares infected by two or more species of helminths was greater (100%) than that of juvenile males (25%) ($P < 0.05$). The remaining infected juvenile males (75%) harboured only one species of helminth.

There was no significant relationship ($P < 0.05$) between intensity of infection and sex of hosts.

Discussion

Some authors, according to Erickson (1944), believe that immature animals are more susceptible to parasitism than are adults. The relationship between *O. cuniculi* and total infection in males and infection by two or more species and by *D. scapiceps* in female *L. americanus* tend to support that statement.

The results obtained for *O. cuniculi* (juvenile male hares infected in greater numbers than adult males) do not concur, in part, with the findings of Erickson (1944) or Dodds & Mackiewicz (1961). These authors found that more adult (males and females) than juvenile *L. americanus* were infected with *O.*

cuniculi. We cannot explain fully this discrepancy since many factors can determine the percentage of infection. However, the fact that mature hares can slowly develop immunity (Erickson, 1944) against *O. cuniculi* could explain, in part, why in our sample, adult males were infected in lesser numbers with this parasite than were juvenile males.

The presence of multiple infections in juvenile female hares could indicate a tendency for young females to become more readily infected than juvenile males. Since there are no indications that juvenile male and female hares behave or feed differently, the difference is probably due to host factors.

As for *D. scapiceps*, there are no published records concerning differences in infection between juvenile and adult female hares. We have to assume that in aging, female hares gradually develop immunity and reject the parasite.

Acknowledgments

We would like to express our thanks to M. Kabay, formerly of the Université de Moncton, for his helpful advice in the statistical treatment of data. Thanks are also extended to H.J. Smith of the Animal Pathology Laboratory in Sackville for his assistance in the identification of specimens. Appreciation is also given to Mrs. C. Clark for her able technical assistance.

References

- BOUGHTON, R.V., 1932. The influence of helminth parasitism on the abundance of the snowshoe hare in western Canada. — *Can. J. Res.*, 7: 524-547.
- CARY, J.R. & L.B. KEITH, 1979. Reproductive change in the 10-year cycle of snowshoe hares. — *Can. J. Zool.*, 57: 375-390.
- CURTICE, C., 1892. Parasites, being a list of those infesting the domesticated animals and man in the United States. — *J. comp. Med. vet. Archs.*, 13: 223-236.
- DODDS, D.G. & J.S. MACKIEWICZ, 1961. Some parasites and diseases of snowshoe hares in Newfoundland. — *J. Wildl. Mgmt.*, 25: 409-414.
- ERICKSON, A.B., 1944. Helminth infections in relation to population fluctuations in snowshoe hares. — *J. Wildl. Mgmt.*, 8: 134-153.
- HALE, J.B., 1949. Aging cottontail rabbits by bone growth. — *J. Wildl. Mgmt.*, 13: 216-225.
- MACLULICH, D.A., 1937. Fluctuations in the number of varying hares. — *Univ. Toronto Stud., Biol. Series*, no. 43, 136 p.

REVUE DES LIVRES

DASMANN, R. F., 1981. **Wildlife biology**. 2nd ed. — John Wiley and Sons, Inc., New York, 212 p., 17 × 23,5 cm. Relié, prix non indiqué.

Peu d'ouvrages sur l'aménagement de la faune ont connu la popularité du livre de Raymond Dasmann «Wildlife biology» publié en 1964. L'auteur a étendu son expérience depuis ce temps et, comme un bon vin, il a bien vieilli. La nouvelle édition qu'il nous présente est donc grandement améliorée, non seulement par l'addition d'exemples récents, mais par l'intégration d'une vision des ressources naturelles imprégnée d'humanisme. Dasmann réussit à nous faire prendre conscience que la faune n'est pas seulement «un potentiel de jours-récréation», «un élément d'un flux d'énergie» ou «une responsabilité administrative» mais de vrais êtres vivants avec lesquels l'homme devrait réapprendre à coexister.

Le livre est bien écrit, en langage très simple, sans jargon, et élémentaire au point de vue mathématique. Il est donc facilement abordable par un vaste public incluant des chasseurs, les partisans de la conservation et les étudiants débutant dans le domaine de l'écologie. Il n'en demeure pas moins stimulant pour l'aménagiste expérimenté ou le spécialiste possédant une formation technique avancée. Les uns y verront une très bonne introduction à des sujets comme la dynamique des populations, le fonctionnement des écosystèmes alors que les autres y verront d'excellentes occasions de réfléchir sur les concepts de «capacité de support», «récolte maximale soutenue», ou sur la philosophie sous-jacente à l'attribution des efforts de conservation et les objectifs fondamentaux de ces efforts.

Sans négliger la réalité politique à laquelle font face les gestionnaires de la faune, Dasmann suggère que si «les populations de coyotes, de colins, de dindons sauvages, de pic à bec d'ivoire... vont bien, alors le «Service de la faune» va bien. Si les éleveurs de moutons ou les adeptes du fusil ne sont pas contents, ceci est ou devrait être secondaire.» Il y a sûrement de quoi déclencher une sérieuse polémique ou reléguer plus d'un fonctionnaire sur une obscure tablette, dans cette affirmation. Je ne puis que recommander la lecture de ce petit traité à toute personne intéressée à la conservation de la faune, que ce soit comme introduction au sujet, comme source de nouvelles idées ou pour rafraîchir des notions oubliées après quelques années de travail administratif ou de spécialisation trop poussée.

Jean HUOT

Département de biologie
Université Laval

GRASSÉ, P. P., 1982. **Termitologia, Tome I. Anatomie, physiologie, reproduction des termites**. — Masson, Paris, 692 p., 411 fig., 59 tabl., 16 × 24 cm. Cartonné toile, 350 FF.

Les œuvres monumentales s'avèrent de plus en plus rares de nos jours, car l'extension indéfinie des connaissances rend difficile à un seul homme d'entreprendre la synthèse ou de faire la somme des connaissances d'une discipline, aussi particulière soit-elle! Le professeur Grassé, bien connu en zoologie par les ouvrages qu'il a dirigés et en entomologie par ses recherches sur les termites, nous livre une telle œuvre, à un âge où la plupart des individus se sont tus depuis longtemps.

Il a entrepris de faire le point, la synthèse des connaissances sur les Isoptères ou termites, insectes sociaux, à la fois primitifs et évolués, après cinquante ans de recherches personnelles. *Termitologia* est le terme qu'il propose pour désigner la science qui prend pour objet l'étude des termites. D'après le titre interne, le plan du traité suit l'ordre général suivant: anatomie, physiologie, biologie et systématique. Il aurait été utile d'avoir, dès le départ, un plan général un peu plus détaillé. D'après le contenu du premier tome, on suppose que le deuxième présentera l'éthologie, les constructions, la vie sociale, la répartition géographique et la présentation des familles et des genres, mais probablement sans tables d'identification des espèces. Il s'agit d'une présentation similaire au contenu des volumes de son grand traité de zoologie. D'ailleurs la typographie de ce premier tome leur est identique.

Le contenu de ce dernier, à savoir morphologie, anatomie, physiologie, la reproduction (sans le comportement), le développement et le polymorphisme social, est traité en 22 chapitres de longueur variable. Tout en exploitant les connaissances éparpillées dans une vaste littérature, de même que ses propres travaux, il y incorpore une dose importante de données inédites aussi bien qualitatives que quantitatives. A l'occasion, les termites sont comparées aux autres insectes sociaux. Le contenu offre aussi l'originalité, par rapport à la formule habituelle du traité, de poser une foule de questions non résolues, d'indiquer des voies à explorer. L'auteur n'hésite pas parfois à s'écarter des théories actuellement en vigueur, en exposant ses idées personnelles. Il ne s'agit donc pas d'un livre de pure érudition!

Le texte, toujours clair, constitue en soi une mine de termes techniques, touchant le domaine de la biologie ou des particularités propres aux termites. On espère un glossaire à la fin du deuxième tome. L'illustration de l'ouvrage, qui

inclut plusieurs microphotographies, s'avère en général de bonne qualité, variée, assez abondante. Chaque chapitre se termine par une bibliographie pertinente, bien élaborée, en particulier le dernier sur le polymorphisme social. On note également un bon index. La table des matières apparaît au début.

Les termites forment un monde social étonnant et offrent des particularités singulières. Ces insectes aveugles vivent dans un univers de ténèbres et pourtant ils se classent parmi les plus habiles constructeurs du monde animal. Ils se nourrissent de cellulose qui est digérée par des symbiotes variés : bactéries, champignons supérieurs ou protozoaires. Leur éthologie atteint un niveau élevé de complexité dans l'automatisme. Sexualité, modes de reproduction, système social et défense de la termitière offrent une originalité exceptionnelle chez eux. Ils ont même la capacité d'utiliser l'azote atmosphérique selon leurs besoins.

Ce premier tome présente donc une synthèse détaillée et critique sur les connaissances actuellement disponibles sur certains de ces phénomènes et les structures organiques qui les rendent possibles. On espère que le deuxième ne tardera pas.

André FRANCOEUR

*Département des sciences fondamentales
Université du Québec à Chicoutimi*

HARRINGTON, F. H. & P. C. PAQUET (édit.), 1982.

Wolves of the world. Perspectives of behavior, ecology, and conservation. — Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, 474 p., 16 × 24 cm. Relié, 48\$ US.

Cet ouvrage est constitué en majeure partie d'un assemblage de communications présentées au «Portland International Wolf Symposium» en 1979. On y retrouve 28 contributions, sur un total de 51 présentées au symposium. Bien que les éditeurs ne mentionnent pas leurs critères de sélection, il ne fait pas de doute que l'élagage a été sévère; dans certains cas, il aurait peut-être été préférable d'écourter certaines présentations et de diversifier les sujets ou les régions étudiées. Les articles sont partagés en quatre parties: «Comportement et écologie du loup à l'état sauvage en Amérique du Nord», «Comportement et écologie du loup à l'état sauvage en Eurasie», «Comportement du loup en captivité», «Conservation». De l'aveu même des éditeurs, l'objectif de présenter une synthèse à jour des connaissances sur le loup n'a pas été atteint. Plusieurs auteurs présentent des données ou des interprétations nouvelles de phénomènes déjà connus, mais peu se risquent à proposer des synthèses. On retrouve plusieurs noms de chercheurs déjà très connus pour leurs études sur le loup: L. D. Mech, E. Zimen, R. O.

Peterson, R. O. Stephenson, E. Pulliainen, L. Carbyn, mais aussi des noms de chercheurs plus nouvellement associés au loup et œuvrant dans le domaine de l'écologie, la psychologie ou la sociologie; en tout, 42 collaborateurs.

Dans la partie traitant de l'Amérique du Nord, on retrouve principalement la présentation de nouvelles observations dans des régions où le loup est étudié depuis plusieurs années: le Minnesota, l'Alaska et l'ouest du Canada. À ceci s'ajoutent des informations nouvelles sur le loup de l'île de Vancouver, une sous-espèce que l'on a cru éteinte à quelques occasions depuis les années 1920, mais qui a connu une expansion remarquable au cours des années 1970.

Une des parties les plus intéressantes est cependant celle traitant des populations sauvages de l'Eurasie pour lesquelles les informations étaient difficiles à obtenir ou souvent inexistantes. On y trouve une présentation de l'écologie et des problèmes d'aménagement du loup en Union Soviétique (Bibikov). D'ailleurs, les populations de loup de la péninsule finno-scandinave sont actuellement grandement dépendantes de l'émigration en provenance de ce pays (Pulliainen). C'est cependant de l'Italie que nous parvient l'image la plus saisissante de l'adaptation du loup en contact intense avec les humains (Boitani). En effet, malgré une densité de population humaine atteignant 175 habitants/km² et une population de 2 millions de chasseurs ne connaissant aucune contrainte pendant six mois de l'année, une centaine de loups répartis dans dix régions distinctes ont réussi à survivre jusqu'à nos jours dans ce pays. Certains se retrouvent à peine à 50 km du centre de Rome. Actifs seulement à partir de la tombée du jour, ils quittent leur repaire de montagne pour s'introduire dans les villages, profitant des endroits mal éclairés et peu fréquentés. Bien qu'on leur reproche de s'attaquer aux moutons et aux chèvres, il semble que leur régime alimentaire soit constitué en majeure partie de déchets d'abattoir, de pain et de pâtes alimentaires. En Israël (Mendelssohn) et en Iran (Joslin), la situation est identique. Les loups de ces régions, en particulier l'Iran, attaquent régulièrement les troupeaux de moutons et de chèvres malgré la présence de bergers qui les chassent à l'aide de pierres et de bâtons. Un loup qui est en somme beaucoup plus conforme à l'imagerie populaire que le loup de l'écosystème boréal nord-américain.

Dans la section sur le comportement du loup en captivité, on réexamine certaines idées déjà largement répandues telles: la monogamie, la présence de portée unique par meute et l'élevage coopératif des jeunes. On y découvre que la monogamie est loin d'être une règle générale et que les portées multiples sont assez fréquentes. Quant à l'élevage coopératif des jeunes, on le décrit comme un phénomène hautement organisé.

La dernière partie «Conservation» apporte les informations nouvelles sur l'état des populations dans le monde et certaines populations d'Amérique du Nord qui se maintiennent à l'état de ves-

tiges. On complète en présentant quelques aspects des relations entre l'homme et le loup. La lacune majeure de cette section est probablement l'absence d'une carte de la répartition mondiale du loup. Au moins dans un cas, cette lacune peut générer de la confusion. On mentionne dans un tableau synoptique sur l'état des populations que les loups des Territoires du Nord-Ouest et de Terre-Neuve sont en excellente condition (« fully viable »). Sur l'île de Terre-Neuve, le loup est disparu depuis longtemps; ce n'est qu'au Labrador qu'il se maintient en bon état. Dans un autre article décrivant l'attitude des citoyens du Michigan au sujet des prédateurs, les auteurs font allusion à la possibilité d'un biais d'échantillonnage (10.7% de la population du Michigan chasse alors que 45.7% des répondants étaient des chasseurs pour un taux de réponse total de 49.2%). Dans de telles circonstances, il est sûrement hasardeux d'attribuer des valeurs de probabilité statistique aux résultats comme le font les auteurs et de ne pas discuter du tout leurs affirmations. Peu après, Henshaw présente une analyse intéressante des implications d'une éventuelle réintroduction du loup dans l'État de New York. Dans l'ensemble, cette analyse met bien en évidence les principaux facteurs, mais on doit lui reprocher à l'occasion une consultation superficielle de la littérature, surtout pour estimer les taux de prélèvement prévisible sur les populations de cerfs. L'auteur estime le poids moyen d'un loup à 36 kg et le besoin métabolique de base à 725 kcal/jour. Il s'agit fort probablement de 26 kg, ce qui serait beaucoup plus conforme à la taille des loups du nord-est américain. De plus, il existe des données publiées sur la valeur calorifique du cerf de Virginie et sur la proportion d'une carcasse non utilisable par le loup. L'auteur préfère utiliser des données sur le « bœuf haché maigre » et sur la quantité de viande que l'on peut tirer d'un cerf pour consommation humaine.

L'ouvrage se termine par des réflexions de R. O. Stephenson concernant nos tendances à chercher des conclusions ou des explications d'ordre général pour nos observations en écologie animale. Il met en parallèle ce besoin des scientifiques occidentaux avec la réserve naturelle des chasseurs Inuits Nunamiut pour qui l'observation du loup n'a qu'un seul but: une meilleure connaissance du loup. Ce chapitre devrait être lu par tous chercheurs pressés de nourrir un ordinateur avec des données écologiques.

Il faut mentionner cependant que ce dernier article n'est pas inédit et que l'essence du contenu a déjà été publié auparavant (Stephenson & Ahgook, 1975). Sur ce dernier point d'ailleurs, il faut ajouter que l'organisation générale du présent ouvrage et certaines parties ressemblent de façon troublante au contenu du livre de Klinghammer (1979). Certains aspects sont d'ailleurs traités de façon plus adéquate dans ce dernier ouvrage. Dans leur préface, les éditeurs font un rapide historique du développement des connaissances sur le loup, mais ne mentionnent que le livre de Mech

(1970) oubliant aussi Fox (1970) et Klinghammer (1979).

Malgré ces quelques faiblesses, il faut néanmoins apprécier le travail des deux éditeurs qui ont réussi à produire en trois ans à peine un ouvrage de cette taille en composant avec plus de 40 collaborateurs dans le monde. Il faut aussi souligner l'effort fait pour intégrer la littérature publiée après le symposium; plusieurs références datent de 1978 à 1981. De niveau assez technique, l'ouvrage s'adresse à des écologistes, des aménagistes ou des éthologistes déjà avertis davantage qu'au public. Pour cette raison, son titre « Wolves of the world » est un peu trompeur si on le compare à des ouvrages portant des titres semblables. Moins de la moitié des articles présentent des résumés et ceci ne facilite pas la tâche du lecteur. Par contre, on trouve un bon index et une table des matières détaillée donnant les sous-titres à l'intérieur de chaque présentation.

Ce livre ne peut en aucun cas remplacer le texte classique de L. D. Mech « The Wolf » publié il y a déjà 12 ans; mais tout chercheur ou aménagiste consciencieux ne pourra désormais citer l'ouvrage de Mech sans consulter celui d'Harrington & Paquet.

Fox, M.W. (edit.), 1975. *The wild canids: their systematics, behavioral ecology, and evolution.* — Van Nostrand Reinhold, New York, 508 p.

Klinghammer, E. (édit.), 1979. *The behavior and ecology of wolves.* — Proc. symp. on the behavior and ecology of wolves, Wilmington, N.C., Garland STPM Press, New York, 588 p.

Mech, L.D., 1970. *The wolf: The ecology and behavior of an endangered species.* — Natural History Press, Garden City, New York, 384 p.

Stephenson, R.O. & R.T. Ahgook, 1975. *The eskimo hunter's view of wolf ecology and behavior.* — Pages 286-291 in M.W. Fox. *The wild canids, their systematics, behavioral ecology and evolution.* Van Nostrand Reinhold, New York.

Jean HUOT

Département de biologie
Université Laval

KÜLLENBERG, G. (édit.), 1982. **Pollutant transfer and transport in the sea. Volume I.** — CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A., 227 p., 18 × 26 cm. Relié, 89\$ US.

L'étude de la dispersion de polluants en milieu océanique est complexe en raison des nombreux processus physiques, chimiques et biologiques d'échelles spatio-temporelles très variées qui affectent cette dispersion.

Le présent ouvrage est une présentation à jour des connaissances théoriques et expérimentales que l'on a sur le sujet. Le premier chapitre y dis-

tingue bien les processus dans les couches limites près de la surface et des frontières solides, des processus ayant lieu le long des fronts océaniques, à l'intérieur de l'océan, des effets moléculaires, des instabilités de petites échelles et des tourbillons d'échelle moyenne. La diversité des sujets traités et leur bonne présentation font de ce chapitre l'un des plus intéressants de l'ouvrage.

Van Dam traite ensuite des modèles de dispersion. Le lecteur qui aurait pensé en trouver la présentation détaillée des différentes approches reste finalement sur sa faim.

Le troisième chapitre est une description des techniques expérimentales (techniques de traçage notamment) où l'on reconnaît aisément la contribution fondamentale des travaux *in situ*, en divers milieux maritimes.

Dans la dernière partie de ce volume, Waldichuk donne une revue générale des processus d'échange de polluants à travers l'interface air-mer. Les indications en sont assez sommaires et le lecteur en quête d'informations générales sera comblé.

Les universitaires et les chercheurs professionnels trouveront certainement de l'intérêt à cet ouvrage dont le format, la présentation et le langage rendent la lecture facile. La bibliographie abondante et dont la présentation n'obéit pas au mode habituel de classement par ordre alphabétique, compense l'absence d'études approfondies que le lecteur averti pourrait souhaiter trouver dans certaines sections de ce volume. Ce livre, en définitive, sera d'une grande utilité comme référence de départ pour les méthodes d'étude de dispersion en mer.

Abdourrahmane BAH

*GIROQ, Département de biologie
Université Laval*

MUIR, J.E. & R.J. ROBERTS (édit.), 1982. **Recent advances in aquaculture.** — Croom Helm Ltd., Provident House, Burrell Row, Beckenham, Kent, England 453 p., 16 × 24 cm. Relié, £27,50.

L'aquiculture est une forme de zootechnie en pleine expansion et on peut s'attendre à ce qu'un nombre croissant d'ouvrages de nature similaire à celui édité par Muir & Roberts voient le jour. Le champ est si vaste, les connaissances requises pour mettre au point des systèmes fonctionnels et rentables sont si considérables que la dissémination des informations pertinentes pose problème dans ce domaine comme dans bien d'autres. L'ambition de ce volume est de faire le pont entre les chercheurs à la fine pointe de leur domaine d'expertise et les utilisateurs de connaissance, qu'ils soient enseignants, étudiants ou producteurs. L'objectif est louable et le résultat pourra paraître décevant à certains, quelques

chapitres ayant des objets assez spécifiques, d'intérêt probablement limité pour la plupart des aquiculteurs des zones tempérées ou froides. Le lecteur à la recherche d'une vue unitaire restera insatisfait. Celui qui désire obtenir un état de la question sur les matières abordées sera probablement comblé. Tous tireront certainement profit du dernier chapitre sur la recirculation de l'eau en aquiculture.

Une des caractéristiques communes à tous (ou presque) les textes proposés dans cet ouvrage est la liste assez complète des références, récentes dans bien des cas. Il aurait été intéressant de connaître d'ailleurs l'intention des éditeurs quant au caractère unique ou non de leur entreprise. Si ce volume n'était que le premier d'une série, l'impression de décousu n'aurait certainement pas la même importance.

Le premier travail de revue par D.J. McIntosh sur les zones côtières à palétuviers constituera probablement une révélation pour nombre d'occidentaux enclins à considérer ces écosystèmes comme peu productifs *a priori*. De fait, la lecture de ce chapitre convainc de l'importance écologique de ce milieu et de sa contribution au maintien d'une exploitation intensive de certaines espèces d'importance commerciale, en particulier les crustacés. L'expérience récente acquise à l'Université de Malaisie par l'auteur mène à un traitement synthétique fort intéressant de l'écologie des zones à palétuviers.

John Wickins, auteur d'un chapitre sur la culture des crustacés en climat tempéré, est un spécialiste renommé depuis plusieurs années dans le domaine de l'élevage des crustacés décapodes. En 1976, il a publié un premier travail de revue sur la biologie et la culture de ces organismes. Par la suite, en 1981, il a réalisé une étude approfondie des facteurs les plus importants pour la qualité de l'eau utilisable en aquiculture intensive. Sa contribution au présent ouvrage est un extrait, excellent et pratique, des deux précédents travaux. L'article est écrit dans l'optique de la sélection des espèces utilisables en Europe occidentale et en Amérique du Nord.

Les pisciculteurs occidentaux resteront certainement rêveurs à la lecture du chapitre de K.L. Wee sur la biologie et la culture des channidés («snakehead»), poissons capables de respiration aérienne, même pour de longues périodes. Cette caractéristique physiologique facilite grandement, on s'en doute, la commercialisation de ces espèces et permet de remarquables productivités avec des moyens très simples. Ces poissons, de grande valeur commerciale en Asie du Sud-est, posent cependant des problèmes à cause de l'augmentation du coût de leur nourriture et des maladies liées à l'élevage intensif. L'auteur, qui s'intéresse directement à ces problèmes donne un bon aperçu de cette forme bien particulière de pisciculture. La liste des références, plus vieilles et moins nombreuses que dans les autres chapitres de l'ouvrage, traduit l'intérêt

moindre des chercheurs à l'endroit de ces espèces pourtant fort attrayantes.

La revue de K. Jauncey sur la nutrition de la carpe pourrait servir de bonne introduction à l'étude de la nutrition des poissons. L'auteur part de considérations assez générales pour aborder ensuite les divers aspects de la nutrition de la carpe, espèce particulièrement intéressante pour la culture dans les effluents thermiques ou dans les systèmes traditionnels de mono- ou de polyculture. Dans un contexte très mouvant de recherche pour des substituts moins coûteux destinés aux régimes artificiels pour poisson, la carpe occupe une place de choix comme utilisatrice de nouvelles sources d'aliments meilleur marché et comme animal moins exigeant que d'autres espèces quant aux conditions d'élevage.

Depuis la publication, en 1979, par J. D. Balarin de «*Tilapia*: a guide to their biology and culture in Africa», le nombre de travaux traitant des divers aspects de la culture de *Tilapia* a augmenté de façon considérable. La revue que nous proposons Balarin & Haller est le fruit de plusieurs années d'expérience des deux auteurs en Afrique. La mise à jour, claire et concise, de la littérature est facilitée par un grand nombre de données présentées sous forme de tableaux, faciles à interpréter, qui résumant en peu de pages les connaissances sur la culture intensive de *Tilapia*.

L'ouvrage se termine avec un chapitre écrit par l'un des éditeurs, J. F. Muir, sur la technologie des systèmes de recirculation de l'eau pour l'aquiculture. En dépit d'avantages apparemment évidents sur le plan de la qualité et du contrôle de l'eau, les systèmes fermés n'ont pas encore véritablement percé, peut-être à cause de certaines limitations mal évaluées. L'auteur les expose fort bien et identifie en même temps les applications, actuelles ou futures, les plus prometteuses. Le traitement apporté à la question est fort complet; de fait, toute personne intéressée à l'aquiculture tirera grand profit de la lecture de ce travail soigné qui ne néglige aucune dimension significative.

L'ensemble de l'ouvrage est égayé d'illustrations et on peut souhaiter que les éditeurs renouvellent l'expérience et procurent aux aquiculteurs d'autres outils de travail de la même eau.

Joël DE LA NOÛE et Jesus MORALÈS

Groupe de recherche en recyclage
biologique et aquiculture
Université Laval

RINEY, T. (édit.), 1982. **Study and management of large mammals.** — John Wiley & Sons, Canada, 552 p., 16 × 23,5 cm. Relié, 59,95\$ US.

Les ouvrages présentant une vue générale de l'aménagement d'un ensemble étendu d'espèces fauniques sont plutôt rares de nos jours. De plus en plus, les monographies ou les textes traitant

d'un aspect de la gestion des ressources fauniques (dynamique des populations, aménagement de l'habitat) dominent les listes de parutions nouvelles. Presque infailliblement, lorsqu'un ouvrage général paraît, les espoirs d'être enfin mis en présence d'une vision stimulante et d'envergure de l'aménagement de la faune sont déçus. Le présent volume ne fait pas exception à cette règle, même si son titre et le nom de la collection à laquelle il appartient («A Wiley-Interscience Publication») nous laisseraient espérer découvrir un traité moderne sur l'aménagement des grands mammifères dans le monde. Cependant, comme l'auteur le mentionne dans l'introduction, ce livre a été écrit avant tout pour les personnes aux prises avec des problèmes pratiques «sur le terrain». Pour cette raison, la présentation des bases écologiques et statistiques est des plus rudimentaires. L'auteur réussit à discuter de techniques d'inventaire, d'habitat et de populations animales sans faire allusion aux notions de biais et de variance ou sans définir l'échantillonnage aléatoire. La revue de littérature est des plus succinctes; le livre est davantage basé sur la vaste expérience de l'auteur que sur les recherches récentes. L'auteur raconte des anecdotes souvent invérifiables et prodigue des conseils sur la façon de procéder sans faire référence à aucune donnée publiée. Une bonne partie des ouvrages cités sont désuets. À peine une douzaine des quelque 200 titres cités sont postérieurs à 1975, plus d'une trentaine sont antérieurs à 1950, 25 titres sont de l'auteur lui-même.

De toute évidence ce livre s'adresse principalement aux personnes travaillant dans des pays en voie de développement, en Afrique et en Asie. En effet, on ne mentionne nulle part le genre *Rangifer* et on ne fait que deux brèves allusions au genre *Alces*. Encore ici, l'auteur se limite à sa propre expérience, bien que la littérature disponible sur ces espèces soit très abondante et facile d'accès.

Malgré ces failles importantes qui rendent ce volume très peu utile pour les aménagistes nord-américains, le technicien, l'administrateur ou le professeur aux prises avec des problèmes déroutants que présente l'aménagement de la faune dans les pays en voie de développement y trouvera des conseils et des suggestions propres à lui faire éviter des erreurs coûteuses ou à l'aider à développer des programmes de gestion. L'auteur aurait dû dans ce sens être plus spécifique dans son approche et se limiter à la grande faune africaine et à son habitat.

Jean HUOT

Département de biologie
Université Laval

SRIVASTAVA, L. M. (édit), 1982. **Synthetic and degradative processes in marine macrophytes.**

Walter de Gruyter, Berlin-New York. xiii + 296 p., 17 × 24 cm. Cartonné-toile, 54,75\$ US.

En mai 1980, une cinquantaine de spécialistes se réunissaient à la Station marine de Bamfield (Colombie-britannique, Canada) dans le cadre d'un colloque portant sur les macrophytes marines comme ressource naturelle et sur leur exploitation. Le présent volume édité par L. M. Srivastava représente la somme de leurs contributions. Ce compte rendu regroupe 15 articles en plus d'une préface (Srivastava) et d'un mot d'introduction (Scagel) sous le titre «Processus de synthèse et de dégradation chez les macrophytes marines». Ce titre très évocateur nous a particulièrement attiré car si l'on peut trouver déjà une somme d'information considérable dans la littérature sur les processus de synthèse chez les algues macroscopiques, les différents modes de dégradation de cette importante biomasse nous sont nettement moins familiers.

Déception! Un seul article, excellent cependant, traite de ce dernier aspect (Albright *et al.*) mais n'apporte vraiment que très peu de nouveau puisqu'il avait déjà été publié presque intégralement dans le *Naturaliste canadien* en 1980, ce dont les auteurs nous préviennent toutefois bien honnêtement. Un autre article voisine avec ce thème mais n'est pas vraiment pertinent, puisqu'il fait état du rôle de la biomasse une fois dégradée sur la productivité côtière (Sibert).

Les processus de synthèse sont nettement mieux traités. En effet, si l'on accorde à ce terme sa plus vaste compréhension, on peut y relier 10 contributions. Deux traitent de la physiologie de la fixation du carbone (Willenbrink; Mann *et al.*, qui ne fournissent cependant que le résumé d'un article publié ailleurs en 1980), quatre de nutrition inorganique (McLachlan; Harrison & Druehl; Wheeler; North *et al.*), un de la théorie de l'adaptation chromatique complémentaire (Ramus), deux de translocation (Floc'h; Schmid) et un de la synthèse et de l'accumulation des polysaccharides (Bidwell).

Trois articles enfin sont nettement moins pertinents par rapport aux thèmes annoncés. L'un touche les aspects phénologiques (Luning), un autre l'écologie descriptive (Foster) et le troisième qui en traitant de la biomasse des populations de Laminariales, n'aborde cependant en aucune façon les processus de synthèse dans une contribution sur les stratégies d'exploitation de *Macrocystis integrifolia* sur les côtes de la Colombie-britannique (Coon).

Tous ces articles ne sont pas de la même facture. Certains proposent des revues, excellentes parfois, où le lecteur ne trouvera cependant que peu ou pas de données originales (*v.g.* Willenbrink, Ramus); d'autres allient de façon équilibrée l'aspect revue et l'apport d'information nouvelle (*v.g.* Floc'h); d'autres enfin trouvent dans ce véhicule le moyen de communiquer des résultats tout à fait originaux (*v.g.* Wheeler). On remarque une certaine redondance entre les articles de

Floc'h et Schmid, mais la couverture que font ces auteurs du transport de substances organiques et inorganiques chez les macrophytes est fort enrichissante.

En somme, ce livre renferme incontestablement une information intéressante pour les chercheurs que concernent les algues macroscopiques, plus particulièrement les algues brunes. Toutefois, le net déséquilibre entre le traitement accordé aux processus de synthèse et à ceux de dégradation nous oblige à avoir de sérieuses réserves quant au titre retenu par l'éditeur. Un tel titre, joint à la publicité proposée par la maison d'édition "...to provide «state of the art» information on synthetic and *degradative* aspects of marine macrophytes...", fait en sorte que certains acheteurs éventuels pourraient éprouver un fort sentiment de frustration, d'autant plus que la note à acquitter est relativement élevée.

André CARDINAL

Département de biologie
Université Laval

WRIGHT, H. A. & A. W. BAILEY, 1982. *Fire ecology. United States and Southern Canada.* — John Wiley & Sons, New York, 485 p., 17 × 24 cm. Relié, 44,95\$ US.

Ce manuel traite plus de 1500 références et présente un sommaire de connaissances et d'expériences acquises dans le domaine de l'écologie du feu en milieu forestier et dans les prairies sauvages (*range*), notamment aux États-Unis.

L'ouvrage se divise en trois parties. Les chapitres 1 à 4 portent sur des considérations générales relatives aux effets de la température et de la chaleur, des propriétés du sol et de l'eau et de rapports entre la faune et le feu. Dans les chapitres 5 à 15, les auteurs discutent de l'influence du feu dans divers types de végétation de prairie et en regard de certaines essences ou de groupements d'essences forestières commerciales. Chacune des associations est subdivisée en unités biogéographiques grossières pour lesquelles on décrit l'historique et les effets écologiques du feu. Cette subdivision a l'avantage de présenter une régionalisation de l'ensemble des facteurs considérés pour une espèce ou pour une unité de végétation donnée. Le dernier chapitre (le 16^e) est consacré aux brûlages dirigés. En plus d'en aborder les divers usages, les auteurs résument les différentes techniques de mise à feu et de brûlages. Des prescriptions sont ensuite développées pour chacun des groupements de végétation décrits dans la seconde partie.

Le titre du volume peut créer deux ambiguïtés. Certains écologistes pourraient ressentir un certain malaise, car il s'agit ici d'écologie appliquée du feu. À partir des conséquences du feu sur telle

espèce, telle essence ou telle association de plantes, les auteurs décrivent des considérations propres à favoriser les prises de décision quant à leur aménagement, notamment par l'usage du brûlage contrôlé. La deuxième difficulté provient de la mention du sud du Canada. Le mot *sud* est toujours relatif. Ici, il est utilisé pour délimiter les seules associations végétales et les essences ou groupe d'essences commerciales bien établies aux États-Unis et qui s'étendent au Canada. La forêt boréale, les feuillus tolérants et les feuillus non tolérants n'occupent qu'environ cinq ou six pages du volume. La grande partie réservée aux prairies sauvages reflète la spécialisation des deux auteurs dans le domaine de l'écologie et l'aménagement de la prairie sauvage de l'ouest de l'Amérique du Nord et le rôle écologique important du feu dans ces formations.

Même s'il est d'intérêt limité pour l'ingénieur forestier de l'est du Canada, le texte des premières

et dernières parties comporte des informations et des commentaires fort pertinents. Les auteurs, par exemple, recommandent l'usage du brûlage contrôlé comme outil d'aménagement. Ils rappellent avec beaucoup d'à-propos que la conduite des brûlages contrôlés exige une compétence différente de celle requise pour l'extinction des feux.

S'il n'est pas d'une grande utilité pour l'utilisation du feu dans l'aménagement des forêts de l'est du Canada, ce manuel mérite quand même une place de choix dans les ouvrages de consultation sur le sujet, d'autant plus qu'on pourrait s'en inspirer pour produire un document similaire et portant sur l'écologie du feu dans les associations forestières du Québec ou de l'est du Canada.

Marcel LORTIE

*Département d'aménagement et sylviculture
Faculté de foresterie et de géodésie
Université Laval*

LIVRES REÇUS

CLARK, R. B. (édit.), 1982. **The long term effects of oil pollution on marine populations, communities and ecosystems.** — The Royal Society, London, 443 p., 22 × 30 cm. Relié, £33,65.

Ce volume contient les dix-sept communications faites sur invitation à une réunion de spécialistes des contaminations par le pétrole, à la Société Royale de Londres, en octobre 1981. L'accent est mis sur les effets à long terme de ces contaminations, sur les populations et les communautés de différents niveaux de la chaîne trophique (plancton, benthos, poissons et oiseaux), dans la perspective des impacts sur l'ensemble des écosystèmes marins.

CLEMENTS, M. A. (édit.), 1982. **Preliminary checklist of Australian Orchidaceae.** — National Botanic Gardens, Canberra, Australia, 216 p., 21 × 30 cm.

Guide des Orchidaceae d'Australie. Il comprend la liste alphabétique des genres et des espèces, les synonymes dans l'ordre chronologique ainsi que la répartition des espèces. Deux appendices sont consacrés aux taxons de statut incertain ainsi qu'aux changements taxonomiques et nomenclaturaux.

CÔME, D. R., R. & B. DURAND, R. JACQUES, P. PENON & J.-C. ROLAND, 1982. **Croissance et développement, physiologie végétale II.** — Collection Méthodes, Hermann, Paris, 468 p., 250 illustrations, 15 × 22 cm, 195 FF.

Cinq chapitres décrivent les médiateurs moléculaires de la croissance et du développement, la germination, la croissance, la floraison et finalement la différenciation et morphogénèse. Cet ouvrage décrit des phénomènes très nombreux, particuliers au règne végétal: croissance des parois, multiplication végétative, levées de dormance, initiation à la mise en fleur, etc.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1982. **Sulfure d'hydrogène dans l'environnement atmosphérique: critères scientifiques pour évaluer ses effets sur la qualité de l'environnement.** — Publication n° 18468 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 204 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

Chaque année, des quantités considérables de sulfure (de l'ordre de 310 000 tonnes) provenant de sources naturelles sont émises au Canada. Il faut y ajouter quelque 29 000 tonnes produites par l'activité de l'homme. Dans ce document, un comité d'experts traite notamment des sources et des émissions de H₂S, son transport, sa transfor-

mation et son élimination dans l'atmosphère, de même que ses effets sur l'environnement et la santé au Canada.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1982. **Contrôle de la persistance relative de produits organiques lipophiles dans les écosystèmes aquatiques. Analyse du rôle d'une simple simulation par ordinateur.** — Publication n° 18571 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 217 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

Document divisé en deux parties: (1) Contrôle de la persistance par simple simulation par ordinateur, (2) Introduction à l'analyse des différents processus et son utilisation dans le contrôle préliminaire de la persistance chimique. Un comité d'experts étudie l'utilité d'une simple simulation (basée sur les propriétés physiques et chimiques des polluants) par ordinateur pour prévoir le comportement et le sort ultime d'un polluant dans des écosystèmes aquatiques.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1982. **Les effets du propoxur sur la qualité de l'environnement, notamment quant à son emploi dans la lutte contre les insectes piqueurs.** — Publication n° 18573 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 235 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

Le propoxur, un des principaux insecticides employés actuellement au Canada, se révèle efficace contre les moustiques et les mouches noires (adultes). L'évaluation de ce composé chimique comprend les techniques d'application aérienne du propoxur, sa persistance, ses processus métaboliques, ainsi que sa toxicité pour les mammifères et pour l'ensemble de l'environnement.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1982. **Polychlorodibenzo-*p*-dioxines. critères relatifs à leurs effets sur l'homme et son environnement.** — Publication n° 18575 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 277 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

L'on soupçonne actuellement que les polychlorodibenzo-*p*-dioxines (PCDD) se trouvent partout dans les écosystèmes aquatiques et terrestres en Amérique du Nord. Il existe 75 PCDD différentes, dont certaines sont extrêmement toxiques et d'autres sont, prétend-on, relativement anodines. Un groupe international d'experts examine les questions de base sur les quantités, les sources, la persistance et la toxicité des PCDD dans l'environnement.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1982. **Polychlorodibenzo-*p*-dioxines:**

limites des méthodes analytiques actuelles. — Publication n° 18577 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 186 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

Second document sur les PCDD dans lequel on examine et évalue l'efficacité de cinquante-six techniques pour analyser ces composés chimiques, ainsi que les exigences de sécurité en laboratoire.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA, 1982. **Chlorophénols: critères pour évaluer leurs effets sur l'état de l'environnement.** — Publication n° 18579 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 217 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

Les chlorophénols (CP), composés organiques, sont utilisés dans l'industrie comme agents de préservation du bois, agents de désinfection et comme précurseurs des pesticides. Un comité d'experts examine le sort des CP dans l'environnement, leurs propriétés toxiques, l'efficacité des méthodes analytiques pour les dépister et évalue les expositions dues à leur emploi industriel et domestique au Canada.

DAGET, P. & M. GODRON, 1982. **Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés.** — Masson, Paris, Collection d'écologie n° 18, 176 p., 16 × 24 cm. Broché, 41,40\$. Disponible chez Somabec Ltée, 2475 rue Sylva Clapin, Case postale 295, Saint-Hyacinthe, Québec J2S 5T5.

Ouvrage visant à la caractérisation des conditions du milieu naturel en relation avec la vie des espèces. Les auteurs abordent des sujets tels que les relevés écologiques, l'échantillonnage, la définition et l'obtention des profils écologiques, les espèces indicatrices; la constitution, les combinaisons et les associations des groupes écologiques. La conclusion porte sur l'apport de l'analyse écologique aux synthèses en écologie.

IRELAND, R. R., 1982. **Moss flora of the Maritime Provinces.** — Musée national des sciences naturelles, Musées nationaux du Canada, Ottawa, Ontario, Publications de botanique n° 13, 738 p., 415 planches, 19,5 × 26 cm. Relié, 20\$.

Monographie des bryophytes de trois provinces maritimes. Elle comprend des informations sur la structure et le cycle vital de ces plantes, des explications sur les techniques d'herborisation et de conservation, des clés d'identification. L'auteur décrit chaque espèce, son habitat et sa répartition dans les Maritimes, en Amérique du Nord et mondiale. Il donne des nombres chromosomiques. La plupart des espèces sont illustrées. Ce guide se termine par un glossaire assorti d'une quinzaine de planches explicatives.

LEVINTON, J. S., 1982. **Marine ecology.** — Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 526 p., 18 × 24 cm. Relié, 46,95\$.

Parce qu'il offre l'avantage d'intégrer dans un schéma classique plusieurs notions et exemples récents, parce qu'il les introduit de façon nette et cohérente, ce manuel, destiné aux étudiants de fin de premier cycle ou de début de deuxième cycle mérite d'être mentionné, malgré son prix. Il constitue une bonne prise de contact avec un certain nombre de problèmes fondamentaux, par exemple, les adaptations à l'égard des particularités du milieu marin, la dynamique des populations, la structure des communautés, la reproduction et l'écologie des larves, la productivité et les chaînes trophiques marines, etc. Les illustrations, sans être indûment nombreuses, sont généralement bien choisies et la mise en pages efficace. Un glossaire d'environ 300-350 mots et près de 50 pages de références suivent les 21 chapitres de ce volume.

LEWIS, R. R. III (édit.), 1982. **Creation and restoration of coastal plant communities.** — CRC Press, Boca Raton, Florida, U.S.A., 219 p., 18 × 26 cm. Relié, 78\$ US.

Recueil de 9 contributions sur la « revégétation », l'aménagement et le maintien des communautés végétales côtières. Les écosystèmes traités sont les dunes de sable des États-Unis, les terrains humides de l'Atlantique, les marais salants de l'ouest et du nord-est du golfe du Mexique, les marécages du Pacifique, de Chine et de la péninsule de la Floride, les zones à palétuvier et les prairies à herbes marines (*seagrass meadows*). Les auteurs décrivent les communautés végétales et leur productivité, leur valeur comme habitat pour la faune et leur état de détérioration. Ils discutent des techniques de plantation (*revegetation*) de fertilisation de transplantation, de la main d'œuvre désirée et des coûts, ainsi que des facteurs de succès et d'échec.

MANN, K. H., 1982. **Ecology of coastal waters.** — Studies in ecology (volume 8), University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 322 p., 15,5 × 23,5 cm. Broché, 18 US\$.

Revue des connaissances récentes touchant les processus écologiques qui se déroulent dans les eaux côtières: production primaire, broutage, prédation, production secondaire, formation de détritus, décomposition, flux énergétique, recyclage, etc. Les aspects théoriques sont évoqués, de nombreux exemples fournis et une imposante sélection de références bibliographiques complète ce volume.

MONGEAU, J. R., J. LECLERC & J. BRISEBOIS, 1982. **La dynamique de la reconstitution des populations de l'esturgeon jaune *Acipenser fulvescens* du lac des Deux Montagnes, Province de Québec, de 1964 à 1979.** — Gouvernement du Québec, ministère du Loisir, de

la Chasse et de la Pêche, Direction régionale de Montréal, Rapport technique n° 06-33, 194 p., 20,5 × 26 cm. Broché.

Ce rapport décrit la reconstitution des populations de l'esturgeon jaune du lac des Deux Montagnes, après une mortalité importante de toutes les espèces de poissons de ce lac au cours de l'hiver 1950. Quatre parties décrivent la systématique, le cycle vital et l'histoire naturelle de l'esturgeon jaune, les caractéristiques des lieux étudiés et les techniques utilisées. Une discussion sur les déplacements de ce poisson, son environnement et les implications quant à l'aménagement de ces populations complète le rapport.

PLATT, T., K. H. MANN & R. E. VLANOWICZ, 1981. **Mathematical models in biological oceanography.** — The Unesco Press, Paris, 156 p., 16 × 24 cm. Relié, prix non indiqué.

Ouvrage faisant le point sur les modèles mathématiques développés en océanographie biologique. Outre celui des conclusions générales, ce volume comporte trois chapitres. Le premier inventorie les différents types de modèles et en fait ressortir les principales caractéristiques conceptuelles et opérationnelles. Le second rend compte et discute des voies nouvelles devant permettre l'examen des propriétés des écosystèmes: par exemple, les analyses des intrants-extrants empruntées à l'économique, les applications écologiques de la «thermodynamique irréversible», la modélisation faisant appel au spectre de tailles plutôt qu'à la position taxonomique ou trophique, etc. Le troisième chapitre s'applique à dégager les implications de la modélisation sur la planification de la recherche océanographique. Ce troisième chapitre fait ainsi brièvement état des méthodes de mesures de flux physiologiques ou de flux écologiques, de la comptabilité des échelles, de l'intervention des processus advectifs et de la préparation des plans d'échantillonnage.

POURRIOT, R., J. CAPBLANCQ, P. CHAMP & J.-A. MEYER, 1982. **Écologie du plancton des eaux continentales.** — Masson, Paris, Collection d'écologie n° 16, 212 p., 16 × 24 cm. Broché, 42,35\$. Disponible chez Somabec Ltée, 2475 rue Sylva Clapin, case postale 295, Saint-Hyacinthe, Québec J2S 5T5.

Ouvrage divisé en quatre parties: le phyto-plancton et la production primaire, les consommateurs et la production secondaire, les problèmes de stratégies adaptatives et les modèles de simulation de la dynamique du plancton (nature, utilisation et limites).

PRESCOTT, J. & P. RICHARD, 1982. **Mammifères du Québec et de l'est du Canada. Tomes 1 et 2.** — Éditions France-Amérique, 429 p., 10,8 × 17,8 cm. Broché, 11,95\$ chaque tome.

Guide abondamment illustré des mammifères du Québec. Quatre-vingt-onze espèces y

sont présentées: il y a pour chacune une fiche d'identité (mensurations, poids, caractères distinctifs, habitat, reproduction, longévité, régime alimentaire, prédateurs, mœurs), une carte de répartition, des photographies (dont l'une en couleurs). Au début de la description de chacune des espèces, l'on trouve le nom scientifique de l'espèce, sa famille d'appartenance et les noms vernaculaires français et anglais. Chacun des tomes comporte un index, une liste de références générales et une liste de références propres à chacune des familles. À la fin de chacun des tomes, on trouve des illustrations permettant de distinguer les empreintes ou les pistes des mammifères les plus communs.

REY, L. (édit.) 1982. **The Arctic Ocean. The hydrographic environment and the fate of pollutants.** — Comité arctique international, Principauté de Monaco et Macmillan Press, London, 433 p., 16 × 24 cm. Relié.

Recueil de dix-huit articles de revue ou de synthèse de connaissances fondamentales et appliquées touchant les eaux salées arctiques. On y fait notamment l'examen des échanges énergétiques entre la surface (eau et glace) et l'atmosphère, du transport des contaminants atmosphériques, et des conséquences de la contamination pétrolière.

SAINT-PIERRE, C.-A. & G. GENDRON, 1982. **Les céréales et le maïs.** — Les Presses de l'Université Laval, 219 p., 17,5 × 25 cm, 22\$.

Cet ouvrage sur la culture des céréales à paille et du maïs rassemble les connaissances techniques à la base de ces productions et les relie aux pratiques culturales recommandées dans nos conditions. Les trois premiers chapitres portent sur la biologie des céréales, l'histoire et la géographie, et le géotype de la semence. Les trois autres chapitres portent sur la régie des différentes plantes, l'utilisation, la commercialisation et le développement des cultures céréalières.

SCHNICK, R. A., J. M. MORTON, J. C. MOCHALSKI & J. T. BEALL, 1982. **Mitigation and enhancement techniques for the Upper Mississippi River system and other large river systems.** — U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Ressource Publication no. 149, Washington, D.C., 713 p., 20 × 26 cm. Broché.

Les grands cours d'eau sont des ressources nationales appréciables pour la navigation, les loisirs et la faune et la flore. Cependant, l'expansion ou l'aménagement de l'un d'eux entre souvent en conflit avec l'équilibre des autres. L'industrialisation et le développement futur de la navigation dans la partie amont du fleuve Mississippi alarme les écologistes quant à leurs effets potentiels sur les écosystèmes. Ce guide rassemble les données scientifiques disponibles sur les techni-

ques utilisées et possibles pour réduire les impacts lors du développement de ce fleuve ou d'autres grands cours d'eau. Quarante chapitres traitent de la navigation, du contrôle du niveau de l'eau, de l'érosion des berges, de l'aménagement des populations de poissons, de l'aménagement de la faune terrestre, du contrôle et de l'aménagement de la flore continentale et aquatique, etc.

SOLEM, A., 1982. **Endodontoid land snails from Pacific islands. (Mollusca: Pulmonata: Sigmurethra). Part II. Families Punctidae and Charopidae. Zoogeography.** — Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois, 336 p., 143 fig., 76 tabl., 24 × 32 cm. Relié.

Monographie des escargots terrestres des îles du Pacifique. L'auteur traite de la biologie, la systématique, la phylogénie et la zoogéographie de ces animaux, donne des clés d'identification et émet des hypothèses sur l'origine et la dispersion de ces animaux à travers les îles.

STICH, H. F., H. W. LEUNG & J. R. ROBERTS (édit.) 1982. **Atelier sur les effets combinés des xénobiotiques.** — Conseil national de recherches du Canada, Publication n° 18978 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 253 p., 21 × 27 cm. Broché, 5\$.

Alors que la plupart des études toxicologiques ne traitent que d'un seul polluant ou d'un nombre restreint de polluants, le problème de base est la

multiplicité des polluants agissant simultanément. Un groupe d'experts en toxicologie et en sciences de l'environnement proposent des orientations nouvelles pour les recherches canadiennes.

Biological oceanography. Volume 1, 1982. — Crane Russak & Co., Inc., 3, East 44th Street, New York, 10017. Abonnement: 78\$ US.

Nouveau périodique trimestriel axé sur tous les aspects écologiques de la vie dans l'océan, incluant la production primaire et secondaire, l'histoire naturelle, la structure et la dynamique des communautés, la biogéographie, la physiologie, l'évolution et la systématique, ainsi que les relations des biotopes au milieu physique.

The environmentalist. Volume 1, 1981. Elsevier Sequoya S.A., C.P. 851, CH-1001 Lausanne 1, Suisse. 21 × 27 cm. Abonnement (4 livraisons): 48,50 \$US.

Périodique nouveau qui se décrit comme la revue de tous les professionnels de la protection de l'environnement, au plan de l'éducation, de l'apprentissage ou de la pratique professionnelle ou de la communication au sens le plus large du terme. Il ne s'agit donc pas d'une revue scientifique ou technique, mais d'une revue d'intérêt général, présentant une bonne diversité de sujets sous forme éditoriale ou d'articles de fond, des nouvelles, des entrevues et des comptes rendus de livres.

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 numéroter 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.

Maintenant disponible

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

Available now

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 110

NUMÉRO 1

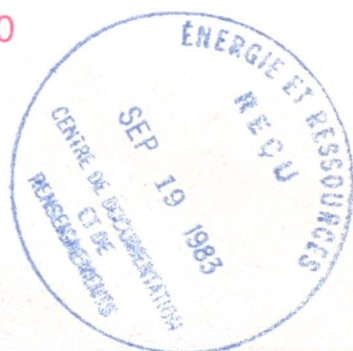
1983

NAIMAN, R. J.	Periphyton accumulation rates in five boreal forest rivers of Québec	1-9
SÉRODES, J.-B. & M. DUBÉ	Dynamique sédimentaire d'un estran à spartines (Kamouraska, Québec)	11-26
THIBAUT, J. & P. P. HARPER	Les peuplements de taons (Diptères: Tabanidés) d'une forêt des Basses-Laurentides: inventaire, phénologie, activité et habitats	27-36
CATLING, P. M.	Autogamy in eastern Canadian Orchidaceae: a review of current knowledge and some new observations	37-53
MCNEIL, R.	Additions à la flore des champignons du Québec	55-66
PARENT, L. É. & Y. PERRON	L'adsorption maximale du cuivre par trois types de tourbe	67-70
GASSER, H., L. BELZILE, R. MICHAUD, L. BORDELEAU & N. FAUST	Effects of seed coating and inoculation on the establishment and performance of alfalfa	71-76
CHENG, B. T.	Effet de la fertilisation N, P, K sur le rendement et la qualité de la tomate et du concombre cultivés en serre	77-83
ROMER, M. J., W. R. CUMMINS & J. SVOBODA	Productivity of native and temperate "crop" plants in the Keewatin District, N.W.T.	85-93
COMMUNICATIONS BRÈVES		
LESAGE, L.	Note sur la distribution présente et future du criocère du lys, <i>Lilioceris lillii</i> (Scopoli), (Coleoptera: Chrysomelidae) dans l'est du Canada	95-97
EDGE, T. A. & B. W. COAD	Reduced dorsal spine numbers in two isolated populations of the brook stickleback, <i>Culaea inconstans</i> , from eastern Canada	99-101
MALTAIS, P. M. & E. A. OUELLETTE	Helminth parasites of the snowshoe hare, <i>Lepus americanus</i> , in New Brunswick	103-105
REVUE DES LIVRES		107-118

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 110
NUMÉRO 2
1983



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 — Troisième trimestre 1983. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

EVALUATION OF CHANGES IN A LARGE OLIGOTROPHIC
WILDERNESS PARK LAKE EXPOSED TO MINE TAILINGS
EFFLUENT FOR 14 YEARS: THE PERIPHYTON

A. AUSTIN

Department of Biology, University of Victoria,
Victoria, British Columbia V8W 2Y2

Résumé

Cette étude fait état des changements qui se sont produits dans le périphyton de substrats artificiels immergés dans un grand lac oligotrophe. Ce lac, situé au cœur d'un parc à l'état sauvage, fut échantillonné avant et après une période de 14 ans, pendant laquelle une mine y a déchargé ses résidus. Les concentrations de Cd, Cu et Zn ont augmenté considérablement pendant cette période, mais les éléments nutritifs n'ont pas varié. Des organismes reconnus comme étant sensibles à ces métaux, notamment quelques diatomées, ont disparu ou sont devenus extrêmement rares. D'autres, plus tolérantes, comme *Navicula cryptocephala*, sont devenues plus abondantes. Le nombre et la diversité des espèces ont diminué et, près de la décharge de résidus, la densité cellulaire a aussi diminué.

Abstract

Patterns of change occurred in periphytic communities on artificial substrates, exposed in a large oligotrophic wilderness park lake, sampled prior to and after 14 years of mine tailings effluent. Concentrations of the heavy metals Cd, Cu and Zn increased substantially whilst nutrients did not change over the study period. Organisms known to be sensitive to heavy metals, including several diatom species, either disappeared or became extremely rare. Other more tolerant forms, such as *Navicula cryptocephala*, have substantially increased in abundance. Accompanying these changes are decreased species number and diversity, and near the tailings effluent, a drop in cell density.

Introduction

Accumulation of metal concentrations in recent sediments suggests that over the last several decades, heavy metal input into freshwater aquatic systems has increased virtually worldwide (Gachter, 1979; Forstner & Prosi, 1979). Despite this, few cases of clearly demonstrable effects on aquatic microbiota have been reported in the literature. From *in vitro* work, however, effects of heavy metals are seen to have impact upon aquatic organisms (Weatherley *et al.*, 1980). In the field, it must be assumed that detection of definitive changes in these micro-wildlife ecosystems has been hampered

by a lack of comparable unpolluted baseline systems and also by undeveloped field sampling methodology. Difficulties also arise from contamination by other substances so that analysis of individual effects is not readily accomplished.

Most of the published information regarding aquatic environments subject to various forms of heavy metal pollution arise from investigations of short term effects or from samples taken at heavily impacted sites. These studies provide useful information regarding acute toxicity but do not elucidate effects of the long term exposure to low concentrations. Furthermore, despite the

recognition of importance of the documentation of undisturbed, or relatively undisturbed, aquatic systems (U.S. Environmental Protection Agency, 1972) the latter are far less frequently reported than are more impacted situations. Interrelationships between plankton biota and environmental parameters are more frequently reported than those for periphyton biota. The potential value of communities of the latter has been little exploited and only recently recognized (Welch, 1980; Cairns, 1982).

To reduce the extreme variability in benthic algal communities associated with chemical, physical and morphometric variations of natural substrates, artificial substrates (microscope slides) were used, permitting more valid comparisons between stations and years. Such artificial substrates have long been recognized as being easily quantified and as having wide application (Sladeczkova, 1962; Patrick, 1968; Besch *et al.*, 1972; Clark *et al.*, 1980; Cairns *et al.*, 1979; Henebry & Cairns, 1980). A partial review of the development and use of artificial substrates has been recently published (Cairns, 1982). The values of artificial substrates to this study is clearly stated by Beak *et al.* (1973): "to assess water pollution, exact duplication of natural conditions is of less importance than ability to obtain replicate samples at different times and at different locations."

Microalgae have been shown in laboratory experiments to be sensitive to various levels of heavy metals (Hutchinson, 1973; Bartlett *et al.*, 1974; Tompkins & Blinn, 1976; Hart & Scaife, 1977; Conway, 1978; Fezy *et al.*, 1979). Conversely tolerance of certain microalgae to heavy metals has been recorded (Williams & Mount, 1965; Harding & Whitton, 1976; Besch *et al.*, 1972; Bell, 1977). Field studies of freshwater systems contaminated by heavy metals have been performed by various researchers (Stokes *et al.*, 1973; Briand *et al.*, 1978; Yan, 1979; Forstner & Prosi, 1979; Gachter & Mares, 1979), including (some) works based on periphytic organisms (Besch *et al.*, 1972; Bell, 1977; Schmidt & Christensen, 1975).

The lake under study is situated in a national wilderness park and was subject to minimal effluents of any sort previous to the inception of the mine in 1967. In lakes such as this, it is likely that perturbants such as heavy metal mine tailings exert maximal effects. The current investigation seeks to

examine and evaluate any change in the periphyton community since 1967.

Site description and history

Buttle Lake (Fig. 1) has an area of 3,530 ha, is 35 km long and has a mean depth of 70 m. It lies at the base of the extensive Campbell River watershed draining 1,404 km². The system is situated in the central part of Vancouver Island at 125°31' west longitude and between 49°31' and 50°04' of latitude. Much of the drainage basin is located within the boundaries of Strathcona Provincial Wilderness Park and forms the domestic water supply of Campbell River, a small but rapidly expanding industrial city with saw mills, a pulp mill and 14,000 people. Situated in the Coastal Mountains region of recently glaciated granitic intrusive rocks, the area has a maritime climate and considerable precipitation (150-350 cm·a⁻¹) with rapid runoff. The lake lies at an elevation of 221 metres above sea level and has its axis oriented in a north-south direction, it connects by a narrow passage (once the Third Campbell River) with Upper Campbell Lake (elevation 221 metres above sea level) which feeds into Lower Campbell Lake, and Campbell River, which flows to the sea some 20 km away (Sinclair, 1965).

This narrow oligotrophic, soft-water lake lies in one of the typically "U" shaped glacial valleys of the region and has steep rock walls and a broad flat floor of unconsolidated glacial sediment (Dolmage, 1951). Northeast of Upper Campbell Lake, the valley gradually yields to the broad plain which borders much of the east coast of Vancouver Island. Total dissolved solids are low — less than 60 ppm (Northcote & Larkin, 1958).

Both Upper and Lower Campbell lakes were formed from a river system by the construction of three dams in 1947, 1949 and 1958 (Sinclair, 1965) which constituted the only perturbation occurring in the watershed previous to those described here and which also raised the level of Buttle Lake. The water level of the lake now fluctuates approximately nine metres annually. In 1966, Western Mines Corp. (now Westmin. Resources) began its operation near the south end of Buttle Lake and, since May of 1967, tailings from its concentrator were fed into the lake via a submerged outfall (Fig. 1). Data from periphyton samples (and also phytoplankton which will be reported elsewhere, Austin & Munteanu, unpub.) collected in 1967 and

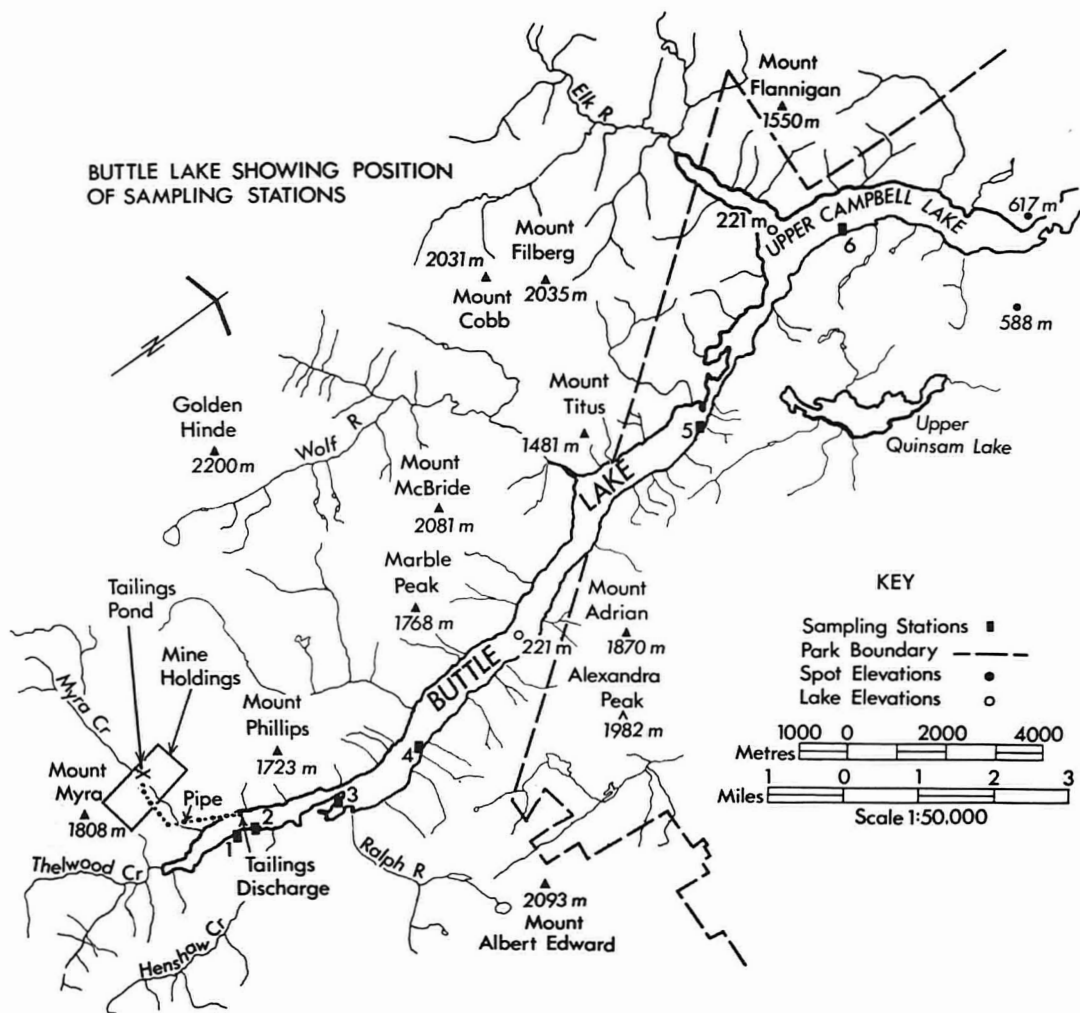


Figure 1. Map of Buttle Lake showing position of sampling stations and some features of the surrounding watershed.

1968 are therefore considered useful base line information for comparison with data collected in 1981. Since virtually the whole watershed originally lay undisturbed within the boundaries of Strathcona Provincial Wilderness Park, man-made perturbations have been very few and easily investigated and documented. Data reported here might thus be of value in an eco-historical context.

Methods

Since initial data on periphyton communities in the lake under study (Buttle Lake) was collected in the late 1960's using a particular design of periphyton sampling surface

and exposure (Brown & Austin, 1971), it was necessary to duplicate this same design. The frame, made of slotted steel Dexion (Dexion Ltd., Weston, Ontario), was essentially an open, shallow (8.0 cm deep) box-like structure (61 cm square) which rested on four legs (26 cm high) bolted to the box corners. The floor of the box consisted of a plastic grid with 1.6 cm × 1.6 cm openings. The upper surface of the grid supported a number of vertically and horizontally oriented glass slides. The top of the box was covered with a hinged screen, of open mesh wire and together with the grid floor and slotted framework provided freedom of water movement as well as penetration of light. Recovery of the frame involved hooking a bridle on a

telescoping crosier-like staff and lifting the frame to the surface for removal or replacement. A more detailed description of the frame is given by Brown & Austin (1971).

One frame was placed at each periphyton sampling station and maintained as close as possible to a depth of 2.1 metres. The exposure devices were serviced from a small boat, taking care to disturb the water as little as possible and, at each station, slides were removed and replaced and the frame returned to its original location and depth. Slides were transferred to small squat jars containing 230 ml of a 5% buffered formalin distilled H₂O solution.

The relatively large number (60-70) of microscope slides (marked with diamond pencil) exposed in the frames enabled the collection of coded slides at overlapping

monthly intervals indicated by codes TS1, TS2... (Times Series 1, etc.) varying from one to six months. Each monthly removal and replacement pattern arrived at by using a random numbers table consisted of a specific group of slides, which had been immersed for a pre-determined period of time at all stations on the lakes.

Since a two month immersion time was in effect in 1967, a similar interval was used for 1981; in addition, two one-month time intervals within the two-month period were made in 1981. The periphyton population ages, investigated in the present study, expressed as duration of artificial surface immersion, are shown in Tables I and II.

Both surfaces of each vertical slide were used in the periphyton analysis, yielding a total exposure area of 7,500 mm² per slide.

TABLE I

Taxonomic representation and average population estimates of periphyton at station 2
(Below are total taxa identified, estimated cell density (no./mm²), and average sample diversity)

Taxon	Time series 1	Time series 2	Time series 3	Time series 4
	June 21, 1967 -Aug. 8, 1967	June 24, 1981 -July 21, 1981	July 21, 1981 -Aug. 20, 1981	June 24, 1981 -Aug. 20, 1981
BACILLARIOPHYTA				
<i>Achnanthes affinis</i>	—	0.09	0.03	—
<i>A. flexella</i>	1.53	0.04	—	—
<i>A. lanceolata</i>	—	0.04	—	—
<i>A. linearis</i>	0.59	0.4	0.07	—
<i>A. microcephala</i>	55.62	7.94	3.68	12.32
<i>A. minutissima</i>	46.04	0.31	0.26	0.13
<i>A. stewartii</i>	—	0.07	—	—
<i>var. stewartii</i>				
<i>Achnanthes</i> sp. (2512-1)*	0.06	—	—	—
<i>Actinella</i> sp. (2010-1)*	0.06	—	—	—
<i>Amphipleura pellucida</i>	0.06	0.04	—	—
<i>Anabaena affinis</i>	—	0.13	—	—
<i>Asterionella formosa</i>	2.29	—	—	—
<i>Cyclotella bodanica</i>	0.18	—	—	—
<i>C. stelligera</i>	14.88	0.11	—	0.07
<i>Cymbella cymbiformis</i>	3.47	0.04	0.10	—
<i>var. cymbiformis</i>				
<i>C. cymbiformis</i> <i>var. non punctata</i>	0.23	—	—	—
<i>C. sinuata</i>	0.18	—	0.03	0.07
<i>Diploneis finnica</i>	0.06	—	—	—
<i>Epithemia</i> sp. (2510-1)*	0.06	—	—	—
<i>Eunotia curvata</i>	0.53	—	—	—
<i>var. curvata</i>				
<i>E. robusta</i>	0.41	—	—	—
<i>Eunotia</i> sp. (2020-1)*	—	—	0.03	—
<i>Eunotia</i> sp. (2513-1)*	0.18	—	—	—
<i>Eunotia</i> sp. (2521-1)*	—	0.04	—	—
<i>Fragilaria brevistriata</i>	—	—	1.83	—
<i>F. inflata</i>	3.24	0.18	—	—

Taxon	Time Series 1	Time Series 2	Time Series 3	Time Series 4
	June 21, 1967 -Aug. 8, 1967	June 24, 1981 -July 21, 1981	July 21, 1981 -Aug. 20, 1981	June 24, 1981 -Aug. 20, 1981
<i>F. vaucheriae</i> var. <i>vaucheriae</i>	—	0.02	0.07	—
<i>F. vaucheriae</i> var. <i>capitellata</i>	—	0.29	—	0.45
<i>Frustulia</i> sp. (2512-2)*	0.12	—	—	—
<i>Gomphonema constrictum</i>	—	0.02	—	—
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0.23	—	—	—
<i>Gomphonema</i> sp. (2020-2)*	—	0.02	—	—
<i>Melosira distans</i>	6.41	—	—	—
var. <i>alpigena</i>	—	—	—	—
<i>Navicula cryptocephala</i>	—	32.78	32.00	49.60
<i>N. radiosa</i> var. <i>radiosa</i>	—	—	0.03	—
<i>Navicula</i> sp. (2522-1)*	—	—	0.83	—
<i>Nitzschia dissipata</i>	—	—	0.10	0.03
<i>N. palea</i>	—	0.13	—	—
<i>Nitzschia</i> sp. (2533-1)*	0.41	1.07	0.48	0.48
<i>Pinnularia biceps</i> var. <i>biceps</i>	—	—	4.03	—
<i>P. subcapitata</i>	—	—	0.03	—
<i>Pinnularia</i> sp.	—	—	0.03	—
<i>Pinnularia</i> sp. (2523-1)*	—	—	0.03	0.03
<i>Rhizosolenia eriensis</i>	—	2.32	—	—
<i>Synedra acus</i>	2.90	3.11	1.22	2.34
<i>S. filiformis</i>	5.30	3.38	1.45	3.59
<i>S. rumpens</i>	—	0.24	—	0.03
<i>S. ulna</i> var. <i>longissima</i>	0.18	0.16	0.23	—
<i>Synedra</i> sp. (2523-2)*	—	0.04	—	—
<i>Tabellaria fenestrata</i>	2.70	—	—	—
<i>T. flocculosa</i>	4.65	0.04	—	0.07
<i>Tetracyclus</i> sp.	0.06	—	—	—
CHLOROPHYTA				
<i>Cosmarium ralfsii</i>	0.12	—	0.03	0.03
<i>Euastrum sphyroides</i>	—	—	0.07	0.03
<i>Mougeotia</i> sp. (2533-2)*	1.53	0.06	0.58	0.16
<i>Mougeotia</i> sp. (2010-4)*	0.76	—	—	—
<i>Oedogonium</i> sp. (2511-1)*	0.88	—	—	—
<i>Oocystis gigas</i>	0.06	—	—	—
<i>Staurastrum subcruciatum</i>	0.23	—	0.03	—
CHRYSOPHYTA				
<i>Dinobryon divergens</i>	0.06	0.04	—	—
<i>Dinobryon sertularia</i>	0.18	2.10	1.58	1.41
CYANOPHYTA				
<i>Anabena affinis</i>	—	0.13	1.28	0.03
PYRRHOPHYTA				
<i>Peridinium pusillum</i>	1.94	—	—	0.16
Taxa	38	30	27	20
Cell density/slide (no./mm ²)	163.60	55.26	46.04	71.24
Diversity (Avg. of all samples)	2.01	1.61	1.18	1.06

* Numbers in brackets are codes to voucher specimens of inadequately determined taxa enabling further resolution of the entities.

Horizontal slides were used only as a supplement providing additional material as an aid in identification.

In the laboratory a sharp straight edge scalpel was carefully used to scrape the periphytic growth and accumulation into the

sample jar. Each jar was then shaken in a standard 'forearm shake' and equal aliquots withdrawn by pipette. Each subsample was settled in Utermohl (Zeiss) sedimentation chambers with Lugol's solution. Organisms were enumerated in 20 random microscope fields taken at 16x using a Zeiss inverted

microscope. Counts were converted to numbers per square millimetre.

All organisms present in each of the 20 microscope fields were identified to species where possible. Organisms that could not be accurately identified were given appropriate codes (Tables I and II). All organisms were sketched, described and photographed.

Identifications of periphytic organisms were made at 500x or higher using the following main source works: Cleve-Euler (1968), Prescott (1962), Smith (1959), Patrick & Reimer (1966, 1975), Hustedt (1930), Bourly (1966, 1968, 1970), Boyer (1927).

Results and discussion

Although several major periphyton sampling stations have been, and are being, employed in the programme of work on

Buttle and Upper Campbell lakes two stations, one at the south end of the lake (station 2), opposite and 500 metres from the source of tailings input (Fig. 1) and one at the north end of the lake (station 5), 25 kilometres north of the tailings pipe are reported in this preliminary study.

Chemical data presented here were obtained from government reports (Clark & Morrison, 1982) prepared as part of a multidisciplinary assessment of environmental impact of mining in a relatively undisturbed park environment.

As shown in Table III, phosphorus, nitrogen and silica were all found in low quantities throughout the system and do not appear to have increased or decreased since inception of the mine. Nutrient levels throughout Buttle and the nearby "control" Upper Quinsam Lake are generally low. In addition seasonal fluctuations are minimal, although slightly higher concentrations

TABLE II

Taxonomic representation and average population estimates of periphyton at station 5 (Below are total taxa identified, estimated cell density (no./mm²) and average sample diversity)

Taxon	Time series 1	Time series 2	Time series 3	Time series 4
	June 21, 1967 -Aug. 8, 1967	June 25, 1981 -July 22, 1981	July 22, 1981 -Aug. 19, 1981	June 25, 1981 -Aug. 19, 1981
BACILLARIOPHYTA				
<i>Achnanthes flexella</i>	5.68	0.02	0.10	0.10
<i>A. lanceolata</i> var. <i>haynaldii</i>	—	—	0.23	—
<i>A. lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	0.05	—	—	—
<i>A. linearis</i>	0.35	0.15	1.73	0.19
<i>A. microcephala</i>	41.83	5.71	5.54	32.99
<i>A. minutissima</i>	27.32	0.29	0.77	0.16
<i>Achnanthes</i> sp. (0502-1)*	—	0.18	—	—
<i>Achnanthes</i> sp. (2512-1)*	—	0.13	—	—
<i>Amphipleura pellucida</i>	0.41	—	—	—
<i>Amphora ovalis</i>	0.29	—	—	—
<i>Asterionella formosa</i>	2.72	—	—	—
<i>Ceratoneis arcus</i>	—	0.04	—	—
<i>Cyclotella bodanica</i>	0.46	—	0.03	—
<i>C. stelligera</i>	19.93	0.07	0.29	0.23
<i>Cymbella cuspidata</i> var. <i>cuspidata</i>	0.06	—	—	—
<i>C. cymbiformis</i> var. <i>cymbiformis</i>	7.31	0.22	0.26	0.32
<i>C. cymbiformis</i> var. <i>non punctata</i>	5.10	0.03	0.29	—
<i>C. mexicana</i>	0.06	—	—	—
<i>C. sinuata</i>	—	0.09	0.16	0.07
<i>Cymbella</i> sp. (0502-2)*	—	0.02	—	—
<i>Diploneis finnica</i>	—	0.18	—	0.03
<i>Epithemia turgida</i>	—	—	—	0.03
<i>Epithemia</i> sp. (2510-1)*	0.06	—	—	—
<i>Epithemia</i> sp. (0502-3)*	—	—	—	0.03
<i>Eunotia curvata</i> v. <i>curvata</i>	0.35	0.02	0.03	—
<i>E. robusta</i>	0.57	—	—	—

Taxon	Time	Time	Time	Time
	Series 1 June 21, 1967 -Aug. 8, 1967	Series 2 June 25, 1981 -July 22, 1981	Series 3 July 22, 1981 -Aug. 19, 1981	Series 4 June 25, 1981 -Aug. 19, 1981
<i>Eunotia</i> sp. (2513-1)*	0.29	—	0.03	—
<i>Eunotia</i> sp. (2521-1)*	0.06	—	—	—
<i>Fragilaria brevistriata</i>	—	—	1.67	—
<i>F. crotonensis</i>	—	0.06	0.29	—
<i>F. inflata</i>	0.10	—	0.74	—
<i>F. vaucheriae</i> var. <i>capitellata</i>	—	0.30	0.48	—
<i>F. vaucheriae</i> var. <i>vaucheriae</i>	—	—	—	0.90
<i>F. virescens</i> var. <i>virescens</i>	—	—	0.10	—
<i>Frustulia</i> sp. (2512-2)*	—	0.10	0.03	0.19
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>coronata</i>	0.62	—	—	—
<i>G. intricatum</i> var. <i>intricatum</i>	0.48	—	—	—
<i>G. olivaceum</i>	9.33	—	—	—
<i>Gomphonema</i> sp. (0512-1)*	0.06	—	0.03	—
<i>Melosira distans</i> var. <i>alpigena</i>	8.32	—	—	—
<i>Meridion circulare</i> var. <i>circulare</i>	—	0.02	—	—
<i>Navicula cryptocephala</i>	—	31.74	68.13	166.37
<i>N. radiosa</i> var. <i>radiosa</i>	—	0.04	0.13	0.13
<i>Navicula</i> sp. (2522-1)*	—	—	2.18	—
<i>Nitzschia dissipata</i>	0.06	0.02	0.03	0.03
<i>Nitzschia</i> sp. (2533-1)*	0.06	1.07	0.55	0.61
<i>Pinnularia biceps</i> var. <i>biceps</i>	0.06	0.02	0.26	—
<i>Pinnularia mesolepta</i> var. <i>mesolepta</i>	—	—	—	0.07
<i>Pinnularia</i> sp. (2523-1)*	0.18	—	—	0.19
<i>Rhizosolenia eriensis</i>	—	—	0.03	—
<i>Rhopalodia gibba</i>	0.12	0.04	0.03	0.03
<i>Synedra acus</i>	3.43	4.37	6.30	7.62
<i>S. filiformis</i>	9.55	5.84	5.73	10.65
<i>S. rumpens</i>	—	0.28	0.10	—
<i>S. ulna</i> var. <i>ulna</i>	—	0.04	0.03	—
<i>S. ulna</i> var. <i>longissima</i>	0.12	0.04	3.20	3.81
<i>Synedra</i> sp. (2523-2)*	0.12	—	—	0.32
<i>Tabellaria fenestrata</i>	4.87	—	0.07	0.03
<i>T. flocculosa</i>	7.20	0.05	0.10	0.23
<i>Tetracyclus</i> sp. (2512-3)*	—	—	—	0.03
Unidentified centric diatom (05031-1)*	0.12	0.02	—	0.03
CHLOROPHYTA				
<i>Cosmarium ralfsii</i>	0.06	0.07	—	0.10
<i>Euastrum sphyroides</i>	—	—	—	0.07
<i>Mougeotia</i> sp. (2533-2)*	0.47	0.06	1.12	1.19
<i>Mougeotia</i> sp. (0502-4)*	—	0.18	—	—
<i>Oedogonium</i> sp. (2511-1)*	0.32	—	—	—
<i>Staurastrum elongatum</i>	0.06	—	0.07	—
CHRYSOPHYTA				
<i>Dinobryon divergens</i>	0.28	—	—	—
<i>Dinobryon sertularia</i>	0.92	2.00	1.89	0.77
CYANOPHYTA				
<i>Anabaena affinis</i>	0.82	0.02	—	—
PYRRHOPHYTA				
<i>Peridinium pusillum</i>	1.16	0.15	0.10	4.19
<i>P. cinctum</i>	—	—	0.42	—
Taxa	45	38	39	32
Cell density/slide (no./mm ²)	161.80	57.10	103.20	231.70
Diversity (avg. of all samples)	2.32	1.55	1.46	1.05

* Numbers in brackets are codes to voucher specimens of inadequately determined taxons enabling further resolution of these entities.

were found during the winter months as is shown by the upper values of the ranges shown in Table III.

Data for cadmium, zinc and copper may indicate cause for concern in Buttle Lake in view of the water supply and recreational value of this wilderness park lake (Table IV). In the late 60's and early 70's, levels of these metals were similar to the current low background levels of nearby Upper Quinsam Lake whereas present data indicates rising concentrations in both Buttle and Upper Campbell lakes. However, while values were consistently higher, they did decrease somewhat as a function of the distance from the source of tailings effluent (Table IV). The values for hardness of the Buttle-Upper Campbell Lake watershed range from 20-30 mg/l CaCO_3 (Table III). The major significance to water being so soft in the watershed, is that the literature consistently shows metals to be far more toxic in soft water than hard.

Copper and zinc concentrations have both increased substantially since 1967 and frequently exceed Environment Canada criteria for freshwater aquatic life, particularly at station 2 (Demayo & Taylor, 1981; Taylor & Demayo, 1980). Cadmium, even though it was not measured prior to 1979, exhibits current levels in Buttle Lake frequently exceeding Environment Canada (Reeder *et al.*, 1979) criteria while levels in Upper Quinsam Lake are below detectable limits.

In 1967, the periphyton community at station 2 was characterized by a major dominant association of *Achnanthes microcephala*, *Achnanthes minutissima* and *Cyclotella stelligera*. Other less abundant, yet common forms include *Melosira distans* var. *alpigena*, *Synedra filiformis*, *Synedra acus* and *Cymbella cymbiformis* var. *cymbiformis*. The diatom dominated periphyton community also included several species of desmids and other Chlorophyta, Cyanophyta, Chrysophyta and Pyrrophyta (Tables I and II).

The periphyton community at station 5 in 1967 was almost identical to that of station 2. The same three species of diatoms made up the major dominant association, while the minor dominant association included two additions, species *Achnanthes flexella* and *Gomphonema olivaceum*. Rare forms included several desmids and other Chlorophyta, Chrysophyta, Cyanophyta and Pyrrophyta in about the same percentage relationship as at station 2.

At both stations, all three major dominants in 1967 are recorded in the literature as indicative of clean, nutrient poor oligotrophic waters. *Achnanthes microcephala* is considered characteristic of such oligotrophic waters high in oxygen (Cholnoky, 1968; Schoeman, 1976). *A. minutissima* is generally associated with unpolluted, well oxygenated water (Cholnoky, 1968; Hancock, 1973; Northcote *et al.*, 1975; Seyfer & Wilhm, 1977; Kuhn *et al.*, 1981). In addition, Stockner & Armstrong (1971) found *A. minutissima* to be the most abundant periphytic diatom in the littoral zone of the oligotrophic lakes of northwestern Ontario. Clearly *A. minutissima* can be considered a reliable character form of the littoral zone of oligotrophic lakes. *Cyclotella stelligera* is also found most commonly occurring in clean water (Stockner & Armstrong, 1971; Seyfer & Wilhm, 1977) and is capable of blooming in either the littoral or pelagic zones (Kuhn *et al.*, 1981). The organisms making up the minor dominant associations at both stations in 1967 have also been recorded as characteristic of oligotrophic waters by various authors (Prescott, 1962; Patrick & Reimer, 1966; Hutchinson, 1967; Stockner & Armstrong, 1971; Besch *et al.*, 1972; Evans & Stockner, 1972; Bell, 1977; Williams, 1972).

The validity of the interstation and year to year comparisons made here have some support in previous investigations. In studying the algal and protozoan communities of the Savannah River over a 14 year period, Patrick *et al.* (1967) found that the average interstation species overlap of diatoms, (which dominate Buttle Lake periphyton), was approximately 75%, much higher than other microbial organisms. Patrick (1968) found that nearly identical diatom communities (95.5 to 98.0% species overlap) developed under equal slide exposure periods and controlled, similar ecological conditions. The Shannon Weaver diversity indices and the structures of the truncated normal curve were remarkably similar. Samples taken from the two sampling stations in 1967 show remarkable similarities. As previously discussed, the dominant forms are virtually identical. In addition, cell density, species number and Shannon Weaver diversity (H') are very similar. It is clear from Figures 2 and 3 that there was little difference between stations 2 and 5 in 1967.

In 1981, after 14 years of mining activity at the south end of Buttle Lake, the periphyton communities at stations 2 and 5 were

TABLE III

Summarized surface values of major nutrients and general water chemistry in Buttle Lake and the control lake Upper Quinsam Lake (from Clark & Morrison, 1982)

Values represent range of levels found throughout year. Total number of samples taken are indicated in brackets.

	Station 2	Station 3	Station 5	Station 6	Upper Quinsam
Ammonia (mg/l) — 1981	L 0.005(7)	—	L 0.005(7)	L 0.005(8)	L 0.005(8)
Orthophosphate (mg/l) — 1981	L 0.003(7)	—	L 0.003(7)	L 0.003(8)	L 0.003(8)
Total phosphate (mg/l) — 1971	—	L 0.01 (4)	—	—	—
— 1981	L 0.003-0.007(7)	—	0.003-0.006(7)	0.003-0.006(8)	0.003-0.006(8)
NO ₂ /NO ₃ (mg/l) — 1971	—	L 0.02-0.05(5)	0.02-0.05(7)	L 0.02-0.04(8)	L 0.02-0.03(3)
— 1981	L 0.02-0.05(7)	—	—	—	—
Silica (mg/l) — 1968	—	2.2-3.3(8)	—	—	—
— 1969	—	2.5-3.1(6)	—	—	—
— 1971	2.0-3.0(3)	2.2-3.4(11)	—	—	—
— 1972	2.0-3.0(7)	2.2-3.2(11)	—	—	—
— 1973	2.0-3.0(4)	2.3-3.1(4)	—	—	—
— 1980	2.0-3.0(3)	2.7-3.1(3)	2.8-3.0(2)	—	—
— 1981	2.0-3.0(4)	2.6-3.1(4)	3.0-3.3(5)	3.6-3.8(4)	3.7-4.0(4)
Average extinction depth (m) — 1981	1.84(10)	—	2.37(7)	2.18(9)	3.44(7)
Hardness (mg CaCO ₃ /l) — 1981	20-30(2)	—	20-30(2)	20-30(2)	20-30(2)

L — below detectable limits

TABLE IV

Summarized surface values of heavy metals in Buttle Lake and the control lake, Upper Quinsam Lake (from Clark & Morrison, 1982). Values represent ranges of levels found throughout year with upper values generally found winter during months. Total numbers of samples are indicated in brackets.

	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>	<i>Station 5</i>	<i>Station 6</i>	<i>Upper Quinsam</i>
Total cadmium ($\mu\text{g/l}$)					
— 1979	L 0.5-0.8(4)	—	—	—	—
— 1980	L 0.5-1.3(6)	—	L 0.5-1.3(3)	L 0.5-1.0(4)	—
— 1981	—	—	—	—	L 0.5(11)
Total copper (mg/l)					
— 1967	—	0.002-0.005(7)	—	—	—
— 1968	—	0.003-0.01(9)	—	—	—
— 1969	—	L 0.001-0.008(6)	—	—	—
— 1971	L 0.001-0.022(5)	L 0.001-0.03(9)	—	—	—
— 1972	0.002-0.014(7)	0.003-0.017(8)	—	—	—
— 1979	0.007-0.02(5)	0.007-0.008(5)	—	—	—
— 1980	0.005-0.003(6)	0.004-0.03(6)	0.004-0.01(4)	0.002-0.005(4)	0.001-0(11)
Total zinc (mg/l)					
— 1967	—	L 0-0.045(9)	—	—	—
— 1968	—	0.006-0.025(8)	—	—	—
— 1969	—	L 0.0-0.088(9)	—	—	—
— 1971	0.007-0.15(5)	0.03-0.2(9)	—	—	—
— 1972	0.04-0.28(7)	0.03-0.042(8)	—	—	—
— 1979	0.11-0.23(5)	0.11-0.16(6)	—	—	—
— 1980	0.11-0.32(6)	0.11-0.29(6)	0.10-0.16(4)	0.06-0.08(4)	0.005(11)

L — below detectable limits

dominated by *Navicula cryptocephala*. The minor dominant associations were made up of *A. microcephala*, *S. acus* and *S. filiformis*.

The community at both sampling stations has altered substantially since the mine began operation in 1967. Not only have the dominant associations changed but several previously abundant periphytic organisms have become rare or absent. Other organisms have increased substantially in abundance (Fig. 2).

A. minutissima, a previously dominant diatom, characteristic of clean, well oxygenated waters, had all but disappeared by 1981. Besch *et al.* (1972) rated *A. minutissima* as having a low tolerance to Zn (0.1-0.2 mg/l Zn) and very low tolerance to copper. *C. stelligera*, a previously abundant and very commonly occurring periphytic diatom, was found only in minute quantities in 1981. However, the heavy metal tolerance of *C. stelligera* is unknown. *A. microcephala*, the third major dominant in 1967 has decreased somewhat in abundance while remaining a minor dominant in 1981. According to Besch *et al.* (1972), this species is very resistant to heavy metal pollution (> 10 mg Zn/l).

The three aforementioned diatoms previously made up the major dominant association of the periphyton community of Buttle Lake. In 1981, the three major dominants were replaced by a single diatom, *N. cryptocephala*, which averaged 66.1% of all cells counted at both stations (Fig. 2). Its dominance in 1981 would point to a high degree of heavy metal tolerance. However, although its tolerance to organic pollution has been documented by Palmer (1969), Furuta *et al.* (1977) and Munteanu (1979), its heavy metal tolerance is unknown.

The minor dominant association present in 1967 has undergone considerable alteration. *A. flexella* and *M. distans* var. *alpigena* have decreased in number to the point of extinction. Very little is known about the heavy metal tolerance of these two diatoms, although the latter is reported sensitive to copper (Palmer, 1969). *Tabellaria fenestrata* and *Tabellaria flocculosa* have both become extremely rare at both stations. It was found by Besch *et al.* (1972) that *T. fenestrata* and *T. flocculosa* have low resistance to zinc (0.1-0.2 mg Zn/l) as well as copper. Williams & Mount (1965), Besch *et al.* (1972) and Bell (1977) found that the genera *Gomphonema* and *Cymbella* were

heavy metal intolerant. The data of this study add support to these findings. *Gomphonema olivaceum* has disappeared entirely, as have several other *Gomphonema* species, (*G. acuminatum* var. *coronata*, *G. intricatum* var. *intricatum*). *Cymbella cymbiformis* has become very rare in 1981 while others such as *C. cuspidata* var. *cuspidata* and *C. mexicana* have disappeared entirely. Researchers such as Palmer (1962), Williams & Mount (1965), Besch *et al.* (1972), Fujita & Hashizume (1975), and Bell (1977) have stated that the genus *Synedra* was heavy metal tolerant. The two common *Synedra* species in Buttle Lake (*S. acus* and *S. filiformis*) have remained stable in the Buttle Lake periphyton community and might exhibit a degree of heavy metal tolerance. Thus, several species of diatoms are no longer abundant, whilst two remain stable, and a third, *A. microcephala* has decreased in abundance.

Regarding changes in species composition and species abundance (Tables I, II and Fig. 2) the two sampling stations were very similar. However, species diversity, cell numbers, and species number illustrate essential differences (Fig. 3). According to Cairns *et al.* (1972), species diversity (Shannon Weaver function H') is a "reliable, generally useful indicator of assessing biological effects of pollution". Benthic algal communities in freshwater systems not severely polluted usually range well above 2, while a value well below 2 indicates pollution stress (Patrick, 1968; Brown, 1973; Ennis, 1975; Northcote *et al.*, 1975). In their study, Cooper & Wilhm (1975) found that in a stream receiving domestic and oil refinery effluents, the Shannon Weaver species diversity of the periphyton ranged from 0.3 at the station closest to the effluent source to 2.2 at the station farthest downstream. Studies by Williams & Mount (1965), Bell (1977), Sigmon *et al.* (1977) and Muller (1980) have found decreases in Shannon Weaver species diversity in periphytic communities subject to heavy metal pollution. In Buttle Lake, over the period of this investigation the average species diversity decreased from 2.01 (TS1) to 1.06 (TS4) at station 2 and from 2.32 (TS1) to 1.05 (TS4) at station 5.

Figures 2 and 3 clearly demonstrate the reasons for the drop in Shannon Weaver species diversity. Figure 3 illustrates a reduction in community complexity, that is, a reduction in species number. Similar declines in species number were found by Wil-

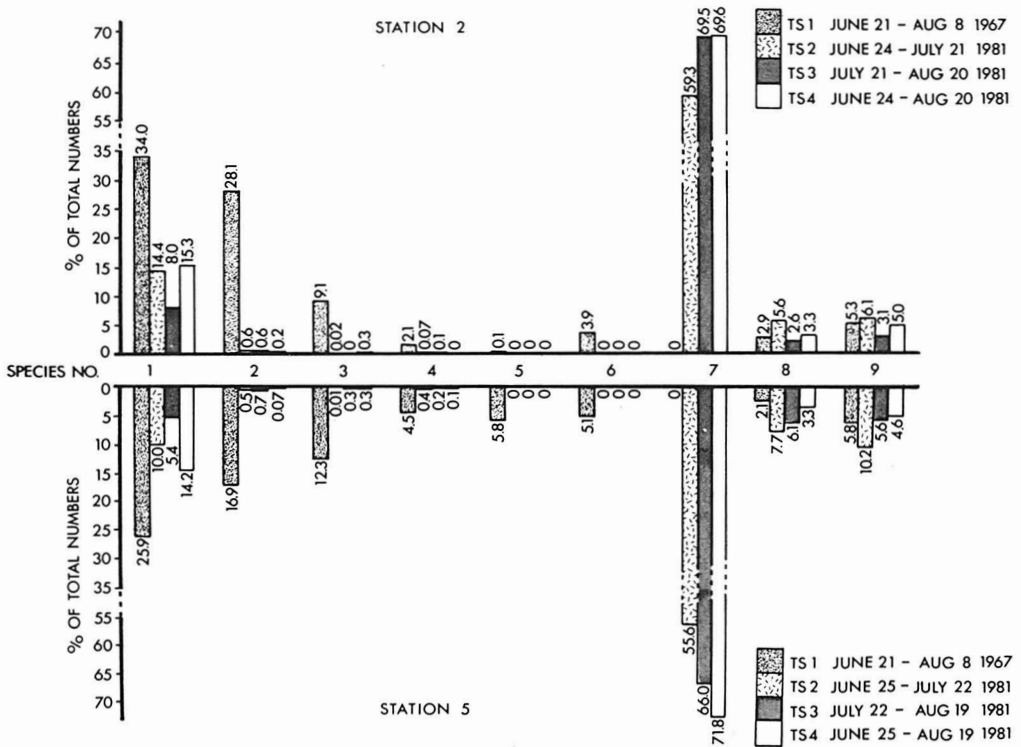


Figure 2. Histograms showing percentage of total numbers for the major periphyton species found in 1967 (TS 1) and 1981 (TS 2, TS 3, TS 4) in Buttle Lake (stations 2 and 5). Since only major species are shown in the histograms, their summed percentages will not constitute 100% of the periphyton found. 1. *Achnanthes microcephala*; 2. *Achnanthes minutissima*; 3. *Cyclotella stelligera*; 4. *Cymbella cymbiformis* var. *cymbiformis*; 5. *Gomphonema olivaceum*; 6. *Melosira distans* var. *alpigena*; 7. *Navicula cryptocephala*; 8. *Synedra acus*; 9. *Synedra filiformis*.

liams & Mount (1965), Besch *et al.* (1972), and Bell (1977) in studies of heavy metal pollution in aquatic systems. The reduction in species number is accompanied by a widening of the proportional differences in population density (Fig. 2). A number of species have decreased substantially in abundance, while only one tolerant species, *Navicula cryptocephala*, has increased in abundance to compensate for the loss of other species. This species now totally dominates the present periphyton community at both sampling sites, and thus, the range of numbers of individuals has widened. At station 5, the drop in species number is not as pronounced as it is at station 2 (Tables I, II and Fig. 3). The reason for this difference is that 10 species which have disappeared from station 2 are still present in very low numbers in 1981 at station 5. However, due to the total domination of *N. cryptocephala*, the greater species number has little effect on diversity.

The decrease in species diversity and species number is accompanied by a change in cell density (no./mm²). As shown in Figure 3, cell density drops by an average of 56% at station 2 (TS1, TS4). Station 5, however, has a 43% increase in cell density rather than a decrease when comparing time series 1 to time series 4. Obviously, there are different overall stress factors at work at the two stations.

Both sampling stations demonstrate similar changes in dominant associations, however the rarer forms illuminate a major difference in the effects of the pollution. As previously discussed, there are 10 species present in small numbers at station 5 in 1981 which have disappeared at station 2 in 1981. This suggests that species with a lower degree of tolerance survive at station 5 but appear to be at the limits of their abilities to tolerate the perturbations exhibited at station 5. At station 2, the disturbances pre-

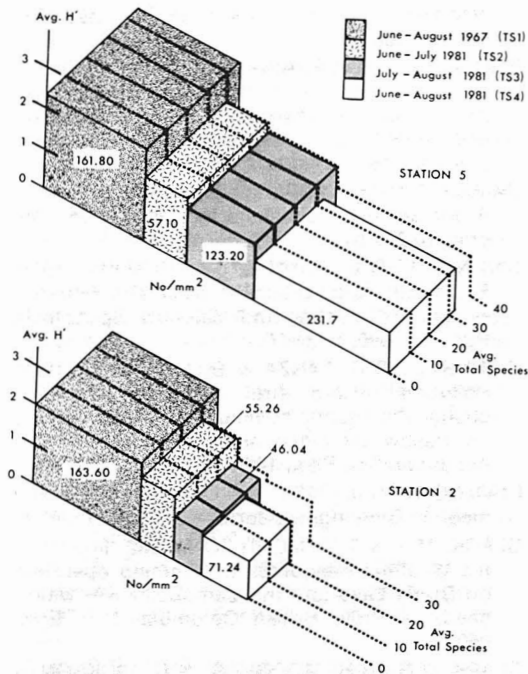


Figure 3. Graph showing changes in Shannon Weaver species diversity (H'), cell density (no./mm^2) and average species number from 1967 (TS 1) to 1981 (TS 2, TS 3, TS 4) in Buttle Lake (stations 2 and 5).

mately 25 kilometres north of station 2 (Fig. 1). These particles increase the turbidity of the water and reduce light transmission sharply. The entrapment of these particles in and on the benthic habitat may physically alter the surface and interstitial microhabitats. This could discourage the attachment of microorganisms, and through abrasion, reduce the number of colonies that initially attach. This would result in both a reduction in species number and cell density.

A third effect of the heavy metal pollution would be reduced grazing pressure through the potential effect of heavy metals on zooplankton. Available data showed a sharply reduced zooplankton species richness currently in Buttle Lake (Munteanu & Austin, 1981). Urech (1979), as part of an experimental heavy metal pollution study, found that low concentrations of five heavy metals (Hg, Cu, Zn, Cd, Pb) resulted in a 60% reduction in zooplankton density. According to Urech, the lowered zooplankton densities were probably caused directly by the adverse effects of the heavy metal concentrations. This would result in increased cell densities of periphytic organisms at both stations 2 and 5. However, the low cell numbers at station 2 seem to indicate that another limiting factor, or factors, probably reduced light and higher heavy metal concentrations are in effect.

sent have resulted in the disappearance of these members of the periphytic community.

Several possible causes for the observed alterations may be proposed. The first is that of heavy metals which have increased in concentration since the opening of the mine in the late 1960's on Myra Creek at the most upstream point of the Buttle-Upper Campbell Lake Chain. The levels of cadmium, copper and zinc are now rather high, particularly at South Buttle. The effect of these metals on the periphyton community has previously been discussed. The second effect of the heavy metal mining activity is the large amounts of suspended solids entering the lake system via the tailings pipe over and above normal background levels. It has been shown by extinction depth (Table III) and turbidity measurements (Gillie, 1982) that the particles do not wash through the system. Rather, they are "concentrated" in the southern portion of the lake. Obviously, since station 2 is located less than one kilometre away from the tailings pipe, it will be affected far more than station 5, located approxi-

It may be that no single one of the aforementioned perturbations accounts for the changes in the periphyton community. But, in the absence of other significant recorded influences, the most reasonable interpretations of the causes of alterations in the periphyton community over 14 years of heavy metal mining pollution is a combined effect of suspended and benthic fine particulates, chemical toxicity of heavy metal ions and reduced grazing pressure. Each of these influences has demonstrable effects on species number, diversity and population numbers. However, in the natural conditions prevalent in the Buttle Lake watershed, their individual effects cannot be isolated. Regardless of the evaluation of the costs and benefits of changes in the biota of Buttle Lake, the concentrations of heavy metals and the addition of particulates through the tailings pipe constitute a consistent and cumulative input perturbation, the effects of which upon the natural evolution of the aquatic community must be carefully considered.

Acknowledgments

Some of this work was made possible by virtue of a grant from the University of Victoria Faculty Research Committee and by virtue of collaborative cooperation with the Ministry of Environment, Provincial Government of British Columbia. Credit for the latter liaison must go to Dr. Malcolm Clark, Waste Management Branch. Appreciation is extended to Mr. John Deniseger whose able assistance contributed a great deal to this work. We wish to acknowledge the valuable assistance of Mr. B. Patten and Mr. W. White of the Vancouver Island Region of the Waste Management Branch. Dr. Sharon Brown and John Pringle assisted in much of the sampling in the 1960's.

Thanks are extended to Ms. Donna Wong for expert graphics, Mr. Tom Gore for photographic work and Ms. June Bouchard for her translation of the abstract. The ongoing cooperation and willing assistance of the Bouldings of the Strathcona Outdoor Education Centre is much appreciated.

References

- BARTLETT, L., F.W. RABE & W.H. FUNK, 1974. Effects of copper, zinc, and cadmium on *Selenastrum capricornutum*. — *Wat. Res.*, 8: 179-185.
- BEAK, T.W., T.C. GRIFFING & A.G. APPLEBY, 1973. Use of artificial substrate samplers to assess water pollution. — Pages 227-241 in J. Cairns Jr. & K.L. Dickson (eds.), *Biological methods for the assessment of water quality*, Am. Soc. for Testing and Materials, ASTM STP 528, 256 p.
- BELL, D.M., 1977. Effects of zinc mine ground-water effluent on a stream diatom community. — *Proc. Penn. Acad. Sci.*, 51: 51-53.
- BESCH, W.K., M. RICARD & R. CANTIN, 1972. Benthic diatoms as indicators of mining pollution in the northwest Miramichi River system, New Brunswick, Canada. — *Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 57: 39-74.
- BOURELLY, P., 1966. *Les algues d'eau douce*, tome I. — Éditions N. Boubee & Cie, Paris, 511 p.
- BOURELLY, P., 1968. *Les algues d'eau douce*, tome II. — Éditions N. Boubée et Cie, Paris, 438 p.
- BOURELLY, P., 1970. *Les algues d'eau douce*, tome III. — Éditions N. Boubée et Cie, Paris, 512 p.
- BOYER, C., 1927. *Synopsis of North American Diatomaceae*, part I, II. — *Acad. Nat. Sci. Phil.*, 583 p.
- BRIAND, F., R. TRUCCO & S. RAMAMOORTHY, 1978. Correlations between specific algae and heavy metal binding in lakes. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 35: 1482-1485.
- BROWN, S.D., 1973. Species diversity of periphyton communities in the littoral of a temperate lake. — *Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 58: 787-800.
- BROWN, S.D. & A.P. AUSTIN, 1971. A method of collecting periphyton in lentic habitats with procedures for subsequent sample preparation and quantitative assessment. — *Int. Rev. ges. Hydrobiol. Hydrogr.*, 56: 557-580.
- CAIRNS, J. (ed.), 1982. *Artificial substrates*. — Ann Arbor Science Publishers Inc., Ann Arbor, Michigan, 279 p.
- CAIRNS, J., D.L. KUHN & J.L. PLAFKIN, 1979. Protozoan colonization of artificial substrates. — *Am. Soc. Testing and Materials, Spec. tech. Publ. no. 690*, p. 34-56.
- CAIRNS, J., G.R. LANZA & B.C. PARKER, 1972. Pollution related structural and functional changes in aquatic communities with emphasis on freshwater algae and protozoa. — *Proc. Acad. nat. Sci. Phil.*, 124: 79-127.
- CHOLNOKY, B.J., 1968. Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. — *J. Cramer*, 699 p.
- CLARK, M.J. & T.O. MORRISON, 1982. Impact of the Westmin Resources Ltd. mining operation on Buttle Lake and the Campbell River watershed. — *Prov. British Columbia, Min. Env.*, 960 p.
- CLARK, J.R., J.H. RODGERS, K.L. DICKSON & J. CAIRNS, 1980. Using artificial streams to evaluate perturbation effects of aufwuchs structure and function. — *Water Res. Bull.*, 16: 100-104.
- CLEVE-EULER, A., 1968. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. — *Biblio. Phyc. Bd. 5*. J. Cramer, 961 p.
- CONWAY, H.L., 1978. Sorbtion of arsenic and cadmium and their effects on growth, micronutrient utilization and photosynthetic pigment composition of *Asterionella formosa*. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 35: 286-294.
- COOPER, J.M. & J.L. WILHM, 1975. Spatial and temporal variation in productivity, species diversity, and pigment diversity of periphyton in a stream receiving domestic and oil refinery effluents. — *Southwest Nat.*, 19: 413-428.
- DEMAYO, A. & M.C. TAYLOR, 1981. *Guidelines for surface water quality. Vol. 1. Inorganic chemical substances. Copper*. — *Env. Can.*, Ottawa, Ontario, 55 p.
- DOLMAGE, V., 1951. Ecology of three dam sites in the vicinity of Buttle and Upper Campbell lakes. — Report presented to a public hearing of the Water Rights Branch, Dept. Lands Forests, Courtenay, British Columbia, July 3, 22 p.
- ENNIS, G.L., 1975. Distribution and abundance of benthic algae along phosphate gradients in Kootenay Lake, British Columbia. — *Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 19: 562-570.
- EVANS, D. & J.G. STOCKNER, 1972. Attached algae on artificial and natural substrates in Lake Winnipeg, Manitoba. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 29: 31-44.

- FEZY, J.S., D.F. SPENCER & R.W. GREENE, 1979. The effect of nickel on the growth of the freshwater diatom *Navicula pelliculosa*. — *Env. Pollut.*, 20: 131-137.
- FORSTNER, V. & F. PROSI, 1979. Heavy metal pollution in freshwater ecosystem. — Pages 129-161 in O. Ravera (ed.). *Biological aspects of freshwater pollution*. Pergamon Press, London, 214 p.
- FUJITA, M. & K. HASHIZUME, 1975. Status of uptake of mercury by the freshwater diatom, *Synedra ulna*. — *Wat. Res.*, 9: 889-894.
- FURUTA, Y., K. TANAKA & T. ITO, 1977. Periphyton biomass of attached algae and biological estimation of water pollution level using attached diatoms in the Chikuma River and its tributary, Nagano Prefecture. — *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 27: 63-73.
- GACHTER, R., 1979. Melimex, an experimental heavy metal pollution study: goals, experimental design and major findings. — *Schweiz. Z. Hydrol.*, 41: 169-176.
- GACHTER, R. & A. MARES, 1979. Effects of increased heavy metal loads on phytoplankton communities. — *Schweiz. Z. Hydrol.*, 41: 228-246.
- GILLIE, R.D., 1982. Turbidity and bottom sediment surveys of Buttle and Upper Campbell lakes. — *Waste Mgmt Br., Min. Env., Prov. British Columbia*, 74 p.
- HANCOCK, F.D., 1973. The ecology of the diatoms of the Klip River, Southern Transvaal. — *Hydrobiologia*, 42: 243-284.
- HARDING, J.P.C. & B.A. WHITTON, 1976. Resistance of *Stigeoclonium tenue* to zinc in the field and in the laboratory. — *Br. Phycol. J.*, 11: 417-426.
- HART, B.A. & B.D. SCAIFE, 1977. Toxicity and bioaccumulation of cadmium in *Chlorella pyrenoidosa*. — *Env. Res.*, 14: 401-413.
- HENEBRY, M.S. & J. CAIRNS, 1980. The effect of source pool maturity on the process of island colonization: an experimental approach with protozoan communities. — *Oikos*, 35: 107-114.
- HUSTEDT, F., 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). Heft 10. — In A. Pascher (ed.). *Die Süßwasserflora Mitteleuropas*. Gustav Fisher, Jena, 466 p.
- HUTCHINSON, G.E., 1967. A treatise on limnology, Vol. II: Introduction to lake biology and the limnoplankton. — John Wiley, New York, 1014 p.
- HUTCHINSON, T.C., 1973. Comparative studies of the toxicity of heavy metals to phytoplankton and their synergistic interactions. — Pages 68-75 in *Wat. Poll. Res. Can. Proc. 8th Can. Symp.*, 238 p.
- KUHN, K.L., J.L. PLAFKIN, J. CAIRNS & R.L. LOWE, 1981. Qualitative characterization of aquatic environments using diatom life form strategies. — *Trans. Am. micros. Soc.*, 100: 165-182.
- MULLER, P., 1980. Effects of artificial acidification on the growth of periphyton. — *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, 37: 355-363.
- MUNTEANU, N., 1979. Various environmental factors governing community structure of periphyton colonizing submerged glass slides. — M.Sc. thesis, Concordia Univ., Montréal, Québec, 81 p.
- MUNTEANU, N. & A. AUSTIN, 1981. Preliminary observations on long term events in the plankton of Buttle Lake, a large oligotrophic lake subject to 14 years of mine tailing effluent. — Rep. submitted to Prov. British Columbia, Min. Env., 61 p.
- NORTHCOTE, T.G. & P.A. LARKIN, 1958. Factors in lake typology in British Columbia, Canada. — *Verh. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 13: 252-262.
- NORTHCOTE, T.G., G.L. ENNIS & M.H. ANDERSON, 1975. Periphytic and planktonic algae of the lower Fraser River in relation to water quality conditions. — *Wastewater Research Centre, Univ. British Columbia, Tech. Rept. no. 8*, 61 p.
- PALMER, C.M., 1962. *Algae in water supplies*. — U.S. Dept. Health, Educ. Welfare, Cincinnati, Ohio, 88 p.
- PALMER, C.M., 1969. A composite rating of algae tolerating organic pollution. — *J. Phycol.*, 5: 78-82.
- PATRICK, R., 1968. The structure of diatom communities in similar ecological conditions. — *Am. Nat.*, 102: 173-183.
- PATRICK, R. & C.W. REIMER, 1966. The diatoms of the United States, I. — *Acad. Nat. Sci., Monogr. Series*, no. 13, 688 p.
- PATRICK, R. & C.W. REIMER, 1975. The diatoms of the United States, II (1). — *Acad. nat. Sci., Monogr. Series*, no. 13, 213 p.
- PATRICK, R., J. CAIRNS Jr. & S.S. ROBACK, 1967. An ecosystematic study of the fauna and flora of the Savannah River. — *Proc. Acad. nat. Sci. Phil.*, 118: 109-407.
- PRESCOTT, G.W., 1962. *Algae of the western Great Lakes area*. — Wm. C. Brown Co., Dubuque, Iowa, 977 p.
- REEDER, S.W., A. DEMAYO & M.C. TAYLOR, 1979. Guidelines for surface water quality. Vol. 1. Inorganic chemical substances. Cadmium. — *Env. Can.*, Ottawa, 19 p.
- SCHMIDT, D.J. & C.L. CHRISTENSEN, 1975. Diatoms as water quality indicators: Part I. — *Phycologia*, 30: 369-374.
- SCHOEMAN, F.R., 1976. Diatom indicator groups in the assessment of water quality in the Juskii-Crocodile River system (Transvaal, Republic of South Africa). — *J. limnol. Soc. Southern Africa*, 2: 21-24.
- SEYFER, J.R. & J. WILHM, 1977. Variation with stream order in species composition, diversity, biomass, and chlorophyll of periphyton in Otter Creek. — *Southwest Nat.*, 22: 455-467.

- SIGMON, C.F., H.J. KANIA & R.J. BEYERS, 1977. Reductions in biomass and diversity resulting from exposure to mercury in artificial streams. — J. Fish. Res. Bd Can., 34: 493-500.
- SINCLAIR, D.C., 1965. The effects of water level changes on the limnology of two British Columbia coastal lakes, with particular reference to the bottom fauna. — Ph.D. thesis, Univ. British Columbia, 84 p.
- SLADECKOVA, A., 1962. Limnological investigation methods for the periphyton (Aufwuchs) community. — Bot. Rev., 28: 286-350.
- SMITH, G.M., 1959. Freshwater algae of the United States. — McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 719 p.
- STOCKNER, J.G. & F.A.J. ARMSTRONG, 1971. Periphyton of the experimental Great Lakes area, northwestern Ontario. — J. Fish. Res. Bd Can., 28: 215-229.
- STOKES, P.M., T.C. HUTCHINSON & K. KRAUTER, 1973. Heavy metal tolerance in algae isolated from contaminated lakes near Sudbury, Ontario. — Can. J. Bot., 51: 2155-2168.
- TAYLOR, M.C. & A. DEMAYO, 1980. Guidelines for surface water quality guidelines. Vol. 1. Inorganic chemical substances. Zinc. — Env. Can., Ottawa, 52 p.
- TOMPKINS, G. & D.W. BLINN, 1976. The effect of mercury on the growth rate of *Fragilaria crotonensis* Kitton and *Asterionella formosa* Hass. — Hydrobiologia, 49: 111-116.
- URECH, J., 1979. Melimex, an experimental heavy metal pollution study: effects of increased heavy metal load on crustacea plankton. — Schweiz. Z. Hydrol., 41: 247-260.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1972. Water quality criteria. — Washington, D.C., 594 p.
- WEATHERLEY, A.H., P.S. LAKE & S.C. ROGERS, 1980. Zinc pollution and the ecology of the freshwater environment. — Pages 337-418 in J.O. Nriagu (ed.). Zinc in the environment, Part I: Ecological cycling. Wiley-Interscience, 453 p.
- WELCH, E.B., 1980. Ecological effects of waste water. — Cambridge University Press, New York, 337 p.
- WILLIAMS, L.G., 1972. Plankton diatom species biomasses and the quality of American rivers and the Great Lakes. — Ecology, 53: 1038-1050.
- WILLIAMS, L. & D. MOUNT, 1965. Influence of zinc on periphyton communities. — Am. J. Bot., 52: 26-34.
- YAN, N.D., 1979. Phytoplankton community of an acidified, heavy metal-contaminated lake near Sudbury, Ontario: 1973-1977. — Water Air Soil Pollution, 11: 43-55.

LARGE ATLANTIC SALMON PARR (*SALMO SALAR*) OF A BOREAL RIVER IN QUÉBEC

R.J. GIBSON

Fisheries Research Branch, Department of Fisheries
and Oceans, P.O. Box 5667, St. John's, Newfoundland A1C 5X1

Résumé

On trouve, dans la rivière Matamec (côte nord du golfe du Saint-Laurent, Québec) de gros tacons, dont la taille dépasse la taille normale des tacons lorsqu'ils deviennent saumoneaux. On a prélevé, à l'automne de 1975, 23 individus dont la longueur à la fourche variait de 16,5 à 22,5 cm. L'un était une femelle immature tandis que les autres étaient des mâles précoces. Les plus jeunes (2+), à croissance plus rapide, se trouvaient en amont à la décharge d'un lac, où la nourriture est plus abondante, tandis que les plus âgés (5+ et 6+), à croissance plus lente, furent capturés plus en aval. Il semble que ces gros mâles « nains » soient caractéristiques des rivières nordiques. On discute de la capacité d'adaptation de cette forme au cours du cycle vital.

Abstract

Large Atlantic salmon parr (*Salmo salar* L.) occur in the Matamec River, north shore of the Gulf of St. Lawrence (Québec), larger than the size at which parr would normally become smolt. A sample of 23 parr was taken in the autumn of 1975, ranging in fork length between 16.5 cm and 22.5 cm. One was an immature female and the remainder were precocious males. The youngest (2+) and fastest growing were in richer feeding areas upstream, below a lake, and the oldest (5+ and 6+), and slower growing, were collected farther downstream. These large "dwarf males" appear to be a feature of salmon in northern rivers. The adaptive value of this form in the life cycle is discussed.

Introduction

In the Matamec River (Québec), anadromous salmon (*Salmo salar*) occur in the lower section, from the sea to below an impassable falls 5.9 km upstream (Schiefer, 1969). A number of studies (e.g. Power *et al.*, 1973) have shown that the resident or landlocked variety is not present. Migration to sea of the juveniles, at the smolt stage, occurs in the spring or early summer at water temperatures above 9°C. In the Matamec River, this has been at mean fork lengths between 14.2 cm and 15.3 cm in the years sampled (Gibson & Côté, 1982), with the majority emigrating at 3 year old (Schiefer, 1969). Elson (1957) notes that, as a general rule, parr, the preceding freshwater juvenile stage, develop into smolt if they have reached or exceeded 10 cm in total length towards the end of the growing season. However, this does not always apply to mature male

parr, as the process of maturation retards growth rate (Saunders *et al.*, 1982). Some of these precocious males therefore may not reach smolt size the following spring, so that they remain an extra year in freshwater.

Precocious male parr are known to spawn with the anadromous adults, and to successfully fertilize eggs (Jones, 1959). These males therefore are a significant part of the life history of the Atlantic salmon. In the Matamec River a component of these precocious males apparently stays in the river longer than expected, so become much larger than individuals of the size that would normally migrate to sea. Large parr have been caught up to 23.3 cm in fork length and six years old (Gibson, 1973). With a view to contributing further evidence towards elucidating the role of precocious males, some characteristics of a sample of these large parr are described here.

Materials and methods

The Matamec River is on the north shore of the Gulf of St. Lawrence at approximately 50°18'N; 65°57'W. It drains a basin of 684 km² containing a number of lakes. The lower river, 9.6 km long, drains a lake of 1620 ha. The mean annual discharge is 21.8 m³·s⁻¹ (Frenette & Julien, 1981). There are five waterfalls on this lower section and the fourth, 5.9 km from the sea, is in most years a barrier to further upstream migration of salmon. The first, second, and third falls are located respectively, 0.7 km, 2.4 km, and 4.4 km from the sea. During late August and early September of 1975, 23 parr, longer than 16 cm in fork length, were collected by angling with small flies below the fourth, third, and second falls. The fork length and weight were measured from the fresh specimens, a scale sample taken, and sex and stage of maturity noted. Ages were read by using a scale projector, and lengths at earlier ages were back-calculated from the formula (Lee, 1920) :

$$L_n = C + \frac{S_n(L-C)}{S}$$

where L_n is the fish length at year n ; $C = 2.9$ (the intercept from plotting scale length against body length); S_n , the scale length at year n ; S , the scale length at sampling time, and L , the fish length at sampling time. Condition factor (K) was calculated from: weight (g) \times fork length (cm)⁻³ \times 100.

Results and discussion

In the sample of 23 parr, one fish was a 2+ year old immature female (fork length 16.5 cm, weight 45.4 g, $K = 1.01$) caught below the fourth falls. The other 22 were precociously mature males. Their mean sizes and ages are shown in Table I. The condition factors were high, which would be expected of precocious male parr (Leyzerovich, 1973).

Back calculations of length at age from 20 of the parr were made (Table II). There appears to be an increase in size for each year-class between the second and fourth falls and an increase in size of a year-class from the previous year. The mean fork lengths of the various age-groups sampled in 1975 shows this trend of parr upriver being larger than corresponding age classes downriver and an increase in the size of parr since they were originally sampled (Table III). These effects are related to decreased densities (Gibson, 1978a) and to better feeding conditions upriver compared to downriver (Gibson & Galbraith, 1975). There do not appear to be obvious differences in growth between the large parr and that of the more common younger year-class, although data are insufficient on which to base conclusions.

The few smolt of 4+ which have been collected were predominantly males (Schiefer, 1969) and possibly these had delayed smolting for a year due to decreased growth rate or insufficient energy because of the

TABLE I

The mean sizes of a sample ($n = 22$) of large salmon parr taken in 1975
(Standard deviation in brackets)

Age	Fourth falls				Third falls				Second falls			
	Fork length (cm)	Weight (g)	K	n	Fork length (cm)	Weight (g)	K	n	Fork length (cm)	Weight (g)	K	n
2+	16.7 (0.21)	57.2 (1.42)	1.23 (0.02)	3								
3+	19.1 (0.10)	91.25 (4.05)	1.31 (0.08)	2	17.1 (0.70)	59.47 (9.85)	1.19 (0.08)	6				
4+	20.0 (0.57)	105.33 (7.70)	1.31 (0.04)	4	19.9 (1.0)	96.4 (13.01)	1.21 (0.06)	3				
5+					20.2 (1.2)	106.23 (24.31)	1.26 (0.11)	3				
6+									22.5	127.0	1.11	1

* All were mature males.

n = number in the sample

large amount of energy put into development of the gonads. However, under experimental conditions, low lipid levels in mature parr did not have an adverse effect on smolting (Saunders *et al.*, 1982). Four-year-old smolt were uncommon in recent years and older smolt have not been sampled, so it is not known if these large male parr ever leave the river. Adequate smolt trapping facilities are lacking, and such smolts may not have been sampled as they were relatively few.

Their relative numbers are not known accurately, but a total of 41 large parr was caught during 1975 at four sampling sites. The ratio to smaller parr caught at the same time, by several methods, was 1:9.4 at the fourth falls (14:132); 1:12.4 below the third falls (11:136); 1:29.1 in a wide basin between the third and second falls (14:407); and, 1:45.5 below the second falls (2:91). By underwater observations and by angling, it appeared they were more common in deep pools near falls.

The Matamec River has several deep slow sections (Frenette & Julien, 1981). It could be argued that since migration downriver may be passive (Fried *et al.*, 1978; Thorpe *et al.*, 1981) there is a reduced stimulus for smolt to emigrate through these sections and that these large parr are residual smolt, such as are known to occur in some large northern rivers (Power, 1969) and in artificial impoundments (Saunders, 1960). However, except for one fast growing immature female parr, these large parr were mature males. This also precludes possible low densities inhibiting initiation of migra-

tion. Since these large parr are predominantly males, there is apparently some factor relating to precocious development that inhibits their normal migration. Evropeytseva (1960) postulated that male parr which had reached a body size as great as that of smolts but which did not smoltify were probably in the process of precocious sexual development. Similarly, Leyzerovich (1973) found that under hatchery conditions the overwhelming majority of dwarf males which had matured in the second year of life, matured again in the third year and did not enter the smolt stage. This possible antagonism between the initiation of maturation in the spring and the smoltification process may have inhibited migration.

In the Matamec River the proportion of precocious male parr has increased as the growth rate has increased (Gibson, 1978a), at the same time that densities have decreased, and the proportion of precocious male parr is greater upstream in the richer areas than downstream. Maturation is known to retard growth (Saunders *et al.*, 1982). Some of the parr in Table II may have matured the previous year and consequent poor growth may have prevented them from reaching the size threshold necessary to smoltify in the year they were sampled. However, the 4+, 5+, and 6+ parr were large enough to emigrate as smolt at least a year previously. The back calculated lengths in Table II are for the end of previous growing seasons, whereas actual measurements for the sampled parr were for August and September. However, the main growth period for parr in the Matamec River is in June and

TABLE II

The mean fork length (cm) of large parr when they were sampled in 1975, and at younger ages derived from back calculations

Year	Age 1 +			Age 2 +			Age 3 +			Age 4 +			Age 5 +		Age 6 +
	4 th Falls	3 rd Falls	2 nd Falls	4 th Falls	3 rd Falls	2 nd Falls	4 th Falls	3 rd Falls	2 nd Falls	4 th Falls	3 rd Falls	2 nd Falls	3 rd Falls	2 nd Falls	2 nd Falls
1975				16.9 (n = 1)			19.1 (n = 2)	17.1 (n = 6)		20.0 (n = 4)	19.9 (n = 3)		20.2 (n = 3)		22.5 (n = 1)
1974	10.2			13.3	11.7		15.3	15.0			16.8		19.5		
1973	9.2	8.0		11.7	11.2			13.7				16.6			
1972	7.7	7.5			10.4				13.4						
1971		7.4				10.6									
1970			7.3												

* The calculated size at younger age can be followed diagonally down to the left under each appropriate column for the location.

July, with little growth after this time (Schiefer, 1969; Gibson, 1973).

The proportion of males in the smolt run has decreased (Gibson, 1978a). This latter is probably due to both greater mortality of the precocious males (Mitans, 1973) and to some of the males remaining in the river. Not all precocious males fail to become smolts however (Saunders & Henderson, 1965; Osterdahl, 1969). Further, Schiefer (1971) has found an interesting positive correlation in north shore rivers between the proportion of male parr having precocious sexual development and the proportion of adult salmon returning as grilse, which were predominantly males.

The conflicting data correlating smolt age with sea age, discussed by Gardner (1976) and Chadwick *et al.* (1978), may partially be explained in some rivers by changes in juvenile densities and their effects on the proportions of precocious males. Faster growing parr found at low densities tend to emigrate as younger smolts. In rivers with salmon having a similar response as those in the Matamec, faster growing parr give rise to higher proportions of precocious males, and because many of these do not emigrate, due to higher overwinter mortalities or to remaining in the river, the sex ratio of the smolts changes in favour of females, which in rivers like the Matamec have higher proportions remaining at sea a year longer than the males. In the Matamec River, between 1967 and 1976 parr densities decreased, mean smolt age changed from 3.1 to 2.8, and the sex ratio of male: female smolt changed from 1:1.3 to 1:2.7 (Gibson, 1978a). Such changes would give rise to greater numbers of grilse (predominantly males in many rivers) which spend only one winter at sea, and therefore lower average sea age when river age was high, but at low parr densities mean smolt age would be lower and mean sea age greater. These effects on the adult salmon may be masked in the river escapement by selective commercial exploitation of the larger salmon (Chadwick *et al.*, 1978; Gibson & Côté, 1982).

Unusually large male parr of the size found in this study have not been reported to be present in more southerly rivers, but local intelligence suggests that they are common in other North Shore rivers. During a visit to the Corneille River in 1977, some large male parr were caught immediately downstream from a lake (Gibson, 1978b). This river is similar in size and morphology to the Matamec (Schiefer, 1971). Large parr and smolt

normally occur in some northern rivers (Power, 1969; Chadwick, 1981) but they include both sexes. Large male parr have been reported from rivers in northern Russia (Berg, 1935; Mel'nikova, 1970), and the present findings suggest that they are also a feature of some northern Canadian rivers.

The large male parr in this study may represent a link between anadromous and resident forms, both of which may have occurred at one time in some North Shore rivers, and a situation which still exists in some northern rivers (Power, 1969; Scott & Crossman, 1973). This life history strategy, of some males remaining resident, can be compared to that of a stock of salmon in the Black Sea in which females are represented mainly by anadromous fish, while the overwhelming majority of the males mature and take part in spawning in the river, without migrating to sea (Barach, 1962). A parallel situation occurs in some other salmonids which have both anadromous and resident forms, in which the largest proportion of the migrators are female, whereas most of the males remain in fresh water, e.g. *Salvelinus fontinalis* (Wilder, 1952); *Salvelinus alpinus* (McCart, 1980); *Salmo trutta* (Skrochowska, 1969) *Oncorhynchus masou* (Tanaka, 1965). Atlantic salmon appear to be fairly plastic in their response to anadromy, and can be completely resident, either resident or anadromous in which some of the same stock remains in the river (Power, 1969), partially resident with some males never leaving the river, or completely anadromous with some male parr maturing precociously but later migrating to sea. Each strategy may have a genetic background, with the appropriate response to the environment. For example, the response to precocious development has a genetic background (Saunders & Sreedharan, 1978) but is influenced by the environment (Leyzerovich, 1973). Saunders & Schom (in prep.) have suggested that the plasticity in the life history is a safeguard against loss of small stocks through successive reproductive failures. They developed a model to show that precocious males increase the effective population size.

The plasticity of life cycles may have more survival value in northern rivers, or represent a wider gene pool that might occur in relatively recently colonized rivers or is more valuable at the frontiers of colonization. Power (1969) suggests that in Ungava rivers (northern Québec) all patterns of life cycle exist.

TABLE III

The mean fork length (cm) of salmon parr from below the second, third, and fourth falls in 1975 and in previous years from which there are samples (Standard error in brackets)*

Year	Age 1+			Age 2+			Age 3+		
	4 th	3 rd Falls	2 nd	4 th	3 rd Falls	2 nd	4 th	3 rd Falls	2 nd
1975	10.6 (0.17)	8.8 (0.23)	8.8 (0.45)	15.0 (0.17)	13.4 (0.15)	12.7 (0.17)	17.8 (1.27)	17.0 (0.43)	14.9 (0.41)
1974			7.6 (0.13)			11.8 (0.22)			
1973			7.6 (0.18)	12.7 (0.27)		11.5 (0.21)			
1972									
1971		8.4 (0.49)	8.0 (0.10)		12.0 (0.15)	11.6 (0.16)			15.8 (0.27)
1970	8.3 (0.79)			12.1 (0.26)					
1969	8.9 (0.27)			12.8 (—)					
1968	9.2 (0.35)			13.0 (0.88)					
1967	8.6 (0.27)	7.4 (0.15)	7.2 (0.34)	11.9 (0.21)	11.1 (0.28)	10.5 (0.16)	14.4 (1.43)		12.6 (1.40)

* Data from 1967-1970 are taken from Schiefer (1971).

McCart (1980) discusses the advantages of anadromy with *Salvelinus alpinus*, the arctic charr, and the tendency, in the fish he studied, for a proportion of the male arctic charr to remain, mature, and die entirely in fresh water, while almost all females undertook a seaward migration. He points out that small size was not necessarily detrimental to males, and that while they were unlikely to secure a position as a dominant male in spawning acts in competition with larger anadromous males, they could still fertilize at least a portion of the eggs of anadromous females by acting as satellite males. He points out that the major advantage of anadromy accrues to populations through the increased reproductive capacity of females. The parallel situation appears to occur with Atlantic salmon, and resident large male parr may be a common strategy in northern salmon rivers with suitable habitat. Their occurrence may change with conditions, as has been shown, in the Matamec River (Gibson, 1978a). An advantage of remaining in fresh water is that individual survival is higher, so that if species survival is assured, it is desirable to remain resident, although in this case precocious or dwarf males are dependent on the life history of the anadromous form. Another hypothesis

is that density dependent factors may have at one time operated at sea through food resources or predator pressure. When severe, spawning escapement would be low, density of juveniles in the river would decrease, compensatory growth and earlier emigration would occur, but many of the males would remain in the river as mature dwarf males, so that fewer individuals, but consisting of the more important female component, would use the limited resource at sea. Further quantitative data would be useful to test these hypotheses.

Acknowledgments

I am grateful for helpful discussions with R. L. Saunders, M. O'Connell, and L. H. Bain and to B. D. Glebe for useful suggestions in improving the manuscript. Field work was supported by the Woods Hole Oceanographic Institution, with assistance given by P. C. Kerkhoven. The manuscript was typed by B. Fifield, K. Harding and J. Lannon.

References

- BARACH, G.P., 1962. Chernomorskaya kumzha (losos'-forel'). (The Black Sea "kumzha" (salmon-trout). — Tbilisi, Acad. Sci. Georgian SSR Press (Quoted in Leyzerovich, K.A., 1973. J. Ichthyol., 13: 382-391).

- BERG, L.S., 1935. Materials on the biology of the Atlantic salmon. — *Izv. Vses. n.-i, in ta ozern. rechn. rybn. kh. va*, 20, 113 p.
- CHADWICK, E.M.P., 1981. Biological characteristics of Atlantic salmon smolts in Western Arm Brook, Newfoundland. — *Can. tech. Rep. Fish. aquat. Sci.*, no. 1024, 45 p.
- 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.
- ELSON, P.F., 1957. The importance of size in the change from parr to smolt in Atlantic salmon. — *Can. Fish. Cult.*, 21: 1-6.
- EVROPEYTSOVA, N.V., 1960. Sootnoshenie protsessov rannego razviitiia gonad i perekhod V pokatnoe sostoianie u samstov Baltiiskogo lososia (*Salmo salar* L.) v prudovykh usloviakh. [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(5): 777-779 (FRB Translation series no. 430).
- FRENETTE, M. & P. JULIEN, 1981. Recueil de données sur les caractéristiques hydro-physiques de la rivière Matamec, Québec, Canada. — Rapport GCS-81-03, Université Laval, Québec, 286 p.
- FRIED, S.M., J.D. McCLEAVE, & G.W. LE BAR, 1978. Seaward migration of hatchery reared Atlantic salmon, *Salmo salar*, smolts in the Penobscot River estuary, Maine: riverine movements. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 35: 76-87.
- GARDNER, M.L.G., 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.
- GIBSON, R.J., 1973. The interrelationships of brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), and juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. — Ph.D. thesis, Univ. Waterloo, Ontario, 163 p.
- GIBSON, R.J., 1978a. Recent changes in the population of juvenile Atlantic salmon in the Matamec River, Québec, Canada. — *J. Cons. int. Exp. Mer*, 38: 201-207.
- GIBSON, R.J., 1978b. Matamec annual report for 1977. — Woods Hole Oceanographic Institution, WHOI-78-92, 154 p.
- GIBSON, R.J. & Y. CÔTÉ, 1982. Production de saumonnes 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 relationships between invertebrate drift and salmonid populations in the Matamec River, Québec, below a lake. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 104: 529-535.
- JONES, J.W., 1959. The salmon. — Collins. London, 192 p.
- LEE, R., 1920. A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. — *Fish. Inv.*, 4: 1-32.
- LEYZEROVICH, K.A., 1973. Dwarf males in hatchery propagation of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). — *J. Ichthyol.*, 13: 382-391.
- McCART, P.J., 1980. A review of the systematics and ecology of arctic charr, *Salvelinus alpinus*, in the western Arctic. — *Can. tech. Rep. Fish. aquat. Sci.*, no. 935, 89 p.
- MEL'NIKOVA, M.N., 1970. Some factors of young Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in several rivers in the White Sea basin. — *J. Ichthyol.*, 10: 311-319.
- MITANS, A.R., 1973. Dwarf males and the sex structure of a Baltic salmon (*Salmo salar* L.) population. — *J. Ichthyol.*, 13: 192-197.
- OSTERDAHL, L., 1969. The smolt run in a small Swedish river. — Pages 205-215 in T.G. Northcote (ed.). Symposium on salmon and trout in streams. H.R. MacMillan Lectures in Fisheries. Univ. British Columbia, Vancouver, 388 p.
- POWER, G., 1969. The salmon of Ungava Bay. — *Arct. Inst. N. Am.*, Tech. Paper, no. 22, 72 p.
- POWER, G., G.F. POPE & B.W. COAD, 1973. Postglacial colonization of the Matamec River by fishes. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 30: 1586-1589.
- SAUNDERS, J.W., 1960. The effect of impoundment on the population and movement of Atlantic salmon in Ellerslie Brook, Prince Edward Island. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 17: 453-473.
- SAUNDERS, R.L. & E.B. HENDERSON, 1965. Precocious sexual development in male post-smolt Atlantic salmon reared in the laboratory. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 22: 1567-1570.
- SAUNDERS, R.L. & A. SREEDHARAN, 1978. The incidence and genetic implications of sexual maturity in male Atlantic salmon parr. — *ICES C.M.* 1977/M: 21, 8.
- SAUNDERS, R.L., E.B. HENDERSON & B.D. GLEBE, 1982. Precocious sexual maturation and smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo salar*). — *Aquaculture*, 28: 211-229.
- SCHIEFER, K., 1969. Ecology of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. in the Matamec River system. — M.Sc. thesis, Univ. Waterloo, Ontario, 63 p.
- SCHIEFER, K., 1971. Ecology of Atlantic salmon, with special reference to occurrence and abundance of grise in North Shore, Gulf of St. Lawrence River. — Ph.D. thesis, Univ. Waterloo, Ontario, 129 p.
- SCOTT, W.B. & E.B. CROSSMAN, 1973. Freshwater fishes of Canada. — *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, no. 184, 966 p.
- SKROCHOWSKA, S., 1969. Migration of the sea trout (*Salmo trutta* L.) brown trout (*Salmo trutta* M. fario L.) and their crosses. — *Polskie Archw. Hydrobiol.*, 16 (29) 2: 125-192.

- TANAKA, S., 1965. A review of the biological information on masu salmon (*Oncorhynchus masou*). Salmon of the North Pacific Ocean, masu salmon. — Int. N. Pac. Fish Comm. Bull., 16: 75-135.
- THORPE, J.E., L. G. ROSS, G. STRUTHERS & W. WATTS, 1981. Tracking Atlantic salmon smolts, *Salmo salar* L. through Loch Viol, Scotland. — J. Fish Biol., 19: 519-537.
- WILDER, D.G., 1952. A comparative study of anadromous and freshwater populations of brook trout [*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)]. — J. Fish. Res. Bd Can., 9: 169-203.

WATER VELOCITY AS A FACTOR IN THE CHANGE FROM AGGRESSIVE TO SCHOOLING BEHAVIOUR AND SUBSEQUENT MIGRATION OF ATLANTIC SALMON SMOLT (*SALMO SALAR*)

R.J. GIBSON

*Fisheries Research Branch, Department of Fisheries and Oceans
St. John's, Newfoundland A1C 5X1*

Résumé

On a comparé l'agressivité des saumoneaux, au cours de leur période normale de migration, à celui des tacons dans des fosses de cours d'eau. Les saumoneaux ont démontré le même comportement que les tacons. On n'a observé aucun comportement migratoire, et les saumoneaux sont restés aussi agressifs que les tacons. Il semble que la migration des saumoneaux vers l'aval ne soit pas causée par une diminution de l'agressivité, mais plutôt par le changement de flottabilité, et par leur plus grande difficulté à se maintenir sur place en eau rapide.

Abstract

The agonistic behaviour of smolts was compared with that of parr in stream tanks over the normal migration time of the smolts. Smolts had similar agonistic behaviour to that of the parr. There was no migratory behaviour observed, and smolts remained as aggressive as the parr. Diminished aggression appears not to be responsible for the downriver migration of smolts, and the change from territorial to schooling behaviour observed in natural conditions is likely due to the change in buoyancy and the associated change in preferred water velocity.

Introduction

Morphological and physiological changes occur with transformation from parr to smolts (Saunders, 1979) when juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) change from resident to the migratory stage or phase. It is generally accepted that there are radical changes in behaviour at the same time. Parr are territorial and aggressive, whereas smolts normally school (Kalleberg, 1958). It has been suggested that a possible cause of migration might be a decrease in the aggression of smolts and a tendency to school (Keenleyside & Yamamoto, 1962). However, aggression in juvenile salmon changes with temperature and water velocity (Kalleberg, 1958; Gibson, 1978). Kalleberg (1958) observed in a stream tank that when the water velocity was lowered towards zero, fry and parr began schooling. Also, smolts in a circular tank exhibited schooling behaviour and swam with the current. However, when the smolts were transferred to the stream tank, they exhibited aggressiveness and set up territories. He suggested that young

salmon might exhibit a decreased aggressiveness prior to the downstream migration, although he did not present any quantitative data.

This study was undertaken to compare relative aggression of parr and smolts in the same habitat and to determine if any change in agonistic behaviour might be responsible for the migration of smolts.

Materials and methods

Experiments were conducted in stream tanks built by a waterfall on the Matamec River, Québec (Gibson & Power, 1975). The river is located on the north shore of the Gulf of St. Lawrence at approximately longitude 65°57' W and latitude 50°18' N. The apparatus consisted of two flumes, each 5 m long, 1.5 m wide, and 0.6 m deep, oriented in a north-south direction. River water flowed through the flumes by gravity. The left tank (looking downstream) was maintained at a depth of 35 cm and the right tank at 49 cm, with a water velocity in both of 10

cm·s⁻¹. The flumes were open to natural illumination. One side of each flume was made of glass, which was adjacent to a darkened observation hut. Observations were made through slits in black curtains.

The substrate was of gravel and cobble, and the bottom was marked off into 0.09 m² sections by placing white or differently coloured stones at intervals in the substrate. The wall opposite the observation windows was painted black and marked with numbered vertical lines at 0.3 m intervals to allow the observer to correct for visual distortion. Experiments were conducted in 1976 during the time of the smolt run, which was from June 6 to July 9, with peak emigration between June 7th-23rd (Gibson, 1977). Six smolts and six parr were used in each tank. These were caught by beach seine in the river adjacent to the stream tanks on June 14, individually measured and branded, and introduced to the tanks the same day. Smolts were distinguished from parr by colour. Smolts were silvery with grey fins, whereas parr were a golden colour with brown fins, and had more prominent parr marks. Size was not used to distinguish the two stages, as some parr remain in the river beyond the average size for becoming smolts. Observations were made between June 22 and July 9. Water temperatures were rising and ranged from 14.5°C to 22.0°C over this time. Fourteen observations were made in each tank during this period. In each observation, positions of the fish were recorded and agonistic behaviour of individual fish was recorded for 15 min. One observation was made each day. Only agonistic acts made by attacking fish are recorded here. The agonistic acts are those described by Keenleyside & Yamamoto (1962), with the addition of "presence" and "supplant", and with "charge" and "chase" recorded together. "Charge and chase" took place at high speed, causing displacement. "Approach" refers to a fish swimming at another fish without accelerating. A fish biting another is called a "nip". "Lateral display" refers to the maximal opening of all the fins with a slight concavity of the dorsal surface of the fish, and head and tail flexed upwards, usually aligning laterally to the other fish. In "frontal display", the fish orients with its head pointed towards another fish, the dorsal surface of the fish is slightly convex with the head lower than the tail, the mouth is open, and the floor of the mouth is slightly depressed. "Presence" describes the act

causing a subordinate to flee at the mere sight of another fish, although the latter has made no obvious effort to displace the former. In "supplant" one fish approaches another and takes its exact position without a contest.

Natural food in the drift was supplemented with daily feedings, after observations, mainly with marine amphipods, but also with chopped liver or hamburger meat.

Results and discussion

The sizes of the fish on June 14 and again on July 19 are shown in Tables I and II. Also shown are the number of times each fish displaced another (displacements) and the number of times the fish itself was displaced. Smolts (AS-FS) and parr (AP-FP), are each listed in order of size, which approximated the hierarchy within the stream tank.

Smolts appeared to have similar behaviour to that of the parr and they reacted to each other in the same way. There was no apparent migratory behaviour, and smolts remained as aggressive as the parr throughout the study. The mean number of displacements by smolts was more than by parr (22.9 vs 13.0), however in neither tank was this significant ($P > 0.05$, *t*-test). The proportions of agonistic acts used were similar for each (Table III). The preferred position of the dominant fish was in the upstream section of the tank (number 1 in Tables I and II, which show the percentage frequency of fish seen in each quarter section of the tank). "Unobserved" fish were not visible at the time of the observation. The dominant fish by definition was able to displace any other fish in the tank. In the left (shallow) tank this was a parr (AP) and in the right (deep) tank it was a smolt (AS) probably related to relative sizes. In the shallow tank AP was very aggressive. It defended the first two sections and was stationed usually in the upper one. This latter had a layer of foam on the surface. The second section had a shade cover, which had been found to be the most attractive section in shallow water in other experiments when foam was not present (Gibson & Power, 1975). In the first two days of observations, most fish were seen under the shade, with AP in the first upstream section, but after this, other fish were rarely seen in the first two sections. BP was the next most dominant fish, and defended a territory in most of the third section. DS defended a small territory. There was some aggression

TABLE I

Shallow tank, Comparative behaviour of smolt (S) and parr (P), observed from June 22 to July 9, 1976, and increase in fork, length (F.L.) up to July 19. Tank position from 1-4 is position of fish in quadrants from upstream down

Identity	Original F.L. (cm)	Final F.L. (cm)	% Increase	Displacings	Times displaced	Tank position (%)				
						1	2	3	4	Unobserved
AS	16.2	16.2	0	2	6	0	15	31	46	8
BS	16.0	16.0	0	11	4	0	15	31	54	
CS	15.1	15.5	2.7	3	2	0	15	8	77	
DS	14.9	16.0	7.4	45	2	0	15	23	62	
ES	14.3	14.9	4.2	2	1	0	15	15	46	23
FS	13.5	14.9	10.4	15	8	0	15	15	70	
					Mean = 0%	15%	23%	59%		
AP	16.1	16.8	4.4	33	0	100	0	0	0	
BP	14.0	14.3	2.1	28	7	0	23	54	15	8
CP	13.3	13.5	1.5	4	30	0	15	46	39	
DP	11.5	12.0	4.4	0	25	0	15	31	31	23
EP	11.0	11.6	5.5	2	18	0	8	23	62	8
FP	10.1	10.4	3.0	2	18	0	8	23	54	15
					Mean = 17%	13%	31%	35%		

among the others (Table I). The four smallest fish were the recipients of most attacks, especially CP, which appeared to move around most. In this tank growth was not related to dominance, although the two most aggressive smolts showed the greatest percentage increase in length (DS and FS). The majority of both smolts and parr were in the downstream section.

The dominant fish in the deep tank, AS, showed the greatest growth over other fish in the tank (1.4 cm), was very aggressive, and

defended the first (upstream) section. Next best growth was by the subordinate smolt, FS (1.1 cm), so that with abundant food dominance may not provide an advantage for growth. Most of the other fish were in the next downstream section. Fish in the lower half of the tank were less aggressive. Other fish that were fairly aggressive and sometimes held small territories were BP, FS, AP, and FP.

Some additional late evening observations were made, but behaviour was not

TABLE II

Deep tank. Comparative behaviour of smolt (S) and parr (P), observed from June 22 to July 9, 1976, and increase in fork length (F.L.) in cm up to July 19. Tank position from 1-4 is position in quarter sections from upstream down

Identity	Original F.L. (cm)	Final F.L. (cm)	% Increase	Displacings	Times displaced	Tank position (%)				
						1	2	3	4	Unobserved
AS	15.5	16.9	9	141	0	79	21	0	0	
BS	14.6	14.8	1.4	8	13	0	36	7	36	21
CS	14.5	14.7	1.4	0	3	0	43	43	14	
DS	14.3	14.4	0.7	20	7	7	50	7	0	36
ES	13.7	14.2	3.7	14	10	21	36	21	7	2
FS	13.4	14.5	8.2	14	52	21	57	7	0	14
					Mean = 23%	43%	17%	12%		
AP	12.5	12.5	0	21	15	7	43	21	14	14
BP	12.3	12.9	4.9	47	19	0	50	7	7	36
CP	11.9	12.0	0.8	9	23	7	36	14	14	29
DP	10.4	11.1	6.7	2	6	7	36	29	0	29
EP	10.1	—*	—*	2	6	21	21	21	0	36
FP	10.0	10.7	7	7	7	0	21	7	14	57
					Mean = 14%	48%	26%	8%		

* Fish disappeared.

markedly different, and distribution was as seen during the day. Water levels dropped rapidly towards mid-July, after experimental observations, and before the fish were removed on July 19 there was no measurable flow. No interactions were seen at this time and the smolts and parr were seen grouping together. This decrease in aggression amongst salmon parr with low water velocity has been observed in other experiments (Gibson, 1978, 1981).

There was no clear difference in behaviour of the smolts compared to the parr, and apparently a diminishment of aggression is not a major cause for smolts relinquishing defense of feeding territories and migrating down river. Saunders (1965) found that smolts are more buoyant than parr. Possibly this change in buoyancy makes it difficult for smolts to defend territories in fast water. With a similar response to water velocity as brook trout (*Salvelinus fontinalis*), which are more buoyant than parr (Saunders, 1965), smolts would feed more efficiently in slower parts of the river, where the schooling response would appear. Bakshtansky *et al.* (1982) showed that schooling in smolt was influenced also by attacks from parr and pike (*Esox lucius*), and that schooling has a protective function.

Underwater observations were not made in the river on relative aggression of parr and smolts. Smolts were seen most commonly in slow backwaters, and were observed feeding at the surface, often amongst foam, and in association with brook trout and a few parr. They were identified by seining and angling. They were feeding avidly and easily angled with a fly.

The smolt migration in the Matamec River has been studied for a number of years (Gibson & Côté, 1982) and the most important factor in stimulating the migration of

smolts appears to be temperature, although other factors are involved (Saunders, 1979). Under several conditions of river discharge, activity has increased after a maximum temperature of 9°C was reached (June 6 in the year of this study) and was accelerated by rapidly rising temperature. This is similar to findings by Osterdahl (1969) and Solomon (1978). The threshold temperature of increased activity therefore appears to be 9°C, which coincides with that of parr (Gibson, 1978). At this low temperature in the spring, and again in the autumn, parr occur more in pools and slow water areas than in the rapids, and tend to move around more at this time than in the summer, when they are more common in rapids (Gibson, 1973). Dispersion of parr in the Matamec River appears to be more common in the spring than in the summer, and in this regard, are similar to smolts at this time. Fried *et al.* (1978), following smolts tagged with ultrasonic telemetry transmitters, found that full expression of migratory behaviour occurred above 9°C and that seaward progress of smolts appeared mainly due to passive drift. Smolts in the Matamec also are transported at a leisurely pace (Gibson & Côté, 1982). Invertebrates as food are at their most abundant in the early part of the season (Gibson & Galbraith, 1975). Migration by drifting expends less energy than direct navigation, and a resulting delay would be compensated if abundant food were present.

A reduced efficiency in holding stations in fast water may account for smolts leaving areas of rapids, but the migration of smolts is unlikely to be entirely passive, otherwise many would remain in lentic parts of the river system. However, in two Scottish lakes, Thorpe *et al.* (1981) showed that passive movement with the downstream current could account for migration of the smolts in these

TABLE III

The relative numbers of agonistic acts shown by smolt and parr in the two stream tanks

	<i>Charge and chase</i>	<i>Nip</i>	<i>Approach</i>	<i>Lateral display</i>	<i>Frontal display</i>	<i>Presence</i>	<i>Supplant</i>
<i>Shallow</i>							
Smolt	50(63%)	16(20%)	4(5%)	6 (8%)	3(4%)		
Parr	48(65%)	14(19%)	4(5%)	7(10%)	1(1%)		
<i>Deep</i>							
Smolt	147(70%)	31(15%)	12(6%)	13 (6%)	4(2%)	2(1%)	1(0.5%)
Parr	71(66%)	16(15%)	1(1%)	13(12%)	6(6%)	1(1%)	

systems. Nevertheless, an apparent lack of directed navigation at this stage does not preclude active emigration, and nocturnal downstream displacement can be considered the predominant method in the same way that plaice and cod use tidal currents for migration (Harden Jones, 1977). Although migration is generally considered to occur mainly at night, active migration during daylight hours has been observed (Stasko *et al.*, 1973; Solomon, 1978; Bakshtansky *et al.*, 1980).

The findings of the present study are somewhat at variance with those of Godin *et al.* (1974), who found that yearling parr, when injected with thyroid hormones in July and August, had lower levels of swimming activity, aggressive behaviour, and upstream orientation than control fish. However Solomon's observations (1978) suggest that increased activity was characteristic of the smolt under natural conditions. It is possible that in the present experiments full effects of the thyroid gland were not yet being expressed, although external features, such as silvering and black pigment in the fins were evident and emigration of smolts was occurring in the river. Saunders *et al.* (1982) found that thyroid hormone values in smolts, under laboratory conditions, did not reach the high levels reported for Pacific salmon species. The parr in the experiments of Godin *et al.* (1974) may therefore not have been simulating the behaviour of smolts.

Evidence therefore suggests that migration is triggered by temperature and is characterized by daytime schooling and feeding in slow water areas, and, usually, downstream drift at low light intensities. However the present study shows that if smolts are artificially held in a current they have similar behaviour to parr, and that a change in aggressive and territorial behaviour is not a major cause of emigration. A change in preferred water velocity, caused by increased buoyancy, may be the major reason for the apparent change in territorial behaviour, with the sequential response of downstream drift as the mechanism for emigrating to the estuary.

Acknowledgments

The field work was supported by the Woods Hole Oceanographic Institution. T.A. Dickson assisted in setting up the experiment. K. Harding and B. Fifield did the typing. I am grateful also to R.L. Saunders for reviewing the manuscript and making helpful comments.

References

- BAKSHTANSKY, E.L., V.D. NESTEROV & M.N. NEKLUDOV, 1980. The behaviour of young Atlantic salmon, *Salmo salar*, during downstream migration. — *J. Ichthyol.*, 20: 93-100.
- BAKSHTANSKY, E.L., V.D. NESTEROV & M.N. NEKLUDOV, 1982. Change in the behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in the process of downstream migration. — *Int. Counc. Exp. Sea, C.M.* 1982/M:5, 16 p.
- FRIED, S.M., J.D. McCLEAVE & G.W. LE BAR, 1978. Seaward migration of hatchery reared Atlantic salmon, *Salmo salar*, smolts in the Penobscot River estuary, Maine: riverine movements. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 35: 76-87.
- GIBSON, R.J., 1973. Interactions of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brook trout [*Salvelinus fontinalis* (Mitchill)]. — *Int. Atl. Salmon Found. Spec. Publ. Ser.*, 4(1): 181-202.
- GIBSON, R.J., 1977. Matamec annual report for 1976. — Woods Hole Ocean. Inst. Tech. Rep. WHOI-77-28, 116 p.
- GIBSON, R.J., 1978. 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 captures 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 relationship between invertebrate drift and salmonid populations in the Matamec River, Québec, below a lake. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 104: 529-535.
- GIBSON, R.J. & G. POWER, 1975. Selection by brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) of shade related to water depth. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 32: 1652-1656.
- GODIN, J.-G., L.A. DILL & D.E. DRURY, 1974. Effects of thyroid hormones on behaviour of yearling Atlantic salmon (*Salmo salar*). — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 31: 1787-1790.
- HARDEN JONES, F.R., 1977. Performance and behaviour on migrations. — Pages 145-170 in J.H. Steele (ed.). *Fisheries mathematics*. Academic Press, New York, N.Y., 198 p.
- KALLEBERG, H., 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar* L. and *Salmo trutta* L.). — *Fish. Bd Swed. Inst. Freshw. Res. Drottningholm.*, 39: 55-98.

- KEENLEYSIDE, M.H.A. & F.T. YAMAMOTO, 1962. Territorial behaviour of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). — Behaviour, 19: 139-169.
- OSTERDAHL, L., 1969. The smolt run of a small Swedish river. — Pages 205-215 in T.G. Northcote (ed.). Salmon and trout in streams. H.R. MacMillan. Lectures in Fish., Univ. British Columbia, Vancouver, 388 p.
- SAUNDERS, R.L., 1965. Adjustment of buoyancy in young Atlantic salmon and brook trout by changes in swim-bladder volume. — J. Fish. Res. Bd Can., 22: 336-352.
- SAUNDERS, R.L., 1979. Physiological and behavioural parameters involved in salmonid smolting with particular reference to Atlantic salmon. — Int. Counc. Exp. Sea., C.M. 1979/: 22, 16 p.
- SAUNDERS, R.L., E.B. HENDERSON & B.D. GLEBE, 1982. Precocious sexual maturation and smoltification in male Atlantic salmon (*Salmo salar*). — Aquaculture, 28: 211-229.
- SOLOMON, D.J., 1978. Migration of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta* L.) in a shallow stream. — Env. Biol. Fish., 3: 223-229.
- STASKO, A.B., A.M. SUTTERLIN, S.A. ROMMEL Jr. & P.F. ELSON, 1973. Migration orientation of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). — Int. Alt. Salmon Symp. Spec. Ser., 4: 119-137.
- THORPE, J.E., L.G. ROSS, G. STRUTHERS & W. WATTS, 1981. Tracking Atlantic salmon smolts *Salmo salar* L. through Loch Voil, Scotland. — J. Fish. Biol., 19: 519-537.

ÂGE SCALAIRE ET OTOLITHIQUE DE L'OMBLE DE FONTAINE (*SALVELINUS FONTINALIS*): COMPARAISON ET INTERPRÉTATION DES FAUX ANNULI

P. MAGNAN et G.J. FITZGERALD

Département de biologie, Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Nous avons comparé l'âge scalaire et otolithique de 143 ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) provenant d'une population exploitée, à croissance rapide. Les âges établis par les deux méthodes concordent dans 92% des cas. Dans la majorité des cas de désaccord, l'âge obtenu par la méthode scalaire est une sous-estimation de l'âge obtenu par la méthode otolithique. Nos résultats confirment que la méthode otolithique est applicable aux populations exploitées, à croissance rapide. Les faux annuli régulièrement rencontrés sur les otolithes sont facilement identifiables et ne présentent pas un obstacle majeur pour la détermination de l'âge. Nous présentons deux hypothèses pour expliquer la présence de ces faux annuli.

Abstract

We compared scale and otolith age of 143 brook charrs (*Salvelinus fontinalis*) from an exploited population which has a rapid growth rate. Age as determined by the two methods was in agreement in 92% of the cases. When these two methods gave different results, the scale age was generally lower than the otolith age. Our results confirm that the otolith method is applicable to exploited populations, with rapid growth rate. The false annuli regularly found on otoliths do not present a major obstacle to accurate age determination as they are readily identifiable. Two hypotheses are presented to explain the presence of false annuli.

Introduction

Depuis que Cooper (1951) en a validé la méthode, la détermination de l'âge de l'omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) est généralement faite à partir des écailles. Plusieurs auteurs ont cependant relevé des difficultés dans l'interprétation de ces structures (Power, 1980). Grande (1964) ainsi que Dutil & Power (1977) ont démontré que pour des populations à faible croissance, vivant au nord de l'aire de répartition, la méthode otolithique est plus fiable que la méthode scalaire. Comme il n'est pas possible de tirer une ligne de démarcation dans l'axe nord-sud et que d'autres facteurs peuvent intervenir, Dutil & Power (1977) invitent à la prudence quant au choix d'une méthode.

Cette étude a pour but (1) de comparer l'âge scalaire et otolithique d'une population exploitée d'ombles de fontaine à croissance rapide, provenant du sud de l'aire de répartition et (2) d'expliquer la présence

des faux annuli régulièrement observés sur les otolithes de ces poissons.

Matériel et méthodes

Les spécimens étudiés proviennent du lac Marmotte, situé dans la Réserve Saint-Maurice, Québec (45°05' N., 73°15' O.). Les 6, 15 et 25 juillet 1979, nous avons capturé respectivement 15, 54 et 74 ombles de fontaine à l'aide d'un filet expérimental multifilament (1,8 m × 38,1 m), composé de cinq sections de mailles étirées de 2,5, 3,8, 5,1, 6,4 et 7,6 cm. Chacun des poissons était mesuré (longueur à la fourche) avant le prélèvement des écailles et des deux plus gros otolithes (sagittae). Les écailles provenant du côté gauche du poisson, dans la région située entre la nageoire dorsale et la ligne latérale, étaient montées sur place entre des acétates de plastique, selon la technique de Power (1964). Les otolithes ont été nettoyés à l'hydroxyde de sodium (NaOH, 1%), abrasés puis placés dans de la glycérine

avant d'être examinés à l'aide d'une loupe binoculaire (12X), en lumière transmise.

Les écailles et les otolithes de chacun des individus ont été lus deux fois par le premier auteur. Si les résultats divergeaient, l'on procédait à deux autres lectures. Si la divergence persistait, la donnée était rejetée. La détermination de l'âge à partir des écailles a été effectuée selon Cooper (1951). Pour l'otolithe, il est généralement accepté (Holden & Raitt, 1974) que chaque zone opaque est formée pendant une période de croissance et que chaque zone hyaline est formée pendant une période de stress biologique. Après l'examen préliminaire des otolithes, nous avons distingué deux types de zones hyalines: celles dont les limites intérieure et extérieure n'étaient pas clairement définies, que nous avons considérées comme *annuli* et celles dont les limites intérieure et extérieure étaient clairement définies, que nous avons considérées comme *faux annuli* (fig. 1). Ces faux annuli séparaient les zones de croissance d'été (zones opaques) en deux parties. Pour valider l'âge otolithique, en acceptant cette dichotomie dans les zones hyalines, nous avons comparé la longueur moyenne de chacune des classes d'âge avec la distribution des fréquences de longueurs.

Enfin, dans le but d'interpréter ces faux annuli, la longueur moyenne des poissons à chacun des annuli et des faux annuli a été estimée par rétrocalcul. Les distances suivantes ont été mesurées à l'aide d'un oculaire gradué: distance entre le centre du nucléus et la limite extérieure de chacun des annuli; distance entre le centre du nucléus et les limites intérieure et extérieure de chacun des faux annuli et distance entre le centre du nucléus et la marge extérieure de l'otolithe (fig. 1). Ces mesures étaient prises sur une droite passant par le centre du nucléus et perpendiculaire à l'échancrure située dans la région antéro-dorsale. La longueur des poissons aux différents annuli et faux annuli a ensuite été estimée par l'équation:

$$Lx = Ly (Dx^b/Dy^b)$$

où Lx est la longueur du poisson à déterminer (mm), Ly est la longueur du poisson à la capture (mm), Dx est la distance, sur l'otolithe, entre le centre du nucléus et le stade de développement correspondant à Lx (unité d'oculaire gradué), Dy est la distance entre le centre du nucléus et la marge extérieure de l'otolithe (unité d'oculaire gradué)

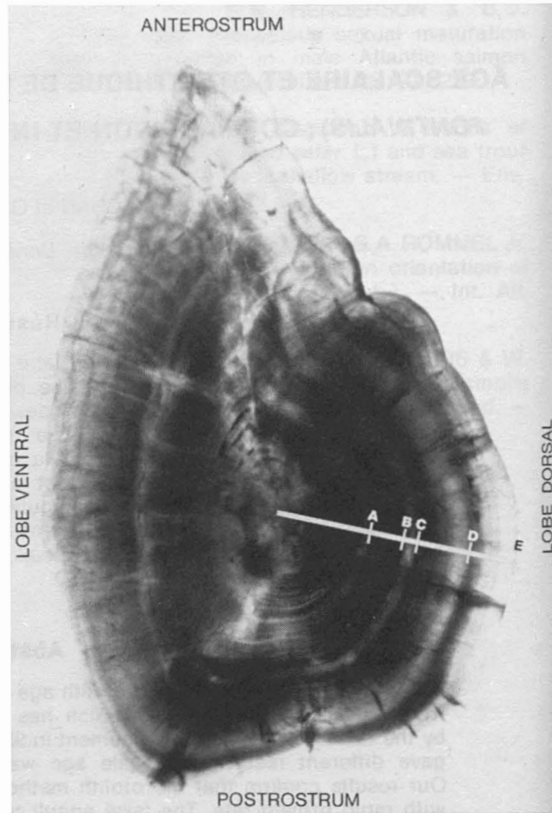


Figure 1. Otolithe d'un individu de deux ans (2+) capturé le 25 juillet 1979. (A) fin de la première année de croissance; (B) et (C) limites intérieure et extérieure du faux annulus; (D) fin de la deuxième année de croissance et (E) marge extérieure de l'otolithe. [En lumière transmise.]

et b est la pente de la relation $\text{Log}(Ly)$ versus $\text{Log}(Dy)$ (Weatherley & Rogers, 1978).

Résultats et discussion

VALIDATION DES LECTURES D'OTOLITHES

Les deux principaux modes de la distribution des fréquences de longueurs au moment de la capture (fig. 2) correspondent exactement aux longueurs moyennes des deux premières classes d'âge (à la capture), tel que déterminé par les otolithes (tableau I). De plus, les fréquences de longueurs de ces deux premières classes d'âge sont distribuées normalement (test de «D», Kolmogorov-Smirnov). Ceci confirme d'une part la validité des lectures d'otolithes et, d'autre part, la présence des faux annuli. En effet, si les faux annuli, tels que définis à la section précé-

dente, correspondaient à une classe d'âge, on aurait dû retrouver un mode intermédiaire (fig. 2).

COMPARAISON DE L'ÂGE SCALAIRE ET OTOLITHIQUE

Sur les 143 spécimens capturés, les écailles de 9 individus et les otolithes d'un autre ont été jugés illisibles. Suite aux deux premières lectures des écailles, l'âge assigné n'a pas été le même pour 11 individus comparativement à 7 dans le cas des otolithes. Après deux autres lectures, l'âge scalaire a différé dans trois cas; ces trois données ont donc été rejetées.

Les âges déterminés par la méthode scalaire et la méthode otolithique sont identiques dans 92% des cas (fig. 3). Grande (1964) ainsi que Dutil & Power (1977) avaient obtenu respectivement des pourcentages de concordance de 72% et 47%. Dans la majorité des cas de désaccord (fig. 3), l'âge obtenu par la méthode scalaire était une sous-estimation de l'âge obtenu par la méthode otolithique; ce phénomène a également été observé dans les deux études précitées. La sous-estimation de l'âge scalaire est probablement causée par la difficulté d'interprétation plus grande des écailles que des otolithes. Par exemple, deux annuli faiblement espacés sur une écaille peuvent être identifiés comme étant un seul annulus. Sur l'otolithe, le contraste entre les zones opaques et hyalines diminue grandement cette cause d'erreur. Power (1980) fait une revue détaillée des difficultés liées aux lectures d'écailles.

Bien que la concordance entre les âges déterminés par les deux méthodes soit

grande, les lectures d'âge à partir des otolithes nous apparaissent plus faciles et plus rapides. Nos résultats confirment donc que la méthode otolithique est également applicable aux populations exploitées, à croissance rapide. La population étudiée est en effet caractéristique d'une population exploitée; peu d'individus atteignent trois ans et plus (tableau I), ce qui est généralement le cas en présence d'exploitation (Power, 1980). De plus, la croissance peut être qualifiée de rapide lorsque l'on compare les valeurs obtenues (tableau I) avec celles de Power (1980).

PRÉSENCE DES FAUX ANNULI

La relation entre la longueur de l'otolithe, D_y , et la longueur du poisson, L_y , est décrite par l'équation :

$$L_y = 0,36 (D_y) - 35,12 (r^2 = 0,86, P < 0,0001)$$

La forte relation qui existe entre ces deux variables justifie l'emploi du rétrocalcul. D'après les résultats du rétrocalcul (tableau I), le premier faux annulus se forme sur l'otolithe lorsque le poisson a une longueur (à la fourche) se situant entre 125 ± 15 mm et 140 ± 17 mm. Ces faux annuli sont observés sur les otolithes de 83% des individus à un an (1+) et 38% à deux ans (2+).

Plusieurs auteurs ont suggéré que de telles zones hyalines sont reliées à la maturation des gonades et au frai (Rollefsen, 1935; Pannella, 1971, 1974; Williams & Bedford, 1974). Comme les poissons étudiés ont été capturés avant la période de reproduction, il ne peut s'agir d'une marque causée par le frai. En supposant que les ombles de fontaine avaient atteint, lors de la cap-

TABLEAU I

Résultats du rétrocalcul obtenus à partir des otolithes. Longueurs à la fourche (mm) \pm un écart-type (Le nombre d'individus est indiqué entre parenthèses)

Âge	Longueur (mm) aux différents annuli et faux annuli						3 ans	Capture
	1 an	Faux annuli		2 ans	Faux annuli			
		Intérieur	Extérieur		Intérieur	Extérieur		
1	96 \pm 24 (58)	122 \pm 17 (41)	139 \pm 20 (41)					177 \pm 19 (64)
2	103 \pm 13 (53)	126 \pm 13 (48)	140 \pm 14 (48)	188 \pm 16 (54)	193 \pm 17 (10)	203 \pm 18 (10)		241 \pm 19 (57)
3	106 \pm 13 (18)	128 \pm 15 (18)	143 \pm 17 (18)	194 \pm 18 (18)	210 \pm 20 (17)	219 \pm 19 (17)	248 \pm 19 (18)	278 \pm 18 (18)
Total	101 \pm 14 (129)	125 \pm 15 (107)	140 \pm 17 (107)	190 \pm 16 (72)	203 \pm 21 (27)	213 \pm 20 (27)	248 \pm 20 (18)	

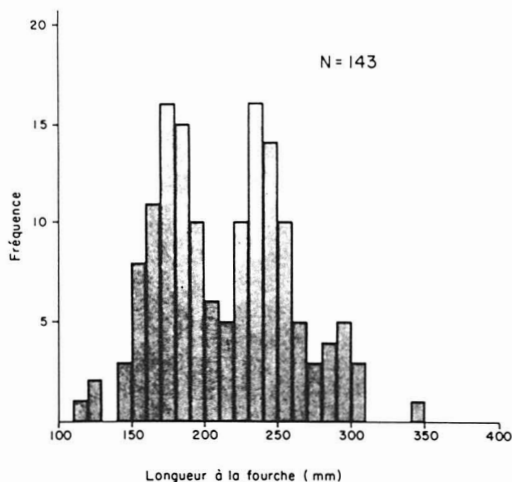


Figure 2. Distribution des fréquences de longueurs des ombles de fontaine au moment de la capture.

ture, la taille de la maturité sexuelle (environ 170 mm; McFadden, 1961; Wydoski & Cooper, 1966; Saunders & Power, 1970), il est possible que ces faux annuli soient en relation avec la maturation des gonades. La plus faible proportion de faux annuli observés dans la deuxième année de croissance pourrait s'expliquer par le fait que de telles marques sont plus difficiles à observer à mesure que le poisson vieillit et que la croissance de l'otolithte ralentit. Ceci expliquerait aussi pourquoi les faux annuli n'ont pas été observés chez les populations à plus faible croissance, étudiées par Grande (1964) ainsi que Dutil & Power (1977).

Les faux annuli pourraient aussi être reliés à un ralentissement de croissance causé par les hautes températures de l'eau, enregistrées à certaines périodes de l'été. Hatch (1961) a suggéré que des températures supérieures à l'étendue des températures optimales pour la croissance de l'omble de fontaine (13-16°C) seraient responsables de la formation des faux annuli régulièrement rencontrés sur les écaillies des spécimens étudiés. Au lac Marmotte, les températures moyennes de la zone littorale (0-2 m) en 1979 étaient de 14,5°C le 31 mai, 18,5°C le 27 juin, 23,5°C le 19 juillet, 24,0°C le 30 juillet et de 19,0°C le 22 août. Comme dans ce type de lacs une grande proportion des ombles de fontaine sont retrouvés en zone littorale (Magnan & FitzGerald, 1982), il est possible que les faux annuli régulièrement rencontrés sur les otolithes soient effectivement reliés à un ralentissement de crois-

ÉCAILLES

		ÂGE	0+	1+	2+	3+	4+
OTOLITHES	ÂGE	0+					
	1+	1	61	1			
	2+		1	51	2		
	3+			5	7		
	4+						1
	5+						

Figure 3. Comparaison de l'âge obtenu par les deux méthodes. La diagonale principale représente les cas où l'âge assigné a été le même. Les nombres de part et d'autre de la diagonale représentent des sous-estimations ou surestimations de l'âge par une des deux méthodes.

sance, causé par les hautes températures retrouvées à certaines périodes de l'été. Cette explication rendrait aussi compte de leur absence chez les populations ayant une répartition plus nordique, étudiées par Grande (1964) ainsi que Dutil & Power (1977). La plus faible proportion de faux annuli observés dans la deuxième année de croissance pourrait s'expliquer par une différence dans la distribution spatiale des individus. Le tableau II présente la distribution spatiale d'ombles de fontaine (≤ 150 mm et > 150 mm) provenant de deux lacs situés à quelques kilomètres du lac Marmotte. Ces trois lacs, qui présentent des caractéristiques morphométriques et physico-chimiques comparables (Magnan & FitzGerald, 1982), sont stratifiés thermiquement pendant les mois d'été. Peu d'individus d'une longueur égale ou inférieure à 150 mm vont au-delà de la zone littorale (tableau II). Par contre, une plus grande proportion d'individus d'une longueur supérieure à 150 mm fréquentent la zone profonde (2-8 m) et plus particulièrement en juillet, où la température de l'eau dans la zone littorale est élevée. Ces individus pourraient s'alimenter en zone littorale et ensuite retourner dans le métalimnion ou l'hypolimnion, où les températures sont plus favorables à leur croissance. Des études plus spécifiques seront cependant nécessaires pour confirmer ou infirmer les hypothèses présentées.

TABLEAU II

Distribution spatiale d'ombles de fontaine provenant des lacs Aux Pièges et Melchior, Réserve Saint-Maurice, Québec (1979)
(Le nombre d'individus est indiqué entre parenthèses)

Classe de tailles	Mois	Température de l'eau, zone littorale ¹ (°C)	Pourcentage d'ombles de fontaine	
			Zone littorale (0-2 m)	Zone profonde (2-8 m)
≤ 150 mm	Juin	16,0 ± 1,1 (12)	89 (31)	11 (4)
	Juillet	23,0 ± 1,7 (18)	100 (8)	0 (0)
	Août	18,5 ± 1,0 (12)	92 (24)	8 (2)
> 150 mm	Juin	16,0 ± 1,1 (12)	82 (70)	18 (15)
	Juillet	23,0 ± 1,7 (18)	62 (50)	38 (31)
	Août	18,5 ± 1,0 (12)	74 (49)	26 (17)

¹ Valeurs moyennes ± un écart-type des températures enregistrées dans la zone littorale des deux lacs, au moment de l'échantillonnage. Le nombre d'observations est indiqué entre parenthèses. Pour plus de détails sur la méthodologie employée, voir Magnan & FitzGerald (1982).

Les faux annuli sont facilement identifiables et ne présentent pas un obstacle majeur pour la détermination de l'âge. Il serait cependant plus prudent, dans les études à venir, d'utiliser des méthodes comme le rétrocalcul et la distribution des fréquences de longueurs afin de confirmer la présence de faux annuli.

Remerciements

Nous tenons à remercier R.J. Beamish, J.M. Casselman, J.-D. Dutil, G. Power ainsi qu'un lecteur anonyme pour leurs commentaires sur le manuscrit. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet subventionné par le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec.

Références

- COOPER, E.L., 1951. Validation of the use of scales of brook trout, *Salvelinus fontinalis*, for age determination. — *Copeia*, 1951: 141-148.
- DUTIL, J.-D. & G. POWER, 1977. Validité de la lecture des otolithes comparée à celle de la lecture des écailles pour la détermination de l'âge de l'omble de fontaine, *Salvelinus fontinalis*. — *Naturaliste can.*, 104: 361-367.
- GRANDE, M., 1964. Age determinations from scales and otoliths in the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. — *Nytt. Mag. Zool.*, 12: 35-37.
- HATCH, R.W., 1961. Regular occurrence of false annuli in four brook trout populations. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 90: 6-12.
- HOLDEN, M.J. & D.F.S. RAITT (édit.), 1974. Manual of fisheries science. Part 2, Methods of resource investigation and their application. — *FAO Fish. Tech. Pap.*, no. 115 (Rev. 1), 214 p.
- MAGNAN, P. & G.J. FITZGERALD, 1982. Resource partitioning between brook trout, *Salvelinus fontinalis* Mitchell, and creek chub, *Semotilus atromaculatus* Mitchell, in selected oligotrophic lakes of southern Québec. — *Can. J. Zool.*, 60: 1612-1617.
- McFADDEN, J.T., 1961. A population study of the brook trout, *Salvelinus fontinalis*. — *Wildl. Monogr.*, no. 7, 73 p.
- PANNELLA, G., 1971. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. — *Science*, 173: 1124-1127.
- PANNELLA, G., 1974. Otolith growth patterns: an aid in age determination in temperate and tropical fishes. — Pages 28-39 in T.B. Bagenal (ed.). Ageing of fish. Proceedings of an international symposium. Unwin Brothers Ltd., Surrey, England, 234 p.
- POWER, G., 1964. A technique for preparing scale smears. — *Trans. Am. Fish. Soc.*, 93: 201-202.
- POWER, G., 1980. The brook charr, *Salvelinus fontinalis*. — Pages 141-203 in E.K. Balon (ed.). Charrs, salmonid fishes of genus *Salvelinus*,

- Vol. 1. W. Junk bv. Publishers, The Netherlands, 928 p.
- ROLLEFSEN, G., 1935. The spawning zone in cod otoliths and prognosis of stock. — Rep. Norw. Fish. Mar. Invest., 4(11): 1-10.
- SAUNDERS, L.H. & G. POWER, 1970. Population ecology of the brook trout, *Salvelinus fontinalis*, in Matamek Lake, Québec. — J. Fish. Res. Bd Can., 27: 413-424.
- WEATHERLEY, A.H. & S.C. ROGERS, 1978. Some aspects of age and growth. — Pages 52-74 in S.D. Gerking (ed.). Ecology of freshwater fish production. John Wiley and Sons, Inc., New York-Toronto, 520 p.
- WILLIAMS, T. & B.C. BEDFORD, 1974. The use of otoliths for age determination. — Pages 114-123 in T.B. Bagenal (ed.). Ageing of fish. Proceeding of an international symposium. Unwin Brothers Ltd., Surrey, England, 234 p.
- WYDOSKI, R.S. & E.L. COOPER, 1966. Maturation and fecundity of brook trout from infertile streams. — J. Fish. Res. Bd Can., 23: 623-649.

BIOGEOCHEMISTRY OF FENS OF THE WEST COASTS OF HUDSON AND JAMES BAYS IN RELATION TO GEESE

R. L. JONES

*Department of Agronomy, University of Illinois
1102, South Goodwin Avenue, Urbana, Illinois 61801*

and

H. C. HANSON

*Illinois Natural History Survey, 608, East Peabody Drive
Champaign, Illinois 61820*

Résumé

Ce travail analyse la teneur en minéraux du fourrage des oies et la nature chimique des sols. On a échantillonné les sols et leur eau, et les plantes de sept estuaires localisés entre les rivières Missisicabi et Hayes (baie d'Hudson et baie James). La plupart des sites sont constitués d'un sol calcaire et seulement un site non calcaire présente un pH légèrement alcalin ou neutre. La teneur moyenne de la matière organique des sols des fens à *Carex* est de 23% et de 1,46% sous d'autres types de végétation. Les valeurs de phosphore disponible sont basses dans le sud de la baie James mais plus élevées aux autres sites. Les teneurs en soufre varient de 504 à 1115 ppm, pour une moyenne de 37% soluble dans une solution de bicarbonate de sodium. La salinité de l'eau interstitielle du sol varie beaucoup même dans un type de végétation et en général, l'eau contient un haut taux de minéraux.

La biomasse varie de 18 à 610 g/m² et la variation à l'intérieur d'un même site est basse comparée avec les mêmes types de végétation de d'autres endroits. L'analyse du P, Ca, Mg, K et Na révèle que les plantes sont riches en minéraux et nourrissantes pour les oies. Les données sur le contenu de N, S et des carbohydrates non structurés indiquent un taux convenable de protéines et que les oligosaccharides et les sucres simples sont disponibles pour la lipogénèse. En général, le fourrage de ces régions est aussi nourrissant que celui des prairies tempérées du centre-nord des États-Unis et du Canada.

Abstract

This study was undertaken to determine the mineral nutrient content of goose forage and to assess the chemical nature of soils producing the foods. Soils, associated soil water, and grasses and grass-like plants growing in the soils were sampled on seven estuaries between the Missisicabi and Hayes rivers. Most of the sites were underlain by calcareous mineral soils and the only non-calcareous site had mildly alkaline to neutral pH. Average organic matter content of soils under *Carex* fens was 23.0 percent and 1.46 percent under other vegetation types. Phosphorus fertility was low in southern James Bay but high at other sites. Total S ranged from 504 to 1,115 ppm among the estuaries and of this an average of 37 percent was soluble in sodium bicarbonate solution. Interstitial water that readily drained from the surface soils of the estuaries varied greatly in salinity, even within a vegetation type, but, in general, the waters were highly mineralized.

Plant biomass ranged from 18 to 610 g/m². Variability within a given meadow was small compared with differences for the same vegetation type among estuaries. Analyses for P, Ca, Mg, K, and Na revealed the tissues to be mineral rich and that the plants represent a nutritious forage for geese eating them. In addition, data for N, S, and non-structural carbohydrate indicate that protein

nutrition should be adequate and that oligosaccharides and simpler sugars are available for lipogenesis. The forage of the estuarine meadows is generally as nutritious as that in the temperate grasslands of north-central United States and adjacent Canada.

Introduction

The extensive salt marshes of James and Hudson bays attract one and one-half million geese each autumn (Prevett *et al.*, 1979). Canada, snow and blue geese are found on these meadows where they forage for several weeks, building energy reserves for southward migration, which, in the case of the snow and blue geese, may be non-stop for 2,400 km to the Gulf of Mexico coast.

Stirrett (1954) observed that geese tended to congregate in large flocks at the estuaries of major rivers and mouths of smaller rivers and creeks emptying into James Bay. He recognized four vegetation zones: 1. the high-tide zone which is influenced by each tide; 2. the tidal marsh which is occasionally inundated; 3. the willow zone which is located at some distance from the active shore; and 4. the taiga, typified by broken stands of black or white spruce and tamarack. Although empirical evidence was lacking, the physiography suggested that these zones were developed in soils of declining salinity as one proceeds inland.

Kershaw (1976) mapped vegetation along several transects perpendicular to the coast on East Pen Island in Hudson Bay and noted the extensive fresh marsh development to landward. More recently Glooschenko (1978) identified six vegetation zones at North Point (Fig. 1B), about 27 km northwest of Moosonee on James Bay. His zones, described from shoreward, were: 1. intertidal colonization; 2. upper intertidal; 3. ridges; 4. interridge; 5. *Triglochin-Potentilla*; and 6. *Carex paleacea*. Glooschenko made estimates of total biomass in each zone. The emphasis that Glooschenko placed on plant communities related to ridges reflects the importance of the striking development of raised beach ridges that parallel the modern shore. These ridges rest on a very gently sloping coastal plain that has a gradient ranging from 0.5 to 0.75 m/km at Attawapiskat to 2 to 3 m/km at Fort Severn. At the south end of James Bay gradients are about 1 m/km. As a consequence of these low gradients, extensive foreshores and flats are exposed at low tide along much of the coast.

In our study of the biogeochemistry of blue, snow, and Ross' geese (Hanson & Jones, 1976), we hypothesized that goose foods produced on these meadows, especially those near or on the coast, could be unusually nutritious because of the ready supply of sulfur derived from sea water, either by tidal influence or as airborne spray. Sulfur is especially significant because the sulfur-bearing amino acids can limit protein synthesis. The recent report by Thomas & Prevett (1982) that both cystine and methionine were at levels of less than 1.0% in horsetails (*Equisetum fluviatile*) sampled in May and July at Shippagan Island (Fig. 1B) focuses on the importance of sulfur nutrition of geese. In September 1975 we visited the estuaries of seven rivers between and including the Missisicabi and Hayes rivers collecting soil, soil water, and vegetation samples. Analyses of these materials provide a test of the hypothesis. The data, particularly for sulfur in soils and plants, provided here represent a contribution to the nutritional status of these goose forages and the soils that produced them.

Material and methods

GENERAL SAMPLING SCHEME

Settlements or goose-hunting camps at the mouth of each river were visited by aircraft (Fig. 1). From these places the estuaries were visited by canoe. Natives guided us to areas of vegetation that were, or from their experience, would be used by feeding geese. Time was limited; therefore only a few sites at each estuary were chosen for collection of soil, soil water, and plants occupying a 0.25 m² quadrat.

SOIL SAMPLING

Samples were collected at each estuary from areas of homogeneous stands of short and medium grass and grass-like vegetation. The sample consisted of composited borings or a prism of soil dug by spade and taken to a depth of 10 cm, the depth to which substantial numbers of roots penetrated. Soils were typically saturated with water which was allowed to drain away before bag-

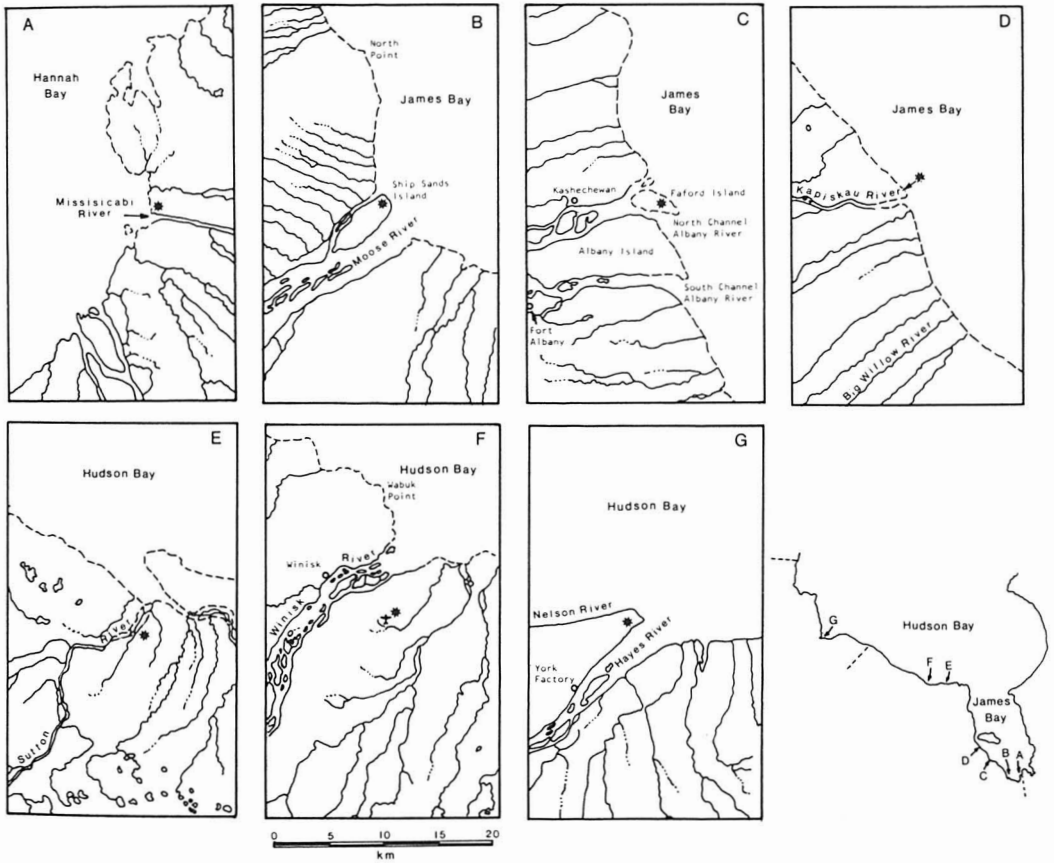


Figure 1. Map of sampling localities. Dashed lines indicate poorly defined shoreline on the very gentle slope of the foreshore. Sampling sites are identified by stars.

ging. The soils were dried as quickly as possible. Notes were made regarding obvious oxidation, and layering of sediment. However, no comprehensive soil description was made at the site.

SOIL WATER SAMPLING

After sampling the soil, a portion of the quadrat area was dug to about 15 cm depth. This hole filled rapidly with water that was remarkably clear. A water sample was transferred to an acid-cleaned polyethylene bottle. Every precaution was made to keep the samples cool. Those taken on the Missisicabi and Moose estuaries were frozen for a week before transporting to the laboratory in Illinois.

PLANT SAMPLING

Two kinds of plant samples were taken. One consisted of the complete clipping

as close to the soil surface as practicable, of the 0.25 m² area. The other sample was the random sampling of homogeneous stands of grasses and sedges. In several cases replicate samples were taken and these gave some measure of the variance of total plant biomass in these meadows, although it should be borne in mind that the sampling scheme involved bias.

ANALYTICAL METHODOLOGY

The soils were dried at 65°C and then crushed with a rolling pin to pass a 2-mm screen; then the whole sample passing the screen was subsampled by riffle splitting. An aliquot thus obtained was ground completely to pass a 250-μm screen. Total S, C, calcium carbonate equivalent, and extractable S were determined on this finely ground sample. Plant available P and pH were determined on an aliquot of the sample passing the 2-mm

screen. Another aliquot of less than 2-mm material was used for determination of moist color using the Munsell notation system and texture was estimated manually by feel and tendency of the moist sample to form a ribbon.

Organic carbon was estimated by the Walkley-Black method (Allison, 1965) except on highly organic samples from Winisk and Sutton rivers which were ashed at 500°C and weight lost between 110 and 500°C was taken as organic matter. Total S was determined by digesting the sample with sodium hypobromite and then reducing to hydrogen sulfide which was distilled and collected in sodium hydroxide where it was determined potentiometrically with cadmium nitrate or by titration with mercuric chloride in the presence of dithizone (Johnson & Nishita, 1952). Sulfur soluble in sodium bicarbonate, which includes both organic and inorganic forms (Bardsley & Lancaster, 1965), was determined in an aliquot of a 4 to 1 extract of 10 soils chosen at random. The extract was treated using the digestion procedure described above and S was estimated by titration. The soils were uniformly alkaline, therefore the sodium bicarbonate extraction of P was used to estimate plant available levels (Olsen & Dean, 1965). Soil pH was determined with a glass electrode in a 1 to 1, soil to water paste. Calcium carbonate equivalent was calculated from the gravimetric determination of carbon dioxide evolved by digestion with hot, concentrated phosphoric acid, scrubbed and finally adsorbed on soda lime (Jefferey, 1975).

Analyses of soil water included sulfate by turbidimetry, Cl by potentiometry, Ca and Mg by atomic absorption analysis, and K and Na by atomic emission spectroscopy (Taras *et al.*, 1971).

Plant tissues were dried at 65°C and those taken for biomass estimation were weighed and then ground in a Wiley Mill. Total S in plants was determined in a 1:1 nitric acid to perchloric acid digestate. The S was determined turbidimetrically as the sulfate with barium chloride. Total N was determined by acid digestion of the plant tissue in the presence of Se and titration of ammonia subsequently collected by distillation from the digestate made alkaline. Determinations of P, Na, K, Ca, and Mg were done on ash dissolved in hot hydrochloric acid. The ash was derived by slowly heating the tissue to 500°C. Phosphorus was estimated on an aliquot of the acid by the molybdenum

yellow method, the alkalis were determined by flame emission spectroscopy, and alkaline earths by atomic absorption spectroscopy using lanthanum chloride as a release agent. Total nonstructural carbohydrates were determined by the method of Smith (1969).

Results and discussion

SOILS

The soils of these estuaries are characterized by uniform brownish-gray, grayish-brown, and brown colors (Table I) and by silty texture. Except at the mouths of the Albany and Sutton rivers and the Winisk site, the sampling included a 5- to 7.5-cm surficial layer that appeared lighter in color than subjacent material or, in some instances, a layer of darker material that seemed to be in a reduced state. This surficial layer contained abundant roots and is believed to represent annual accumulation by sediment additions from both tidal and spring-flood sources (Fig. 1). The soil at the Albany River site was coarser textured and uniform in color and the sedge meadow situation on peat at Sutton River, situated about 9 km from the coast, represented a more mature soil environment. Similarly, the sedge meadow at Winisk is developed on about 20 cm of peat and represents a more mature environment. However, in the peat of this site there were three thin (several mm) layers of gray sediment suggesting substantial flooding by either tides or the Winisk River or both. These layers were thixotropic.

The occurrence of layering in soils near or in the tidal zones of the Ontario coasts of James and Hudson bays has been described by Protz (1982) who noted that the distinctness of layer development diminished in soils developed to landward. Protz concluded that the effects of root development and ice formation within the soil caused mixing of the layers and destroyed the banded structure.

The contents of S, available P, organic matter, and calcium carbonate equivalent are presented in Table II. Sulfur was not particularly enriched in any of the soils of the estuaries, the mean ranging from 504 ppm in Missisicabi soils to 1,115 ppm in Kapiskau soils (Table II). The Kapiskau site may represent a locality of distinctly higher S-bearing sediments which may be related to the extensive outcrop (Fig. 3 *in* Norris & Sanford, 1968) of the middle member, a shale, of the

TABLE I

Color when moist and texture determined by rubbing of surface soils. Lower case a and b in the sample number identify replicate samplings for each of several sites

<i>Estuary and plant association</i>	<i>Sample number</i>	<i>Moist color (Munsell notation)</i>	<i>Texture</i>	
Missisicabi High tide <i>Eleocharis</i>	S150	light brownish gray (2.5Y 6/2)	silt loam or silt	
	S146	light brownish gray (2.5Y 6/2)	silt loam or silt	
	S147	pale brown (10YR 6/3)	silt loam	
	S148	brown (10YR 5/3)	silt loam	
	S149	light brownish gray (2.5Y 6/2)	silt loam	
	<i>Juncus</i>	S152	light brownish gray (10YR 6/2)	silt loam
		S151	grayish brown (10YR 5/2)	silt loam
	Willow	S154	brown (10YR 5/3)	silt loam
		S153	pale brown (10YR 6/3)	silt loam
	Moose <i>Triglochin</i> <i>Carex-Eleocharis</i>	S143	brown (10YR 5/3)	silt loam
S144		light brownish gray (2.5Y 6/2)	silt loam	
S145		light brownish gray (2.5Y 6/2)	silt loam	
Albany <i>Eleocharis</i>	S160	pale brown (10YR 6/3)	silt loam	
	S159	brown (10YR 5/3)	loam	
Kapiskau <i>Eleocharis</i>	S155a	brown (10YR 5/3)	silt	
	S156a	brown (10YR 5/3)	silt	
	S157b	brown (10YR 5/3)	silt loam	
	S158b	brown (10YR 5/3)	silt loam	
Sutton <i>Carex meadow</i>	S161	brown (10YR 5/3)	silt loam or loam	
	S162	dark grayish brown (10YR 4/2)	silt loam	
	S163	dark yellowish brown (10YR 4/4)	silt loam	
Winisk <i>Carex meadow</i>	S167	dark yellowish brown (10YR 3/4)	loam	
	S164a	very dark grayish brown (10YR 3/2)	peat	
	S165a	very dark grayish brown (10YR 3/2)	peat	
Hayes High tide	S170a	grayish brown (10YR 5/2)	loam or fine sandy loam	
	S171a	brown (10YR 5/3)	silt loam	
	S172	brown (10YR 5/3)	silt loam or loam	
	S173	grayish brown (2.5Y 5/2)	silt loam	
	S174	brown (10YR 5/3)	silt loam	

Kenogami River Formation (upper Silurian). The mean S contents of 896 and 920 ppm for Winisk and Sutton sites, respectively, probably reflect the accumulation of S-bearing organic materials. The mean content of Hayes River is 527 ppm which is, given the within estuary variability, indistinguishable from soils from similar estuarine sites on James Bay. All of these S contents compare closely with the average of 800 ppm that Protz (1982) found in 63 gleysolic soils of the Ontario coastal zone and average worldwide soil abundance of 700 ppm given by Bowen (1966, p. 200). The mean soluble S was 37 percent of the total (Table III) and there did not appear to be effects of estuary sampled or organic matter content on the

level solubilized by the alkaline extraction treatment.

Phosphorus extracted by Olsen & Dean (1965) method ranged from a mean of 7 ppm in Missisicabi soils to 61 ppm in the peat at Winisk. Among the inorganic soils, P increases slightly northward along the west coast of James Bay. The few data from this study suggest that P does not vary as much locally under the same plant association as it does among plant associations on the same estuary; this latter source contributes substantially to the variation seen on the estuaries. Substantial amounts of P may be circulating in the organic soils. On the basis of the relationship that Bauer *et al.* (1966)

TABLE II

Contents of total S, P extracted by sodium bicarbonate, organic matter, and calcium carbonate equivalent in surface-soil samples taken on estuaries of James and Hudson bays

Estuary and plant association	Sample number	S ($\mu\text{g/g}$)	P ($\mu\text{g/g}$)	Organic matter %	CaCO ₃ %
Missisicabi					
High tide	S150	562	6	1.33	36.9
<i>Eleocharis</i>	S146	480	6	1.91	32.9
	S147	505	10	1.45	34.3
	S148	621	6	1.59	40.5
	S149	399	6	1.31	33.6
<i>Juncus</i>	S152	591	5	1.91	39.0
	S151	484	6	1.78	36.5
Willow	S154	403	10	2.05	38.2
	S153	495	11	2.02	38.0
Moose					
<i>Triglochin</i>	S143	622	11	1.53	36.0
<i>Carex-Eleocharis</i>	S144	587	10	1.45	34.0
	S145	720	5	1.10	37.7
Albany					
<i>Eleocharis</i>	S160	406	15	0.98	35.9
	S159	525	7	0.97	28.4
Kapiskau					
<i>Eleocharis</i>	S155	1151	11	0.88	40.6
	S156	534	10	0.88	40.0
	S157	1092	15	1.79	42.6
	S158	1685	15	1.84	44.0
Sutton					
<i>Carex meadow</i>	S161	842	19	4.07	36.9
	S162	830	30	17.9 ^a	32.7
	S163	1090	70	19.1 ^a	26.7
Winisk					
<i>Carex meadow</i>	S167	949	33	15.1 ^a	0
	S164	279	69	44.1 ^a	0
	S165	1459	53	37.5 ^a	0
Hayes					
High tide	S170	319	10	1.07	33.8
	S171	578	29	1.43	45.0
	S172	366	11	1.09	37.1
	S173	706	25	1.57	45.0
	S174	668	26	1.57	45.9

^a Data for weight loss after ashing at 500°C.

have developed for bicarbonate soluble P and soil pH for small grains grown under North Dakota conditions, the levels observed in samples from Missisicabi and Moose estuaries are mostly low in P. However, from the latitude of the Kapiskau and north and west to Hayes River, P is mostly high. Protz (1982) reported that P ranged from 1 to 28 ppm with an average of 13 ppm in 66 gleysolic soils from the James Bay coastal zone of Ontario. He found higher available P in soils of the Hudson Bay coastal zone of Ontario; the range for A horizons of 37

profiles of these soils was 1 to 49 ppm with a mean of 24 ppm.

Given the calcareous nature of most of the samples, results of pH determinations are not included in the tables. The only samples that were not calcareous were those from the organic soils of the sedge meadow at Winisk. These samples gave a range of 6.8-7.4.

Levels of organic matter were rather high in the mineral soils (Table II). The long transect on the Missisicabi estuary yielded

samples that contained slowly increasing organic matter contents with distance from the coast. As a whole, the data were invariant and reflected the similar absolute age of the estuaries, productivity, and decomposition rates. Some fraction of the organic matter is derived from that carried in suspension and as dissolved organic matter from the vast area of organic soils of the Hudson Bay lowland and subsequently deposited with near-shore sediments. This transport of organic matter is apparent during normal flow when the rivers have a distinct coffee-brown color. Much of the surface sediment on the floor of Hudson Bay contains from 0.25 to 0.50 percent organic matter (Pelletier *et al.*, 1968, p. 602).

The calcareous nature of the mineral soils of the estuaries is to be expected. Pelletier *et al.* (1968) mapped the contents of carbonate in sediments of Hudson Bay and, for the near-shore zone between Cape Henrietta Maria and Hayes River, assigned a level of 30 to 50 percent calcium-carbonate equivalent. The levels of carbonate equivalent that we determined for the estuary sediments (Table II) fit well into this range and correspond to range of 15 to 50% reported by Protz (1982) for gleysolic soils of the Ontario coastal zone. All of the rivers in their lower reaches cross a broad terrane of Paleozoic rocks—the Hudson Bay lowland—rich in limestones and dolomites (Norris & Sanford, 1968, Fig. 3). Also, tills and other glacial sediments that are being eroded are calcareous. The eastward current in Hudson Bay may carry these riverine sediments long distances, thereby mixing

adjacent drainage basins and thus creating a more homogeneous near-shore sediment.

The following section, devoted to discussion of the composition of waters, gives evidence to the relative salinities of the sites sampled. The water quality data and the soil data indicate that great ranges of salinity occurred in the *Eleocharis* association that we sampled. Sodium, for example, ranged from about 30 to 1,000 mM, however, the estuarine soils are not generally salt-affected. Rather, it appears that large amounts of flood and meltwaters continually move coastward from the interior peatlands and flush salts out. Where permafrost is present, another process, described by Kershaw (1976) for the Pen Islands, is operative. In these environments water moves across the permafrost and in many places creates nearly continuously saturated conditions. The extensive freshwater meadows to landward are created by these processes. We did not attempt to classify these soils. It is apparent from the organic matter data (Table II) that these are, except for the *Carex* fens on the Sutton and Winisk estuaries, mineral soils. Protz (1982) has identified these soils as gleysols. At no time during sampling did we detect the odor of hydrogen sulphide despite the buried organic zones and saturated conditions. Lack of odor probably is a reflection of alkaline pH of soil waters. Some "boils" (up to 25-cm diameter) created by gases—perhaps methane—raising thin sediment layers were noted in the high tide zone at the Moose estuary.

SOIL WATERS

Data for P, $\text{SO}_4\text{-S}$, Cl, Ca, Mg, K, and Na are presented in Table IV. Sodium is characterized by a great range in concentration, presumably in response to the interaction of tidal influence and fresh-water leaching. To a lesser degree, the other analytes also reflect a substantial range in water-soluble forms. Given their locations near tide, water samples from soil sites in *Eleocharis* associations on the Missisicabi (S146) and Albany (S160) estuaries were lower than anticipated and the single sample from a site that we identified as being inundated by high tide on the Hayes estuary was very low, and in most respects resembled the samples from *Carex* fens. The higher levels of Na and Mg observed in some soil waters were also reflected in higher levels of these elements in vegetation collected from these sites; an

TABLE III

Sulfur soluble in sodium-bicarbonate extracts of soils from four estuaries

Estuary	Sample number	Total S ($\mu\text{g/g}$)	Soluble (% of total)
Missisicabi	S146	480	35
	S148	621	27
	S149	399	34
	S154	403	45
Kapiskau	S155	1151	23
	S157	1092	43
	S158	1685	35
Winisk	S165	1459	38
Hayes	S172	366	59
	S173	706	29

exception was the high Mg characteristic of *Puccinellia* from the Hayes estuary.

Glooschenko & Clarke (1982) sampled soils from six vegetation zones at North Point (Fig. 1B) at four times from mid-June to late August. Saturation paste extracts of these samplings revealed several relationships: 1) soil salinity tended to decrease through the summer, 2) salinity was highest where topography tended to trap tidewater and salinity was persistently high in pond/pan areas, and 3) salinity was lowest in the willow zone although salinity in early summer was high from tides driven inland by storms of the previous autumn. The results of this study suggest that our sampling done in September may reflect low points in the annual cycle of chemical character of the fens. Chemistry of soil water in areas of the *Eleocharis* association, which is strongly represented in our sampling (Table IV), showed the smallest variation with time in the study of Glooschenko & Clarke (1982).

Chabreck (1972) and Brupbacher *et al.* (1973) have assembled large bodies of data for soils representing salinity clines and associated vegetation zones along the Louisiana coast. Regrettably, their data for water-

soluble materials are presented in terms that are not directly comparable to the data in Table IV. Also, the Louisiana soils, even those closest to the coast, are organic-rich in contrast to the distinctive mineral soils of the estuaries of Hudson and James bays. Nevertheless, it is of interest to note that water-soluble Ca, Mg, and Na were found to be high in soils of the fresh-vegetation type (Chabreck, 1972, Tables 27, 28, and 29, respectively) of the inland marshes that are used by lesser snow geese during the winter. The soil waters of the Hudson-James bay estuaries are highly mineralized compared with mean concentrations of cations and anions found in saturation extracts of 68 California soils by Bradford *et al.* (1971).

PLANTS

Our determinations of above-ground biomass are presented in Table V. Biomass within the *Eleocharis* zone was quite variable although replication within any one meadow was good. The source of variability between sites was not readily apparent in either the soil-water data or in the soil data, for example, the available P. Among the eight marsh zones that Glooschenko (1978) identified at

TABLE IV

Contents of P (filtered, H₂SO₄ hydrolyzed), SO₄-S, Cl, Ca, Mg, K, and Na in soil water from sites on estuaries of James and Hudson bays. The median concentrations for saturation extracts of 68 samples from 30 important agricultural-soil series in California are appended for comparison (Bradford *et al.*, 1971)

Estuary and plant association	Corresponding soil sample number	Analyte (mg · l ⁻¹)						
		P	SO ₄ -S	Cl	Ca	Mg	K	Na
Missisicabi <i>Eleocharis</i>	S146	n.d.	89	617	113	52	6	594
	S147	0.05	44	824	140	73	20	2,540
Moose <i>Carex-Eleocharis</i>	S144	n.d.	300	n.d.	320	464	300	23,800
	S145	0.45	256	n.d.	353	171	300	24,000
Albany <i>Eleocharis</i>	S160	1.0	4	20	103	93	27	637
	S159	n.d.	100	n.d.	170	233	30	15,700
	S159	0.34	40	n.d.	260	218	10	2,200
Kapiskau <i>Eleocharis</i>	S155	n.d.	85	n.d.	130	359	90	18,100
	S157	0.30	2	1320	95	31	11	1,640
Sutton <i>Carex meadow</i>	S162	0.11	23	123	94	17	4	188
	S163	0.11	7	93	131	17	3	171
Winisk <i>Carex meadow</i>	S167	0.25	10	70	135	16	8	164
Hayes High tide	S173	0.24	39	65	32	11	5	177
California soils	—	n.d.	7	25	60	12	10	45

North Point, James Bay, only our *Puccinellia* estimate on the Hayes River and the *Carex paleacea* estimate on the Moose estuary are directly comparable. Glooschenko (1978, his Table 1) found a mean of 392 g/m² (std. dev., 84) of above-ground biomass for five samples within the intertidal colonization which was at least three-quarters populated by *Puccinellia*. Given the variation Glooschenko found in the North Point intertidal zone, the production of *Puccinellia* on the estuary is not significantly different. Glooschenko found a mean of 431 g/m² (std. dev., 80) for four samples in his *Carex paleacea* zone which is substantially greater than the 18 g/m² that we found. The Moose estuary site on Shipsands Island probably represents a much more saline environment (note water analysis in Table IV) than that defined by Glooschenko for his *C. paleacea* zone which he identified as beginning about

580 m from the seaward side of the intertidal colonization. Parker (1975, p. 32) found that, where sedges (mostly *Carex* sp.) comprised 90 percent of the cover on his sedge-willow meadow on Southampton Island, annual production of sedges "approached 600 kg/ha." This is equivalent to 60 g/m² and within the variability found for the *Carex* meadow sampled on the Sutton estuary. White *et al.* (1975) measured 69 g/m² of biomass, 94 percent of which was dead, in a *Carex aquatilis* marsh at Prudhoe Bay, Alaska. This latter measurement was made on September 19. About 62 percent of the sedge was dead on August 7. Jefferies (1977) found the following above-ground biomass in sedge swards in the high Arctic: *Carex ramenskii* at Tuktoyaktuk, 155.7 ± 89.4 g/m² (\bar{x} and S_x); *Carex subspathacea* at Point Barrow, 94.2 g/m²; *Carex ursina* on Devon Island, 120.9 ± 16.7 g/m² (\bar{x} and S_x); and

TABLE V

Above-ground biomass for plant associations on estuarine meadows of James and Hudson bays sampled September 1975. Plant samples with the same letter in the sample number are replicates taken several metres apart

Estuary and plant association	Plant species	Sample number		Above-ground biomass (g/m ²)
		Plant	Soil	
Missisicabi <i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis</i> sp.	V159a	S146	125
	" "	V160a	S147	149
	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V161b	S148	401
	" "	V162b	S149	466
Moose <i>Carex-Eleocharis</i>	<i>Carex paleacea</i>	V153	S144	18
	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V154	S145	274
Albany <i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis (uniglumis?)</i>	V173a	S159	56
	" "	V252a	S159	47
	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V253a	S159	52
	" "	V254a	S159	98
	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V174b	S160	176
" "	V239b	S160	172	
Kapiskau <i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis</i> sp.	V245	S155	27
	" "	V246	S156	25
	Sedge or grass	V247a	S157	96
	" " "	V249a	S157	86
Sutton <i>Carex</i> meadow	<i>Carex aquatilis</i>	V198	S162	156
	" "	V202	S163	75
Winisk <i>Carex</i> meadow	<i>Carex</i> sp.; <i>Equisetum scirpoides</i>	V231	S167	171
Hayes High tide	<i>Puccinellia (phryganooides?)</i>	V209	S173	610

TABLE VI

Contents of selected elements and ash in plants of estuaries on James and Hudson bays. The plant associations are arranged in order of increasing distance from tidal influence. Soil sample numbers refer to surface-soil samples taken at plant-collection site. Soil characteristics are described in Table I

Estuary and plant association	Plant sampled	Sample number		Element or ash (%)								
		Plant	Soil	N	S	P	Ca	Mg	K	Na	Ash	
Missisicabi High tide <i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis halophila</i> (?)	V171	S150	1.10	0.24	0.13	1.29	0.73	0.55	1.42	17.02	
	<i>Eleocharis</i> sp.	V159	S146	2.04	0.40	0.21	0.77	0.51	1.48	1.52	12.36	
	" "	V160	S147	1.71	0.32	0.22	0.78	0.38	1.84	1.33	12.44	
	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V161	S148	1.43	0.28	0.20	1.29	0.53	1.71	1.22	16.19	
	" "	V162	S149	1.49	0.34	0.20	1.15	0.52	1.88	1.42	14.88	
	<i>Juncus</i>	<i>Juncus (alpinus?)</i>	V169	S152	1.37	0.32	0.15	1.51	0.83	1.02	0.91	16.83
		<i>Scirpus americanus</i>	V170	S151	0.98	0.25	0.12	0.69	0.32	0.98	1.07	11.79
	Willow	<i>Carex paleacea</i>	V163	S154	1.30	0.21	0.14	0.63	0.21	1.32	0.49	6.78
		<i>Equisetum arvense</i>	V164	S153	1.14	1.99	0.13	2.79	0.65	2.64	0.14	29.04
	Moose <i>Triglochin</i>	<i>Triglochin maritima</i>	V158	S143	2.12	0.34	0.19	1.27	0.76	2.03	4.32	20.63
<i>Scirpus paludosus</i>		V152	—	1.44	0.13	0.21	0.69	0.42	0.97	1.27	10.26	
" " (seed head)		V152A	—	1.26	0.12	0.22	0.62	0.36	0.48	0.81	6.79	
<i>Carex salina</i>		V155	—	2.78	0.31	0.40	2.07	1.05	2.02	2.39	29.63	
<i>Carex-Eleocharis</i>	<i>Carex paleacea</i>	V153	S144	2.59	0.26	0.30	0.52	0.27	1.94	1.12	9.17	
	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V154	S145	1.35	0.28	0.14	1.07	0.64	0.93	3.02	23.21	
Albany <i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V175	—	1.06	0.24	0.19	1.26	0.43	1.08	0.75	15.20	
	" " , <i>Juncus (alpinus?)</i>	V176	—	0.93	0.25	0.16	1.93	0.70	1.30	0.59	19.69	
	" "	V174	S160	2.14	0.34	0.24	2.00	0.87	2.18	1.92	25.37	
	" "	V239	S160	1.37	0.32	0.21	1.86	0.64	1.71	0.64	20.05	
	" "	V253	S160	1.18	0.24	0.25	1.63	0.53	1.58	0.53	19.66	
	" "	V254	S160	1.13	0.22	0.18	1.49	0.43	1.76	0.43	17.14	
	<i>Juncus</i> sp.	V241	S160	1.30	0.24	0.25	1.57	0.45	1.66	1.29	15.28	
	" (root)	V240	S160	0.73	0.11	0.25	2.04	0.56	0.55	0.65	20.97	
	<i>Eleocharis (uniglumis?)</i>	V173	S159	1.39	0.26	0.20	1.50	0.52	1.39	1.03	17.48	
	" "	V175	—	1.06	0.24	0.19	1.26	0.43	1.08	0.75	15.20	
	" "	V252	S159	1.37	0.26	0.21	1.43	0.50	1.44	1.34	19.21	

Kapiskau <i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis</i> sp.	V245	S155	1.11	0.22	0.11	1.71	0.42	1.02	0.92	15.12
	" "	V246	S156	1.32	0.15	0.13	1.74	0.39	0.99	0.78	15.41
Sutton <i>Carex meadow</i>	Sedge or grass	V247	S157	1.58	0.28	0.22	0.81	0.20	1.98	0.86	12.36
	" " "	V249	S158	1.59	0.22	0.22	0.89	0.23	1.70	0.67	12.77
	<i>Scirpus paludosus</i> ^a	V250	S158	1.83	0.27	0.31	1.01	0.28	2.06	0.87	14.91
	" "	V248	S158	0.91	0.09	0.18	0.45	0.14	1.15	0.84	6.70
	<i>Carex aquatilis</i>	V193	S161	1.65	0.17	0.15	0.94	0.26	1.66	0.16	9.00
" "	V195	—	1.77	0.29	0.22	0.92	0.19	1.41	0.06	11.13	
<i>C. aquatilis</i> (?)	V194	—	1.67	0.22	0.20	0.79	0.16	1.38	0.12	7.80	
<i>Carex aquatilis</i>	V199	—	2.49	0.21	0.24	0.61	0.14	1.33	0.14	5.79	
<i>C. aquatilis</i> (?)	V198	S162	1.42	0.14	0.14	0.68	0.18	1.15	0.12	5.72	
" "	V201	—	1.58	0.12	0.17	0.46	0.13	1.45	0.09	5.66	
<i>Carex aquatilis</i>	V202	S163	1.41	0.10	0.13	1.07	0.18	1.11	0.10	5.99	
" "	V203	—	1.75	0.20	0.17	0.54	0.05	1.40	0.08	4.94	
Winisk <i>Carex meadow</i>	<i>Carex</i> sp. ; <i>Equisetum scirpoides</i> ^b	V231	S167	1.35	0.21	0.08	1.28	0.14	0.93	0.14	5.76
	<i>Carex aquatilis</i>	V232	S164 ^b	1.73	0.26	0.10	0.47	0.10	1.16	0.09	3.97
	<i>Equisetum scirpoides</i>	V226	—	1.95	0.16	0.26	1.88	0.27	0.95	0.16	20.63
	<i>Triglochin maritima</i>	V228	—	1.99	0.25	0.22	0.78	0.21	2.23	0.62	6.59
Hayes High tide	<i>Puccinellia (phryganoides?)</i>	V206	S170 ^c	1.31	0.17	0.17	8.58	2.84	1.42	0.38	52.57
	" "	V207	S172	1.76	0.19	0.25	5.24	1.79	1.62	0.38	37.17
	" "	V208	S173	1.76	0.15	0.24	5.43	2.04	1.78	0.42	37.77
	" "	V209	S173	1.09	0.13	0.15	7.80	2.82	1.16	0.15	52.13
	" "	V210	S174	1.98	0.24	0.24	4.13	1.44	2.00	0.42	28.30
	" "	V211	S174	1.52	0.16	0.19	6.09	2.16	1.32	0.18	38.20
<i>Eleocharis</i>	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V212	S174	1.95	0.19	0.18	1.92	0.65	2.12	0.55	19.12
	<i>Eleocharis uniglumis</i>	V214	—	1.47	0.18	0.28	1.99	0.65	1.82	0.59	19.42
	" "	V213	—	1.37	0.16	0.17	2.90	1.06	1.30	0.52	21.59
	" "	V216	—	1.57	0.18	0.18	1.86	0.33	1.09	0.14	9.37
	Unidentified small sedge	V217	—	2.07	0.31	0.19	4.22	1.18	1.05	0.20	30.55
	<i>Eleocharis halophila</i>	V215	—	1.29	0.14	0.12	2.05	0.44	0.70	0.14	8.88

a Not used as food at this site.

b Also S165 sampled at this site.

c Also S171 sampled at this site.

Carex ursina at Prudhoe Bay, 67.7 g/m². These more northern meadows are very similar in biomass to those on James and Hudson bays.

Contents of the macro-elements, Na and ash, are presented in Table VI. For all samples the mean N content is 1.54 percent (\bar{S}_x , 0.06 percent), which is equivalent to 9.72 percent crude protein. Mean S content is 0.26 percent (\bar{S}_x , 0.03 percent) and mean P is 0.19 percent (\bar{S}_x , 0.01 percent). There is no apparent relationship between plant P and P extracted from the soils with sodium bicarbonate. The alkaline earths, Ca, and Mg, have mean contents of 1.87 (\bar{S}_x , 0.24 percent) and 0.63 percent (\bar{S}_x , 0.08 percent), respectively. The alkalis, K and Na, have mean contents of 1.43 (\bar{S}_x , 0.06 percent) and 0.76 percent (\bar{S}_x , 0.10 percent), respectively. The mean ash content is 17.24 percent (\bar{S}_x , 1.48 percent). Mean contents of Ca, Mg, K, Na, and P are presented in Table VII with average contents of mature grasses from the Northern Great Plains—an immense area that sustains a large, diverse herbivorous fauna. Comparison of these means should take into account that the plants from estuarine sites are largely grasslike, representatives of the Cyperaceae and Juncaginaceae, and that some unestimated amount of sediment and sea salts adhered to those plants collected in the intertidal zone. This latter caveat is important to the comparison between these ecosystems but is even more significant because the adventitious minerals undoubtedly contribute to nutrition of the geese eating the forage. In any event, the means gathered in Table VII suggest that the estuarine samples are unusually mineral rich.

Prevett *et al.* (1979) have determined that the diet of snow geese feeding on the estuaries of southern James Bay consisted of half to two-thirds shoot, from one-fifth to nearly one-third root, and about one-sixth seed. As the fall feeding period progressed, roots assumed more importance in the diet, perhaps a result of senescence and attendant decline of palatability of aerial plant parts and/or an expression of nutritional wisdom on the part of the geese to seek energy-rich storage organs. Regrettably, our collection included but one sample of roots (*Juncus* sp.) taken on the Albany estuary where the craters made by rooting geese were obvious. The analytical results for this sample (Table V) suggest that the root has less N, S, K, and Na than the aerial parts, perhaps a reflection of dilution by large

amounts of oligosaccharides being stored in the roots at this time. In collecting the root sample, we attempted to keep it as free as possible from the loamy soil that it grew in. The ash level of 20.97 percent compared with 15.28 percent for the aerial parts suggests that only a small amount was carried on the roots, perhaps about that consumed by geese rooting in this material. Calcium and Mg are present at substantial levels.

The sedge fens sampled on the Winisk and Sutton estuaries are characteristic of the environments that Prevett *et al.* (1979) studied at Winisk. At Winisk, the goose diet consists of 82 percent Equisetaceae shoot (Prevett *et al.*, 1979, Table 2). The average composition of nutrients and ash in *Carex* sp., *Equisetum* sp., and *Triglochin maritima* collected on these two meadows are presented in Table VIII. The ash levels in *Equisetum* are, of course, high, the scouring rushes being noted for their mineral-rich character and especially for their silica content (Lovering & Engel, 1967). Compared with plants of the intertidal zone, the ten *Carex* specimens and single *Triglochin* sample from these inland sites contain appreciably less ash. Some of this difference can be traced to higher Ca and Na in plants growing on intertidal sites; however, the proportion of Ca and Na that occurred in the plant and that which was adventitious minerals must both be available for absorption in the intestine. Parker (1975, Table 6) presented mean values of 0.18 and 0.44 percent, respectively, for P and Ca in four samples of *Carex bigelowii* collected in August on Southampton Island. The Ca level is about half the mean found in the *Carex* meadows of the Winisk and Sutton estuaries, but the P level is nearly identical. It is not clear whether Parker's samples come wholly or, in part, from the widespread limestone terrane as opposed to the granitic area of the island, although the former is more likely. Along the southern coast of Southampton Island a 10- to 13-cm thick organic mat overlies the limestone. This mat affects the availability of nutrients for sedges rooted in it and the underlying limestone does not influence the Ca content of the flora as much as might be expected.

The correlations of N, S, and P contents of plants collected from sites at which soils were collected (Table II) did not correlate well with organic matter, total S, and plant-available P, respectively. The coefficients of determination for these respective linear cor-

TABLE VII

Concentrations of several mineral nutrients (%) in mature grasses of the northern Great Plains and grasses and grass-like plants of James and Hudson bays

Area	n	P	Ca	Mg	K	Na	Source
Wyoming, Red Desert	2	0.10	0.33	0.33	—	—	Hamilton (1958) Fairaizl (pers. comm., 1979)
North Dakota	12	—	0.10	0.10	0.31	0.0030	
Wyoming and Montana (Powder River Basin)	46	0.06	—	—	—	0.0063	Erdman & Gough (1975) This study
James and Hudson bays	55	0.19	1.87	0.63	1.43	0.76	

relations were 0.004, 0.026, and 0.08. The correlation of organic matter with plant N can be expected to be imperfect because of the complicated relationships between available N and organic matter through the growing season. The relationship between total S and plant S might be expected to be closer given the rather consistent proportion of S extracted by sodium carbonate (Table III); this fraction is thought to be labile and readily available to plants. The relationship of plant P to Olson's measure of available is unexpectedly poor. Perhaps the lack of close correspondence between these three sets of variables is, in part, due to the phenological changes in soil solution chemistry common to many fen sites (Glooschenko & Clarke, 1982).

NUTRITION OF GEESE

Little is known regarding mineral nutrition of domestic geese, let alone the wild goose (N. Allen, 1980, pers. comm.). Burton *et al.* (1979) have provided valuable data for alimentary tract morphology and metabolic status of lesser snow geese eating rhizomes of *Scirpus americanus* on the Fraser River

estuary in British Columbia. Their study stressed the poor efficiency of utilization; only about 36 percent of the ingested energy was utilized by caged birds. Also, mean retention of digesta was 134 minutes (Burton *et al.*, 1979, p. 733), which is from one-third to one-half of that observed in young chicks (*Gallus domesticus*).

The unusual capacity of the goose to fatten was described by Benedict & Lee (1937) who pointed out that only domestic swine compared with this bird. From collections of geese arriving on and departing from meadows on James Bay, Wypkema & Ankney (1979) determined that significant ($P < 0.01$) increases in fat occurred for adult females (123 to 279 g), juvenile males (151 to 161 g), and juvenile females (112 to 253 g).

Probably the geese feeding on the estuaries surfeit themselves, thus deriving carbohydrate and plant lipids for lipogenesis (Prevett *et al.*, 1979, p. 741). Thomas & Prevett (1980) recently reported proximate (non-mineral) and mineral nutrient data for *Triglochin maritima* seed capsules and *Triglochin palustris* bulbs from James Bay localities.

TABLE VIII

Mean contents of selected elements and ash (%) in plants from *Carex* meadows on the Winisk and Sutton estuaries and in plants from other sites, mostly intertidal, on estuaries of James and Hudson bays. Contents of P and alkaline earth and alkali elements in practical grower and holding/breeder rations for domestic (Embden) geese are included for comparison (courtesy of Prof. N.K. Allen)

Type of site or goose ration	n	N	S	P	Ca	Mg	K	Na	Ash
<i>Carex</i> meadow	12	1.73	0.19	0.17	0.87	0.17	1.35	0.16	7.75
Other than <i>Carex</i> meadows	43	1.49	0.27	0.20	2.15	0.76	1.45	0.93	19.89
All sites	55	1.54	0.26	0.19	1.87	0.63	1.43	0.76	17.24
Grower	—	—	—	0.35	0.70	0.18	0.67	0.13	—
Holding/Breeder	—	—	—	0.35	0.72 ^a	0.17	0.49	0.15	—

^a Laying geese offered oyster shell *ad libitum*.

ties. Both seeds and leaves were utilized by geese during growth and refeathering and bulbs were eaten later in the year during fattening prior to fall migration. The bulbs were found to contain 76 percent nitrogen-free extract, 1 percent lipid, and 13 percent crude protein. In Table IX, we present data for non-structural carbohydrate in four samples of sedges and one *Equisetum* that we collected. Means, calculated from Smith (1968), for temperate grasses are included in Table IX for comparison with the estuarine material. One must recognize that the grass data are for stem bases and/or rhizomes, whereas, the estuarine material, except for the *Juncus* root, is for total aerial plant biomass including some dead tissue. With these caveats in mind, the levels of non-structural carbohydrate in the estuarine plants probably compare favorably with the temperate grasses. The bulbs of *T. palustris* and the *Juncus* roots represent rich sources of starch and oligosaccharides, the relative proportions of which are yet to be determined. Smith (1968) found that important grasses native to north central United States and adjacent Canada store carbohydrate largely as fructosan, a character that distinguishes them from tropical species that store starch. If the grasses and sedges of the fens contain largely fructosan, ease of lipid formation in the goose is facilitated by a pathway through triose-phosphate and glycerol-3 phosphate to acyl-CoA. Large amounts of fructose in the goose diet also enhance production of NADH by way of the pentose phosphate shunt, thus providing the reducing capacity necessary following condensation of acetyl-CoA to form long-chain fatty acids.

The increased crude fiber in mature aerial plant parts is unavailable to these geese (Burton *et al.*, 1979); however, the role of *Equisetum* and plant parts unusually high in ash content may be significant to digestive efficiency and the speed of fat accumulation. Kaolin clays, for example, have been found to increase feed efficiency in chickens when the mineral is present at about five percent of the diet (Matterson *et al.*, 1972; Spandorf *et al.*, 1972). In view of the rapid passage of digesta in geese, it is possible that both choice of high ash food like *Equisetum* in the fen environment and the use of sediment-encrusted forage in the intertidal zone tend to slow down the rate of digesta transit. Rindsig & Schultz (1970) suggested that bentonite, at five percent, had

TABLE IX

Contents of non-structural carbohydrate in the whole plant of selected sedges and an *Equisetum* from estuaries of James and Hudson bays. For purposes of comparison, mean contents of carbohydrate in stem bases and/or rhizomes of three grass subfamilies collected in Wisconsin and North Dakota (Smith, 1968) are included. All data are on a dry-weight basis

Estuary and plant or grass subfamily	Non-structural carbohydrate (%)
Moose	
<i>Triglochin maritima</i>	2.58
Albany	
<i>Juncus</i> sp. (top)	8.53
<i>Juncus</i> sp. (root)	15.41
Sutton	
<i>Carex aquatilis</i>	5.67
Winisk	
<i>Equisetum scirpoides</i>	7.77
Festucoideae ^a	21.28
Eragiostoideae ^b	16.42
Panicoideae ^c	14.78

^a Mean of 12 species.

^b Mean of 9 species.

^c Mean of 6 species.

this effect in a cow diet. Notwithstanding this physical effect, if it does occur in geese, the foods that we collected have very favorable mineral nutrient levels which must contribute to ease of lipid production in ways yet to be elaborated and also to any structural growth of juvenile geese while using the estuarine meadows.

One of our sampling objectives was to evaluate the importance of sulfur in the estuarine meadow ecosystems; therefore, it is appropriate to conclude with remarks about sulfur. Thomas & Prevet (1980) obtained amino acid analyses for *Triglochin* seed capsules and for bulbs and compared the various amino acid contents with recommended levels for commercial goose starter and finishing diets. Both cystine and methionine in capsules and bulbs were far below recommended levels in each diet. Thomas & Prevet (1982) also found cystine and methionine at very low levels in emergent stems of *Equisetum fluviatile* collected on the James Bay coast. The amino acid contents of plants collected by us were not determined so we cannot make unequivocal remarks regarding the contribution of the plants that we collected toward sulfur nutri-

tion. However, levels of total sulfur that we found are typical of mature grasses on rangeland. The aerial plant parts are richer in sulfur than roots and rhizomes and the geese contribute to their sulfur needs by grazing on these plant parts. Sulfur from sulfate may contribute to sulfur ultimately incorporated into cystine as has been found where sulfate was injected in poultry (Baker, 1977); however, methionine was not spared by sulfate. The necessity of sufficiency of these S-bearing amino acids would be particularly acute for juvenile female geese which are, up to the time that they leave the Bay, still in the process of accumulating bone and other proteinaceous tissue (Wypkema & Ankney, 1979). Sulfate-S, of course, may come from plant, soil, or water sources.

Acknowledgments

We especially thank K. Reynolds, former Deputy Minister of the Ontario Ministry of Natural Resources, for his interest in and support of the project. We gratefully acknowledge the support of the following people in collecting samples and in providing guidance in the field: F. Johnson, P. Prevett, G. Butterfly, A. Rickert, and J. Hatley. C. Currie of the Ontario Ministry of Natural Resources made many of the arrangements necessary for efficient sample collection and D. McClellan of the Ontario Flying Service was outstandingly helpful in assuring the success of the fieldwork as well as being a delightful companion. The Department of Agronomy, and the Graduate Research Board of the University of Illinois provided financial support. A. Brigham performed the soil-water analyses and M. Pence ably assisted in much of the other analytical work. Data for total nonstructural carbohydrate were generously provided by R. Walgenbach. R.G. Darmody, K.R. Robertson, G.C. Sanderson, and V.G. Thomas read and commented on the manuscript.

References

- ALLISON, L.E., 1965. Organic carbon. — Pages 1367-1378 in C.A. Black. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* Am. Soc. Agron. Mon., no. 9, 801 p.
- BAKER, D.H., 1977. Sulfur in nonruminant nutrition. — National Feed Ingredients Assoc., West Des Moines, Iowa, 123 p.
- BARDSLEY, C.E. & J.D. LANCASTER, 1965. Sulfur. — Pages 1102-1116 in C.A. Black. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* Am. Soc. Agron. Mon., no. 9, 801 p.
- BAUER, A.E., B. NORUM, J.C. ZUBRISKI & R.A. YOUNG, 1966. Fertilizer for small grain. Production on summer fallow in North Dakota. — N. Dak. Agr. Exp. Sta. Bull., no. 461, 54 p.
- BENEDICT, F.G. & R.C. LEE, 1937. Lipogenesis in the animal body, with special reference to the physiology of the goose. — Carnegie Inst. Wash. Publ., no. 489, 232 p.
- BOWEN, H.J.M., 1966. Trace elements in biochemistry. — Academic Press, New York, 234 p.
- BRADFORD, G.E., F.L. BAIR & V. HUNSAKER, 1971. Trace and major element content of soil saturation extracts. — Soil Sci., 112: 225-230.
- BRUPBACKER, R.H., J.E. SEDBERRY Jr. & W.H. WILLIS, 1973. The coastal marshlands of Louisiana. Chemical properties of the soil materials. — La. Agr. Exp. St. Bull., no. 672, 34 p.
- BURTON, B.A., R.J. HUDSON & D.D. BRAGG, 1979. Efficiency of utilization of bullrush rhizomes by lesser snow geese. — J. Wildl. Mgmt, 43: 728-735.
- CHABRECK, R.H., 1972. Vegetation, water and soil characteristics of the Louisiana coastal region. — La. Agr. Exp. Sta. Bull., no. 664, 72 p.
- ERDMAN, J.A. & L.P. GOUGH, 1975. Trace elements in soil, lichen and Grama grass of the Powder River basin. — U.S. Geol. Surv. Open-file Rep. no. 75-436, p. 10-19.
- GLOOSCHENKO, W.A., 1978. Above-ground biomass of vascular plants in a subarctic James Bay salt marsh. — Can. Fid Nat., 92: 30-37.
- GLOOSCHENKO, W.A. & K. CLARKE, 1982. The salinity cycle of a subarctic marsh. — Naturaliste can., 109: 483-490.
- HAMILTON, J.W., 1958. Chemical composition of certain native forage plants. — Wy. Agr. Exp. Sta. Bull., no. 356, 44 p.
- HANSON, H.C. & R.L. JONES, 1976. The biogeochemistry of blue, snow, and Ross' geese. — Southern Ill. Univ. Press, Carbondale, 281 p.
- JEFFERIES, R.L., 1977. The vegetation of salt marshes at some coastal sites in arctic North America. — J. Ecol., 65: 661-672.
- JEFFERY, P.G., 1975. Chemical methods of rock analysis. 2nd ed. — Pergamon Press, New York, 525 p.
- JOHNSON, C.M. & H. NISHITA, 1952. Microestimation of sulfur in plant materials, soils, and irrigation waters. — Anal. Chem., 24: 736-742.
- KERSHAW, K.A., 1976. The vegetation zonation of the East Pen Island salt marshes, Hudson Bay. — Can. J. Bot., 54: 5-13.
- LOVERING, T.S. & C. ENGLE, 1967. Translocation of silica and other elements from rock into Equisetum and three grasses. — U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., no. 594-B, 16 p.
- MATTERSON, L.D., A.H. SPANDORF & J.J. TLUSTOHOWICZ, 1972. The apparent nutritional value of kaolins. — Poultry Sci., 51: 1833.
- NORRIS, A.W. & B.V. SANDFORD, 1968. Paleozoic and Mesozoic geology of the Hudson Bay lowlands. — Pages 169-205 in P.J. Hood. *Earth*

- Science Symposium on Hudson Bay. Geol. Soc. Can. Pap., no. 68-53, 386 p.
- OLSEN, S.R. & L.A. DEAN, 1965. Phosphorus. — Pages 1035-1049 in C.A. Black. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Am. Soc. Agron. Mon., no. 9, 801 p.
- PARKER, G.R., 1975. An investigation of caribou range on Southampton Island, NWT. — Can. Wildl. Serv. Rep. Series, no. 33, 82 p.
- PELLETIER, B.R., F.J.E. WAGNER & A.C. GRANT, 1968. Marine geology. — Pages 557-613 in C.S. Beals. Science, history and Hudson Bay, Vol. 2, Can. Dept. Energy, Mines and Res., Ottawa, 554 p.
- PREVETT, J.P., I.F. MARSHALL & V.G. THOMAS, 1979. Fall foods of lesser snow geese in the James Bay region. — J. Wildl. Mgmt., 43: 736-742.
- PROTZ, R., 1982. Development of gleysolic soils in the Hudson and James Bay coastal zone, Ontario. — Naturaliste can., 109: 491-500.
- RINDSIG, R.B. & L.H. SCHULTZ, 1970. Effect of bentonite on nitrogen and mineral balances and ration digestibility of high-grain rations fed to lactating dairy cows. — J. Dairy Sci., 53: 888-892.
- SMITH, D., 1968. Classification of several native North American grasses as starch or fructosan accumulators in relation to taxonomy. — J. Br. Grassld Soc., 23: 306-309.
- SMITH, D., 1969. Removing and analysing total nonstructural carbohydrates from plant tissue. — Wisc. Coll. Agr. Life Sci. Res. Div. Res. Rep., no. 41, 11 p.
- SPANDORF, A.H., L.D. MATTERSON & K. HALL, 1972. Results of feeding kaolin clay to laying hens under varying conditions. — Poultry Sci., 51: 1867.
- STIRRETT, G.M., 1954. Field observations on geese in James Bay, with special reference to the blue goose. — N. Am. Wildl. Conf. Trans., 19: 211-221.
- TABATABAI, M.A. & J.M. BREMNER, 1970. An alkaline oxidation method for determination of total sulfur in soils. — Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34: 62-65.
- TARAS, M.J., A.E. GREENBERG, R.D. HOAK & M.C. RAND, 1971. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13th ed. — Am. Pub. Health Ass., Am. Water Works Ass., and Water Poll. Contr. Fed., 874 p.
- THOMAS, V.G. & J.P. PREVETT, 1980. The nutritional value of arrow-grasses to geese at James Bay. — J. Wildl. Mgmt., 44: 830-835.
- THOMAS, V.G. & J.P. PREVETT, 1982. The role of horsetails (Equisetaceae) in the nutrition of northern-breeding geese. — Oecologia, 53: 359-363.
- WHITE, R.G., B.R. THOMPSON, T. SKOGLAND, S.J. PERSON, D.E. RUSSELL, D.F. HOLLMAN & J.R. LUICK, 1975. Ecology of caribou at Prudhoe Bay, Alaska. — Pages 151-187 in J. Brown. Ecological investigations of the tundra biome in the Prudhoe Bay region, Alaska. Biol. Pap. Univ. Alaska Spec. Rep., no. 2, 215 p.
- WYPKEMA, R.C.P. & C.D. ANKNEY, 1979. Nutrient reserve dynamics of lesser snow geese staging at James Bay, Ontario. — Can. J. Zool., 57: 213-219.

NOMBRES CHROMOSOMIQUES CHEZ LES ASTER DU GROUPE HETEROPHYLLI (ASTERACEAE-ASTEREAE)

L. BROUILLET

Institut botanique, Université de Montréal,
4101 rue Sherbrooke est, Montréal, Québec H1X 2B2

Résumé

De nouvelles données caryologiques, accompagnées d'un commentaire critique, sont présentées pour les *Aster* du groupe des Heterophylli. *Aster ciliolatus* est indéniablement un hexaploïde ($2n = 48$) et pourrait dériver de l'hybride entre un individu tétraploïde d'*A. cordifolius* et l'espèce diploïde *A. urophyllus*. *Aster maccallae* paraît être un synonyme d'*A. subspicatus*.

Abstract

New caryological data, with critical comment, are presented in *Aster*-Heterophylli. *Aster ciliolatus* is definitely a hexaploid ($2n = 48$) which could derive from the hybrid between a tetraploid of *A. cordifolius* and the diploid species *A. urophyllus*. *Aster maccallae* appears to be synonymous with *A. subspicatus*.

Introduction

Le genre *Aster* sensu stricto (Semple & Brouillet, 1980a) (Asteraceae-Astereae) comporte en Amérique du Nord quelques centaines d'espèces. Des travaux récents ont mis en relief la grande variabilité cytologique qu'on y retrouve (Jones, 1977, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b; Löve & Löve, 1982). Des études plus approfondies de certains taxons ont par ailleurs révélé l'ampleur du phénomène de la polyploïdie infraspécifique, particulièrement chez des espèces de la section *Dumosi* (Semple, 1978, 1979).

Le groupe des Heterophylli (section *Dumosi*, Semple & Brouillet, 1980a) comporte dix taxons. Ils se retrouvent dans la forêt décidue orientale de l'Amérique du Nord, quoique deux espèces soient transcontinentales.

Un certain nombre de comptages chromosomiques concernant ces espèces ont été signalés dans la littérature, par Revell (1945), Avers (1953b, c; 1954a, b; 1957), Huziwaru (1958), Van Faasen (1963), Van Faasen & Sterk (1973), Löve & Löve (1964, 1982), Dean (1966), Jones (1977, 1980b), Harriman (1978), Parfitt & Harriman (1981), Semple & Brouillet (1980b), Morton (1981), Fusiak & Morton (1981). Le nombre de base des Heterophylli s'est avéré être de $x = 8$ (Jones,

1977), plutôt que $x = 9$ comme on le croyait auparavant (v.g. Avers, 1953b; Van Faasen, 1963). Fusiak & Morton (1981) ont attribué cette méprise à la présence de chromosomes accessoires.

Dans cet article, nous présentons de nouvelles données cytologiques chez sept espèces d'Heterophylli. Elles apportent certaines clarifications à la taxonomie, la phylogénie et la géobotanique historique du groupe. Nous fournissons également des renseignements sur la taille des grains de pollen en fonction du niveau de ploïdie.

Matériel et méthodes

Des rhizomes ont été récoltés sur le terrain et ont été ensuite plantés en pots dans les serres de l'Université de Waterloo. La partie supérieure des plantes était pressée pour servir de spécimens-témoins déposés à l'Herbier de l'Université de Waterloo (WAT) ou à l'Herbier Marie-Victorin (MT). Tous les dénombrements ont été effectués à partir de mitoses radiculaires. À moins d'indications contraires, chaque comptage ne représente qu'un individu par population échantillonnée. La technique cytologique utilisée a déjà été décrite (Semple, 1978).

Des grains de pollen ont été extraits d'anthères matures de spécimens vivants dont le

nombre chromosomique avait été préalablement déterminé. Ils étaient colorés au carmin acétique en solution dans de la glycérine à 50% durant 24 heures. Seuls des grains colorés ont été mesurés, à un grossissement de 100 X, en évitant les épines et les colpi afin d'obtenir un diamètre standard.

Les abréviations utilisées ci-dessous sont les suivantes (nos. de récolte): B = R.A. Brammall; Bl = V. Blok; Bt = L. Brouillet; C = J. Canne; Ch = J. Chmielewski; H = Hart; M = M.R. Melville; S = J.C. Semple.

Résultats et discussion

En plus des nombres chromosomiques nouveaux, nous présentons des comptages d'*Aster subspicatus* (sous-section *Foliacei*), car son synonyme *A. maccallae* Rydb. a souvent été confondu avec *A. ciliolatus* (Moss, 1959; Boivin, 1972; Jones, 1980a). Nous faisons également un résumé commenté de tous les dénombrements publiés au sujet des *Heterophylli*.

Le tableau I et la figure 1 résument les données touchant la relation entre le diamètre du pollen et le niveau de ploïdie. Bien que le diamètre pollinique s'accroisse avec le nombre chromosomique, comme l'indique la position des modes, aucune des différences ne s'est avérée statistiquement significative.

ASTER AZUREUS Lindley. $2n = 32$.

CANADA, ONTARIO, LAMBTON CO.: Walpole Island, *Bt* & *Seys* 578. ÉTATS-UNIS, INDIANA.

PORTER CO.: US-12, 1.4 mi. W. of Indian Dunes Nat'l Lakeshore, *S* & *Bt* 4528; US-12, W. of Beverly Shores, *S* & *Bt* 4530. MICHIGAN.

BERRIEN CO.: US-12, New Buffalo, *S* & *Bt* 4534.

La quinzaine de dénombrements publiés sont tous tétraploïdes (Avers, 1953b; Van Faasen, 1963; Jones, 1977; Semple & Brouillet, 1980b; Parfitt & Harriman, 1981).

ASTER CILIOLATUS Lindley. $2n = 48$.

CANADA. ALBERTA. Hwy-16, 5.7 mi E of jctn Hwy-881, *S* & *Bt* 4728; Hwy-16, 0.8 mi E of rd to Antler Lake, *S* & *Bt* 4286; Hwy-16, 0.8 mi E of rd to Josephburg, *S* & *Bt* 4288; Hwy-16, 6.2 mi W of Nojack, *S* & *Bt* 4307; Hwy-16, 10.7 mi E of Obed Lake, *S* & *Bt* 4317; Hwy-16, 5.9 mi E of Jasper Nat'l Park, *S* & *Bt* 4321. PARC NAT. DE JASPER: Hwy-16, along Clairvaux Creek, *S* & *Bt* 4325; Miette Hot Springs Rd., 3.5 mi S of Hwy-16, *S* & *Bt* 4334; Hwy-93, 9.6 mi S of Sunwapta Falls, *S* & *Bt* 4344. PARC NAT. DE BANFF: Lake Minnewanka Rd., off Hwy-1, *S* & *Bt* 4343. MANITOBA. Hwy-1, E of Birch River, *S* & *Bt* 4144; dirt rd., 1 mi N of Hwy-1, 1 mi W of rd to Beaver, *S* & *Bt* 4177; dirt rd., 0.6 mi N of Hwy-1, 2.3 mi E of jctn Hwy-352, *S* & *Bt* 4181. ONTARIO. BRUCE CO.: Bruce-9A, S of Cairnlee Village, *Bt* 132; Hwy-6, N of Ferndale, *Bt* & *S* 697; Stokes Bay, Morton NA 10816. COCHRANE DISTRICT: gravel rd SE of Greenwater Prov. Park, *Bl* & *M* 83; Hwy-634, 1 mi N of Smooth Rock Falls, *Bl* & *M* 86; Hwy-634, 17 mi N of Smooth Rock Falls, *Bl* & *M* 86; Hwy-634, 1.5 mi S of Fraserdale, *Bl* & *M* 95. LENNOX AND ADDINGTON CO.: Hwy-41, 7 mi S of jctn Vennacher Rd., *Bt* & *B* 629. MANITOULIN DISTRICT (Manitoulin Is.): Hwy-68, N of South Baymouth, *Bt* 160; Sheguiandah, quartzite quarry, *Bt* 184, 185, 186, 188, 189, 206, 208, 209, 210, 212; Little Current, *Bt* 270; Hwy-540, 12.9 mi E of West Bay, *Bt* 285, 289; Hwy-540, 5.5 mi W of West Bay, *Bt* 296; Kagawong, *Bt* 302; Hwy-540A, at Gore Bay Airport rd., *Bt* 321, 322; Meldrum Bay, *Bt* 335; Mississagi lighthouse, *Bt* 338; Hwy-540, ca. 1 mi W of Shesigwaning Rd., *Bt* 349. MUSKOKA DISTRICT: Hwy-11, ca. 2 mi N of Hwy-117, *S* 3968. NIPISSING DIS-

TABLEAU I

Diamètres polliniques chez certains *Heterophylli*

Espèce	$2n$	N plantes	N grains	\bar{x} diam. (μm)	e.s. (μm)	Variation (μm)
<i>A. urophyllus</i>	16	5	150	21,87	1,51	17,5-26,9 (-29,4*)
<i>A. azureus</i>	32	2	60	24,22	1,83	19,5-28,2
<i>A. cordifolius</i>	32	5	125	24,12	2,18	19,5-28,8 (-32,5*)
<i>A. ciliolatus</i>	48	12	346	26,90	2,54	19,5-32,5 (-39,6*)
<i>A. laevis</i>	48	10	299	25,77	2,44	19,5-32,5

* Grains anormalement gros, non inclus dans le calcul du diamètre moyen si $\geq 32,5$ chez *A. ciliolatus*, et $\geq 29,4$ chez *A. cordifolius*. Un seul grain chez *A. urophyllus*.

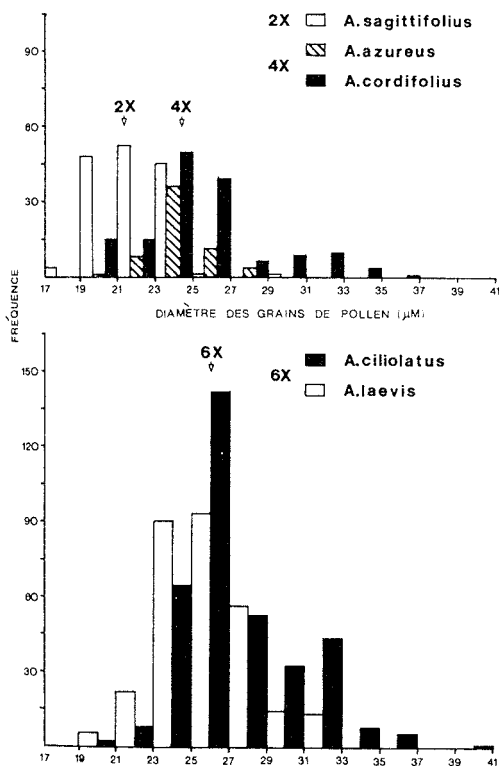


Figure 1. Histogramme de fréquence des diamètres polliniques de cinq espèces d'*Aster* sous-section *Heterophylli*. Les flèches indiquent le mode à chaque niveau de ploïdie.

TRICT: Hwy-17, 17 mi W of Deux Rivières, Bt & M 60, 62; Samuel de Champlain Prov. Park, Bt & M 67. OTTAWA-CARLETON REG. MUN.: Stittsville, Bt & M 33, 39; Nepean, Bt & Lesage 768. PARRY SOUND DISTRICT: Hwy-11, 4 mi N of Powasson, Bt & M 75, 77. RAINY RIVER DISTRICT: Hwy-11, 3 mi E of jctn Hwy-11B, S & Bt 4123; River Rd., E of Mines Creek Chapel, S & Bt 4128; River Road, 4.2 mi NW of jctn Distr. Rd. 600, S & Bt 4130; Hwy-11, 2.1 mi W of Barwick, S & Bt 4134. RENFREW DISTRICT: Hwy-17, 2 mi E of Deux-Rivières, Bt & M 52. SIMCOE CO.: Hwy-26, N of Wasaga Prov. Park, Bt & B 677. SUDBURY DISTRICT: Azilda, Bt & M 53A; Hwy-144, 44 mi N of Gogoma, Bt & M 74.

Nos données, ainsi que des dénombrements récents (Jones, 1977, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b; Morton, 1981; Löve & Löve, 1982) démontrent que cette espèce transcontinentale boréale est hexaploïde. Cependant, certains comptages sont contradictoires. Avers (1953b), Van Faasen (1963), et Löve & Löve (1964) ont publié les nombres $2n (= 8x) = 72$. Les spécimens de Avers et de Löve & Löve sont

correctement identifiés, mais je n'ai pu avoir confirmation de celui de Van Faasen. S'agirait-il d'une interprétation fautive pour raisons psychologiques (Favarger, 1978) ou encore d'une erreur de détermination? Soulignons qu'*A. macrophyllum* possède ce nombre chromosomique de $2n = 72$ (Semple & Brouillet, 1980b). Löve & Löve (1982) ont d'ailleurs publié le nombre $2n = 48$ (sous *Symphotrichum ciliolatum*). D'autre part, Jones (1977) a publié un comptage méiotique de $2n (= 8x) = 25_{II} + 3_{IV} + 2_{I}$, à partir d'un spécimen récolté à Nestor Falls, Ontario. Ce comptage était accompagné d'une photographie et d'une interprétation (Jones, 1977, p. 336, fig. 18, et p. 341, fig. 19). Elle y voit une confirmation de l'existence du niveau octaploïde chez cette espèce et donc des mentions précédentes. Cependant, un recomptage à partir de la fig. 18 (Jones, 1977) nous a conduit à une interprétation différente de cette configuration méiotique. Nous avons obtenu $2n = 24_{II} (+ f?)$, sans y découvrir trace d'univalents ou de quadrivalents (fig. 2). De plus, des spécimens récoltés à la même localité se sont avérés tout à fait normaux, au point de vue morphologique. Nous sommes d'avis qu'en face des nombreuses données recueillies jusqu'à présent, il serait préférable de considérer *A. ciliolatus* comme un hexaploïde ayant $2n = 48$.

On rencontre fréquemment, dans le pollen normal de *Aster ciliolatus*, des grains de taille anormalement élevée (fig. 1) ou 4- ou 5- colporé (plutôt que tricolporé). Bien qu'elle soit influencée par l'environnement, la fertilité du pollen demeure élevée (Brouillet, 1981). De tels phénomènes ont été reliés à des gamètes non-réduits. On retrouve le même phénomène chez *A. cordifolius* (fig. 1). Harlan & De Wet (1975) en font l'un des principaux facteurs promoteurs de polyploïdie, notamment chez *Aster* (Tara, 1972) et chez d'autres genres de la tribu des Astereae, tel *Grindelia* (Dunford, 1964).

Avers (1953b) avait déjà fait l'hypothèse d'une origine allopolyploïde pour *A. ciliolatus*, dont les parents auraient été *A. cordifolius* (ou une espèce proche) et *A. lanceolatus* (syn.: *A. simplex*). Cependant, il semble improbable que cette dernière espèce ait été l'un des parents, du moins d'un point de vue morphologique: la thèse de Avers n'était basée que sur la présence de rhizomes allongés chez *A. ciliolatus*. Or nos observations montrent que ses rhizomes sont différents de ceux d'*A. lanceolatus*, ne différant pas

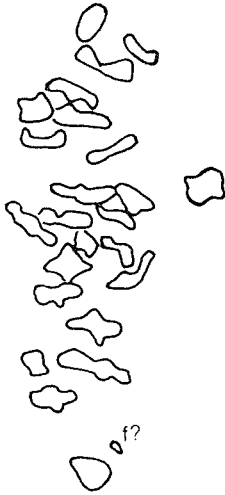


Figure 2. Configuration méiotique publiée par Jones (1977) aux figures 18 (p. 336) et 19 (p. 341), telle que réinterprétée par l'auteur. $2n = 24n$, avec possiblement un fragment.

significativement de ceux des autres *Heterophylli*. Nous suggérons plutôt qu'*A. ciliolatus* descend d'un hybride entre un individu tétraploïde d'*A. cordifolius* et l'espèce diploïde *A. urophyllus*, probablement à la suite de l'union de gamètes non-réduits.

ASTER CORDIFOLIUS L. $2n = 16$.

CANADA. NOUVEAU BRUNSWICK. YORK CO.: Near Fredericton, *Day s.n.* QUÉBEC. COMTÉ LÉVIS: St-Nicolas, *S & Bt 3403*. ÉTATS-UNIS. CONNECTICUT. NEW LONDON CO.: Norwich, *S & Bt 3601*. MICHIGAN. BERRIEN CO.: US-12, New Buffalo, *S & Bt 4535*. NEW HAMPSHIRE. GRAFTON CO.: NH-117, 0.5 mi E of US-302, *S & Bt 3463*; NH-117, W of Sugar Hill, *S & Bt 3471*. OHIO. PREBBLE CO.: US-40, Gettysburg, *S, Bt & C 3733*. WAYNE CO.: US-250, between Mount Eaton & Apple Creek, *S, Bt & C 4107*. PENNSYLVANIA. DAUPHIN CO.: US-15, Dauphin, *Ch & H 287*. PERRY CO.: US-15, 12.2 km N of Montgomery, *Ch & H 281, 292*. VERMONT. VT-100, near Orleans-Lamoille Co. limit, *S & Bt 3437*. VIRGINIA. ALLEGHANY CO.: US-220, 4.1 km S of Clifton Gorge, *Ch & H 408*. BOTETOURT CO.: US-220, 10.3 km S of Alleghany — Botetourt Co. line, *Ch & H 405*. GRAYSON CO.: US-21, E entrance to Mt. Rogers Nat'l Recreation Area, *S, Bt & C 4092*.

$2n = 32$.

CANADA. ONTARIO. BRUCE CO.: Bruce-21, 6.2 mi S of Sauble Beach, *Bt 127*; Hwy-6, N of Warton, *Bt & S 694*; Hwy-21, 5.3 mi N of Southampton, *Bt & S 708*; Cape Crocker, 2 km SW of lighthouse, *Bt & Jones 764*; end of Cape Chin Rd., *Bt & Jones 767, 767A*. FRONTENAC

CO.: Hwy-2, E of western co. line, *Bt & B 559*; Hwy-15, 6.9 mi N of Joyceville, *Bt & B 606*; Hwy-7, 2 mi E of jctn Hwy-38, *Bt & B 617*; Hwy-509, 4.5 mi N of Hwy-7, *Bt & B 619*; rd to Coxvale, 1 mi W of jctn Hwy-509, *Bt & B 620*; 1.2 mi W of Coxvale, *Bt & B 624*; Hwy-509, 3.6 mi W of jctn Hwy-506, *Bt & B 626*. GRAY CO.: Hwy-26, at jctn Gray-4, *Bt & B 681*; Hwy-26, 3.2 mi W of Woodford, *Bt & B 682*. HASTINGS CO.: Hwy-62, 4.6 mi N of jctn Hwy-7, *Bt & B 635*; Hwy-62, S of Bancroft, *Bt & B 643*; Hwy-28, jctn Hwy-121, *Bt & B 644*. LAMBTON CO.: Hwy-21, S of Bayfield, *Bt & Seys 573*. LEEDS CO.: Hwy-15, 1.9 mi S of Crosby, *Bt & B 608*; Hwy-15, 1.5 mi S of Leeds & Grenville Rd.-1, *Bt & B 609*. LENNOX & ADDINGTON CO.: Hwy-2, jctn North Fredericksburg Twp. Rd.-1, *Bt & B 597*; jctn Hwy-509 & 41, *Bt & B 628*. MIDDLESEX CO.: Hyde Park, *Bt 278*. NORTH-UMBERLAND CO.: Cobourg, *Bt & B 556*. PETERBOROUGH CO.: Hwy-28, N of jctn Hwy-36, *Bt & B 649*; Hwy-36, S of northern jctn Hwy-507, *Bt & B 560*; Hwy-36, 8.4 mi W of jctn Hwy-507, *Bt & B 652*. PRINCE EDWARD CO.: Hwy-33, E of Chickory Hill Rd., *Bt & B 592*. SIMCOE CO.: Hwy-503, 1.9 mi S of Washago, *Bt & B 660*; Hwy-12, S of Warminster, *Bt & B 664*; Balm Beach Rd., S of jctn Simcoe Rd.-25, *Bt & B 671*; Simcoe Rd.-23, E of Tay Conc. 5, *S & Bt 3725*. VICTORIA CO.: Hwy-649, 4.2 mi N of jctn Hwy-36, *Bt & B 653*. ÉTATS-UNIS. MASSACHUSETTS. BERKSHIRE CO.: MA-8, 1.5 mi S of jctn MA-23, *S & Bt 3627*. NEW YORK. GREENE CO.: NY-23, Durham, *S & Bt 3634*. LIVINGSTON CO.: US-15, 2.3 km N of Springwater, *Ch & H 249*. VERMONT. ORANGE CO.: VT-110, 2.7 mi S of Chelsea, *S & Bt 3514*. WEST VIRGINIA. FAYETTE CO.: I-77, Morton's Rest Area, 25 mi N of Beckley, *S, Bt & C 4099*.

Nos données confirment l'existence de races diploïdes et tétraploïdes chez cette espèce. Nous avons maintenant au-delà de 83 dénombrements (23 diploïdes, 60 tétraploïdes) à notre disposition (Avers, 1953b, 1954a; Van Faasen, 1963; Van Faasen & Sterk, 1973; Jones, 1977, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b; Morton, 1981; Fusiak & Morton, 1981). Fusiak & Morton (1981) ont aussi décrit des chromosomes accessoires («B-chromosomes») chez des diploïdes du New Jersey. L'abondance des tétraploïdes n'est qu'apparente: elle reflète simplement l'échantillonnage intensif effectué en Ontario par l'auteur. D'ailleurs, la répartition géographique des races chez ce taxon mériterait une étude plus approfondie (Brouillet, 1981). Les relations phylogéniques de ce taxon avec *A. drummondii*, *A. lowrieanus* et *A. texanus* restent à éclaircir. Jones (1980a) a fait d'*A. sagittifolius* Wedem. (excl. *A. urophyllus* Lindl.) un synonyme d'*A. cordifolius*.

A. LAEVIS L. $2n = 48$.

CANADA. ALBERTA. Hwy-16, W of Vermilion Rd., S & Bt 4271; Hwy-16, 3.3 mi E of Nojack, S & Bt 4297. PARC NAT. DE BANFF: 0.5 mi W of Lake Minnewanka, S & Bt 4350. COLOMBIE-BRITANNIQUE. BC-93, Sinclair Canyon, S & Bt 4358; Hwy-95, Fairmont Hot Springs, S & Bt 4364, 4365, 4366; Hwy-95, 5.6 mi SE of jctn Hwy-95A, S & Bt 4373. MANITOBA. Portage-la-Prairie, S & Bt 4163; dirt rd., 1 mi N of Hwy-1, 1 mi W of rd to Beaver, S & Bt 4176. ONTARIO. BRUCE CO.: Pike Bay, Morton NA 10800. MANITOULIN DISTRICT (Manitoulin Is.): Sheguiandah quartzite quarry, Bt 194, 195, 197, 199, 200, 214, 215, 218, 221, 225, 226, 227, 228, 230, 232; Goat Island, Bt 234; Little Current, Hwy-68, Bt 264; Ont-540A, at Gore Bay Airport Rd., Bt 322, 324; Barrie Island, Bt 329; Burnt Island, Bt 355. NIAGARA REG. MUN.: St. Catharine's, S 3092. RAINY RIVER DISTRICT: Rainy River, River Rd., 4.2 mi NW of jctn Distr. Rd-600, S & Bt 4129. SIMCOE CO.: Balm Beach, Bt & B 668; Wasaga Beach, Bt & B 676. WATERLOO REG. MUN.: Hwy-24, 2.1 mi S of Cambridge, Bt 92. SASKATCHEWAN. Hwy-16, W of Churchbridge, S & Bt 4209; Hwy-16, Springside, S & Bt 4219; Kandahar, off Hwy-16, S & Bt 4226. ÉTATS-UNIS. DAKOTA-NORD. RICHLAND CO.: Mirror Pool State Game Management Area, 20 km W of Walcott, Schwert MP-6, MP-11. DAKOTA-SUD. CUSTER CO.: Black Hills, US-16, 6.5 mi S of WY-SD border, S & Bt 4468; Black Hills, US-16A, S of northern co. limit, S & Bt 4475. IDAHO. BOUNDARY CO.: US-95, 3.5 mi N of Naples, S & Bt 4380. MICHIGAN. PRESQUE ISLE CO.: N of Rogers City, Morton NA 10915. MONTANA. MISSOULA CO.: US-12, 7.5 mi W of Lolo Creek, S & Bt 4414. STILLWATER CO.: MT-78, 1.8 mi S of Absarokee, S & Bt 4428. NEBRASKA. BROWN CO.: US-20, 5.5 mi E of co. line, S & Bt 4490. WISCONSIN. 20 mi W of Ashland, Morton NA 10572. WYOMING. WASHAKIE CO.: US-16, E of Ten Sleep, at entrance to canyon, S & Bt 4443.

Cette espèce transcontinentale des prairies mésiques et des forêts sèches est hexaploïde (Van Faasen, 1963; Dean, 1966; Jones, 1977, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b; Morton, 1981; Löve & Löve, 1982). Le comptage de Revell (1945), $2n = 54$, paraît erroné. Huziwara (1958) a publié le nombre $2n = 46$ pour *A. concinnus*. Ce taxon n'est cependant pas distinct d'*A. laevis* et constitue une variété (var. *concinnus*) également hexaploïde (Jones, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b). Quoique Jones (1977) ait initialement placé *A. laevis* parmi les Heterophylli, elle l'a classé plus tard (Jones, 1980b) dans une section propre (section *concinni*), avec *A. azureus*. Nous ne croyons pas que ce soit nécessaire, particulièrement pour

A. azureus qui montre des liens étroits avec les autres Heterophylli. *Aster laevis* a aussi été placé parmi les *Foliacei* par des botanistes américains de l'Ouest (v.g. Dean, 1966). C'est peut-être parce que les polyploïdes ont tendance à être similaires phénotypiquement dans la section *Dumosi*, comme le démontre le cas d'*A. ciliolatus*, *A. laevis* et *A. subspicatus*. Nous ne croyons pas que ces similitudes révèlent une introgression extensive, comme le pense Jones (1980b). Cela pourrait être plutôt un indice d'évolution réticulée au sein de cette section.

ASTER UNDULATUS L. $2n = 16$.

ÉTATS-UNIS. PENNSYLVANIE. TIOGA CO.: US-15, 17.5 km S of Mansfield, Ch & H 263.

$2n = 32$.

CAROLINE DU NORD. GASTON CO.: jctn US-32 & Co. Rd.-1607, E of Hardy, S, Bt & C 4072. WILKES CO.: McGrady, S, Bt & C 4084. VIRGINIE. BOTETOURT CO.: US-220, 7.2 km N of Fincastle, Ch & H 402. BUCKINGHAM CO.: US-15, 1.4 km N of Dillwyn, Ch & H 334. GRAYSON CO.: US-21, entrance to Mt. Rogers Nat'l Recreation Area, S, Bt & C 4095. LOUDOUN CO.: US-15, 12.5 km S of Leesburg, Ch & H 310.

Seuls deux diploïdes ont été l'objet de mentions (ci-dessus et Van Faasen & Sterk, 1973), tous deux du nord-est de l'aire de répartition de cette espèce. Les autres mentions sont tétraploïdes (Avers, 1953b; Van Faasen & Sterk, 1973; Jones, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b).

ASTER UROPHYLLUS Lindl. $2n = 16$.

CANADA. ONTARIO. ELGIN CO.: Hwy-4, S of Elgin-27, Bt 727. HALDIMAND-NORFOLK REG. MUN.: H.-N.-42, 1.8 mi W of Houghton, Bt 731. LAMBTON CO.: old Hwy-40, S of Courtright, Bt & Seys 560. LENNOX & ADDINGTON CO.: Hwy-2, 1.2 mi W of jctn North Fredericksburg Twp.-4, Bt & B 601. MUSKOKA DISTRICT: Hwy-69, N of Six Miles Lake Prov. Park, S & Bt 3718; Port Severn, S & Bt 3721. NORTHUMBERLAND CO.: Brighton, Bt & B 557. SIMCOE CO.: Hwy-11, Orillia, Bt & B 661; Hwy-12, S of jctn Hwy-16, Bt & B 666. ÉTATS-UNIS. INDIANA. PORTER CO.: jctn US-20 & IN-49, S & Bt 4520. MISSOURI. MADISON CO.: US-67, 11.3 mi S of Cherokee Pass, S, Bt & C 3777. NEW YORK. GENESEE CO.: I-90E, Pembroke Rest Area, Ch & H 238, 240. LIVINGSTON CO.: US-15, 15 km S of Avon, Ch & H 245.

Jones (1980a) a indiqué que le type d'*A. sagittifolius* se ramenait à l'*A. cordifolius*. Le nom *A. urophyllus* s'applique donc au morphotype très distinct caractérisé par les bran-

ches dressées de l'inflorescence, les capitules étroits, à rayons blancs, et les tégules aigus, à zone chlorophyllienne linéaire-lancéolée. Tous les individus identifiés clairement à ce morphotype sont diploïdes, y inclus ceux signalés ici (Jones, 1977, 1980b; Harriman, 1978; Semple & Brouillet, 1980b). Harriman (1978) rapporte $2n = 20$, ce qui pourrait s'expliquer par la présence de chromosomes accessoires, observés auparavant par Jones (1977). Par contre, les autres dénombrements publiés sous le nom *A. sagittifolius* resteront douteux jusqu'à ce qu'on ait vérifié l'identité des spécimens-témoins. Ainsi, les tétraploïdes de Van Faassen (1963) au Michigan se sont avérés, après vérification, être des individus d'*A. cordifolius*.

SOUS-SECTION FOLIACEI: ASTER SUBSPICATUS Nees.
 $2n = 48$.

CANADA. ALBERTA. PARC NAT. DE BANFF :
Second Vermilion Lake, S & Bt 4352; Third
Vermilion Lake, S & Bt 4354; Hwy-1A, Johnston
Canyon picnic area, S & Bt 4355.

$2n = 64$.

ÉTATS-UNIS. MONTANA. MISSOULA CO. :
US-2, 2 mi E of Lolo Hot Springs, S & Bt 4413.

Cette espèce appartient à la sous-section *Foliacei* (Semple & Brouillet, 1980a). Les dénombrements publiés ici se situent à l'intérieur du champ de variation chromosomique retrouvé chez ce taxon, qui va de $2n = 48$ à $2n = 96$ (Raven *et al.*, 1960; Dean, 1966; Keil & Pinkava, 1976; Jones, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b). Il est aussi fort variable au point de vue morphologique. Tous les spécimens d'«*A. maccallae*» que nous avons récoltés à Banff, Alberta, s'accordent parfaitement avec la description d'*A. subspicatus*, et nous les y référons. Nos dénombrements pour ce «taxon» confirment ceux de Jones (1980b). Notre conclusion est contraire aux opinions de Moss (1959), de Boivin (1972) et de Jones (1980a) qui, respectivement, regardent cette entité comme conspécifique à l'*A. ciliolatus*, comme une espèce proche mais différente d'*A. ciliolatus* et comme un hybride entre *A. subspicatus* et *A. ciliolatus*. Cette dernière hypothèse semble improbable, puisque nous n'avons observé aucune population mixte de ces deux espèces à Banff, celles-ci étant séparées en partie par leurs exigences écologiques. Il ne faut cependant pas exclure la possibilité d'une hybridation occasionnelle entre ces taxons. En ce qui a trait à la nomenclature, il est intéressant de noter que Cronquist (1943)

avait fait d'*A. butleri* Rydberg (1910), un taxon décrit par ce dernier simultanément avec *A. maccallae* et tous deux reliés à *A. ciliolatus*, un synonyme d'*A. subspicatus*, sans se soucier du statut d'*A. maccallae*, qui nous apparaît aussi comme un synonyme de la même espèce.

Rappelons qu'il existe cinq autres taxons au sein de ce groupe. L'endémique ozarkienne *Aster anomalus* est diploïde, alors qu'on rapporte dans la littérature des mentions diploïdes et tétraploïdes d'*A. drummondii*, *A. lowrieanus*, *A. shortii* et *A. texanus* (Avers, 1953b; Van Faassen & Sterk, 1973; Jones, 1977, 1980b; Semple & Brouillet, 1980b). *Aster lowrieanus*, un taxon endémique aux *shale barrens* appalachiennes (Platt, 1951), que Jones (1980b) préfère traiter comme une sous-espèce d'*A. cordifolius* (sous-espèce *laevigatus*), est probablement dérivé directement de cette dernière espèce, ce que confirmeraient les mentions diploïdes. Ceci invaliderait en effet la thèse de Cronquist (1952), reprise par Avers (1953b), selon laquelle *A. lowrieanus* serait un hybride naturel entre *A. cordifolius* et *A. laevis*. Nous avons observé un tel hybride en nature ($2n = 40$, Semple & Brouillet, 1980b; Brouillet, 1981) et sa morphologie est totalement différente de celle d'*A. lowrieanus* et ressemble à un hybride similaire décrit par Shinnars (1945). Quant à *A. shortii*, à l'exception de quatre mentions de Avers (1953b), tous les comptages sont diploïdes. Or cet auteur place *A. azureus*, un tétraploïde, au rang de sous-espèce d'*A. shortii* (Avers, 1953a). De plus, les seuls croisements qui aient réussi au niveau tétraploïde le furent entre les sous-espèces *shortii* et *azureus* (Avers, *loc. cit.*). Nous pouvons dès lors nous demander si les individus tétraploïdes d'*A. shortii* n'appartiendraient pas plutôt à l'*A. azureus*, une espèce qui nous semble par ailleurs fort distincte.

Les données recueillies jusqu'à présent nous donnent une image plus précise de la cytotaxonomie et de l'évolution des Heterophylli, bien que notre connaissance de certaines espèces reste rudimentaire. Cette sous-section est un complexe polyploïde jeune (Stebbins, 1971) qui comprend des espèces diploïdes, avec occasionnellement des autotétraploïdes spontanés, et des allopolyploïdes d'origine récente (néopolyploïdes) partiellement sympatriques avec les taxons parentaux, mais de distribution plus étendue. Les taxons hexaploïdes semblent ainsi avoir pris naissance durant le Quater-

naire. Quant à la cytogéographie des espèces cytologiquement polymorphes, et bien que des patrons intéressants se dessinent déjà, il faudra attendre qu'on ait réuni des données plus substantielles, tant au niveau du nombre des comptages qu'à celui de leur extension géographique, pour en tirer des conclusions.

Remerciements

Des bourses du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) et de la Direction générale des études supérieures du ministère de l'Éducation du Québec, ainsi que des subventions du CRSNG à J.K. Morton et J.C. Semple, Université de Waterloo, nous ont permis de poursuivre ces travaux. Les personnes suivantes nous ont fourni du matériel ou nous ont accompagné sur le terrain : J.C. Semple, J.K. Morton, J. Canne, B.M.G. Jones, R. Brammall, M.R. Melville, J. Chmielewski, D.P. Schwert et R.T. Day. Monsieur Pierre Morisset a bien voulu relire une première version du manuscrit. Nous les en remercions. Nous remercions également Parc Canada (Calgary) pour avoir permis à J.C. Semple et moi-même de récolter aux parcs de Banff et Jasper.

Références

- AVERS, C.J., 1953a. *Aster shortii* ssp. *azureus* (Lindl.) stat. nov. — *Rhodora*, 55: 324.
 AVERS, C.J., 1953b. Biosystematic studies in *Aster*. I. Crossing relationships in the *Heterophylli*. — *Am. J. Bot.*, 40: 669-675.
 AVERS, C.J., 1953c. Biosystematic studies in *Aster*. II. Isolating mechanisms and some phylogenetic considerations. — *Evolution*, 7: 317-327.
 AVERS, C.J., 1954a. Chromosome behavior in fertile triploid hybrids. — *Genetics*, 39: 117-126.
 AVERS, C.J., 1954b. In Documented chromosome numbers of plants. — *Madroño*, 12: 210.
 AVERS, C.J., 1957. Fertile hybrids derived from a wide species cross in *Aster*. — *Evolution*, 11: 482-486.
 BOIVIN, B., 1972. Flora of the Prairie Provinces. Part III. — *Provencheria*, no. 4, 224 p.
 BROUILLET, L., 1981. A biosystematic study of *Aster ciliolatus* Lindley and *Aster laevis* Linnaeus (Asteraceae-Astereae), with a survey of other *Heterophylli*. — Ph. D. thesis, Univ. Waterloo, Ontario, 283 p.
 CRONQUIST, A., 1943. Revision of the western North American species of *Aster* centering about *Aster foliaceus* Lindl. — *Am. Midl. Nat.*, 29: 429-468.
 CRONQUIST, A., 1952. Compositae. — Pages 323-545 in H.A. Gleason. The new Britton and Brown illustrated flora of the north-eastern United States and adjacent Canada, vol. 3. Hafner Press, New York, 595 p.
 DEAN, M., 1966. A biosystematic study in the genus *Aster*, section *Aster*, in western North America. — Ph. D. thesis, Oregon State University, 209 p.
 DUNFORD, M.P., 1964. A cytogenetic analysis of certain polyploids in *Grindelia* (Compositae). — *Am. J. Bot.*, 51: 49-56.
 FAVARGER, C., 1978. Philosophie des comptages chromosomiques. — *Taxon*, 27: 441-448.
 FUSIAK, F., & G.H. MORTON, 1981. B-chromosomes in diploid *Aster cordifolius* L. [résumé]. — *Bot. Soc. Am.*, Misc. Series, Publ. no. 160, p. 68.
 HARLAN, J.R. & J.M.J. DE WET, 1975. On Ö. Winge and a prayer: The origins of polyploidy. — *Bot. Rev.*, 41: 361-390.
 HARRIMAN, N.A., 1978. In A. Löve. IOPB chromosome number reports LX. — *Taxon*, 27: 228.
 HUZIWARA, Y., 1958. Karyotype analysis in some genera of Compositae. V. The chromosomes of American *Aster* species. — *Jap. J. Genet.*, 33: 129-137.
 JONES, A.G., 1977. New data on chromosome numbers in *Aster* section *Heterophylli* (Asteraceae) and their phylogenetic implications. — *Syst. Bot.*, 2: 334-347.
 JONES, A.G., 1980a. A classification of the New World species of *Aster* (Asteraceae). — *Brittonia*, 32: 230-239.
 JONES, A.G., 1980b. Data on chromosome numbers in *Aster* (Asteraceae), with comments on the status and relationships of certain North American species. — *Brittonia*, 32: 240-261.
 KEIL, D.J. & D.J. PINKAVA, 1976. Chromosome counts and taxonomic notes for Compositae from the United States and Mexico. — *Am. J. Bot.*, 63: 1393-1403.
 LÖVE, A. & D. LÖVE, 1964. IOPB chromosome number reports I. — *Taxon*, 13: 100-110.
 LÖVE, A. & D. LÖVE, 1982. IOPB chromosome number reports LXXV. — *Taxon*, 31: 356-360.
 MORTON, J.K., 1981. Chromosome numbers in Compositae from Canada and the USA. — *Bot. J. linn. Soc.*, 82: 357-368.
 MOSS, E.H., 1959. Flora of Alberta. — University of Toronto Press, Toronto, Ontario, 546 p.
 PARFITT, B.D. & N.A. HARRIMAN, 1981. In A. Löve, IOPB chromosome number reports LXXI. — *Taxon*, 30: 515-516.
 PLATT, R.B., 1951. An ecological study of the mid-Appalachian shale barrens and of the plants endemic to them. — *Ecol. Monogr.*, 21: 269-300.
 RAVEN, P.H., O.T. SOLBRIG, D.W. KYHOS & R. SNOW, 1960. Chromosome numbers in Compositae. I. Astereae. — *Am. J. Bot.*, 47: 124-132.
 REVELL, 1945. Page 256 in C.D. Darlington & A.P. Wylie. Chromosome atlas of flowering

- plants. 2nd ed. — Hafner Publ., New York. (1955).
- RYDBERG, P.A., 1910. Studies in the Rocky Mountain flora. XXI. — Bull. Torrey bot. Club, 37: 127-148.
- SEMPLE, J.C., 1978. The cytogeography of *Aster pilosus* (Compositae): Ontario and the adjacent United States. — Can. J. Bot., 56: 1274-1279.
- SEMPLE, J.C., 1979. The cytogeography of *Aster lanceolatus* (synonyms *A. simplex* and *A. paniculatus*) in Ontario with additional counts from populations in the United States. — Can. J. Bot., 57: 397-402.
- SEMPLE, J.C. & L. BROUILLET, 1980a. A synopsis of North American asters: the subgenera, sections, and subsections of *Aster* and *Lasallea*. — Am. J. Bot., 66: 1010-1026.
- SEMPLE, J.C. & L. BROUILLET, 1980b. Chromosome numbers and satellite chromosome morphology in *Aster* and *Lasallea*. — Am. J. Bot., 66: 1027-1039.
- SHINNERS, L.H., 1945. The genus *Aster* in West Virginia. — Castanea, 10: 61-74.
- STEBBINS, G.L., 1971. Chromosomal evolution in higher plants. — Edward Arnold, London, 276 p.
- TARA, M., 1972. Cytogenetic studies on natural intergeneric hybridization in *Aster* alliances. I. *Aster ageratoides* subsp. *ovatus* ($2n = 36$) × *Kalimeris incisa* ($2n = 72$). — Bot. Mag., 85: 219-240.
- VAN FAASEN, P., 1963. Cytotaxonomic studies in Michigan Asters. — Mich. Bot., 2: 17-27.
- VAN FAASEN, P. & F.F. STERK, 1973. Chromosome numbers in *Aster*. — Rhodora, 75: 26-33.

YIELD AND CHEMICAL COMPOSITION OF WHOLE-CROP SPRING CEREALS HARVESTED AT FIVE GROWTH STAGES

A.R. McELROY¹ and P. GERVAIS

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

On a récolté les avoines Dorval et Roxton (*Avena sativa* L.), les blés Opal et Pitic 62 (*Triticum aestivum* L.) et les orges Conquest et Herta (*Hordeum vulgare* L.), durant trois ans, à cinq stades de croissance: montaison, gonflement, épisaison, grains laitieux et grains pâteux. Les rendements en matière sèche de tous les cultivars ont, au premier cycle de végétation, augmenté graduellement jusqu'au stade *grains pâteux* sauf celui de l'orge Conquest qui a plafonné au stade *grains laitieux*. Il y a eu un regain récoltable lorsque la première récolte a été prélevée au stade *montaison* ou *gonflement*. L'orge Herta a donné le regain le plus abondant et l'avoine Roxton, le plus faible. Chez tous les cultivars, les traitements à une seule coupe ont produit significativement plus de matière sèche que les traitements à deux coupes. L'avoine a rendu plus que le blé et l'orge. Les pourcentages de protéines, de matières grasses, de cendres, d'unités nutritives calculées, de calcium, de phosphore, de potassium et de magnésium ont diminué avec le vieillissement des plantes. La cellulose a augmenté jusqu'au stade *épisaison*, puis a baissé à la suite du développement des grains.

Abstract

Barley (*Hordeum vulgare* L.) cv. Conquest and Herta, oats (*Avena sativa* L.) cv. Dorval and Roxton, and wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Opal and Pitic 62 were harvested for forage at the jointing, boot, heading, milk and dough stages for three years. The yields of dry matter of the first crop growth increased significantly with successive growth stages for all cultivars, except for Conquest barley which reached a plateau at the milk stage. Regrowth was harvestable when the first cut was taken either at the jointing or at the boot stage. Herta barley regrew the most and Roxton oats the least. In all cultivars, late single-cut treatments yielded significantly more total dry matter than earlier double-cut treatments. Oats outyielded wheat and barley. Crude protein, ether extract, ash, Ca, P, K, Mg and calculated total digestible nutrients declined in all cultivars with advanced maturity. The crude fibre level rose to a maximum at the heading stage and decreased thereafter because of head growth.

Introduction

Spring cereals are frequently grown for forage in Québec, particularly in short-season areas. Oats are most commonly used due largely to their wide adaptation and high dry matter yield. There are few data comparing the productivity and chemical composition of available and recommended cultivars of barley, oats and wheat, their relative suitability for forage production or appropriate harvesting regimes.

Studies by Tingle & Dawley (1974) showed no clear yield advantage for a particular

species, although significant cultivar differences existed, and that oats tended to have a lower digestibility than barley or wheat at the dough stage. The stage at which maximum dry matter is attained may be influenced by genotype (Fisher & Fowler, 1975). Other studies suggest that oats have a higher yield potential but a lower digestibility than either barley or wheat when the dry matter yield is near maximum (Cannel & Jobson, 1968; Lawes & Jones, 1971).

Forage quality generally declines with advance in maturity (Smith, 1960; Gervais &

¹ Present address: Forage Crops Section, Research Station, Ottawa, Ontario K1A 0C6.

St-Pierre, 1981) and may be unacceptably low when maximum dry matter yield is reached. Quality could be improved by taking two harvests, the first one at an immature stage followed by the regrowth. Information associated with this approach is lacking.

This study was undertaken to compare, under the same growing conditions, the forage potentials of three species of spring cereals and some of their cultivars, to determine the influence of the stage of maturity on their productivity and chemical production and to evaluate the merits of a two-cut system.

Material and methods

The experiment was carried out over three years, 1970-1972, at the Station agronomique de l'Université Laval, at Saint-Augustin, Portneuf County, Québec, on a well-drained Tilly loam soil of medium fertility with a pH of approximately 6.5.

Barley (*Hordeum vulgare* L.), oats (*Avena sativa* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) were seeded at the rates of 108, 114 and 134 kg/ha respectively on May 21 in 1970 and on May 12 in 1971 and 1972. The soil was fertilized each year at seeding time with 560 kg/ha of 5-20-20. Two cultivars of barley, Conquest and Herta, two of oats, Dorval and Roxton, and two of wheat, Opal and Pitic 62, were grown in a randomized complete block design with four replications. The plots measured 5.6 m in length and consisted of six rows spaced 22.9 cm apart. The four center rows were harvested at a height of 5 cm.

Each cultivar was harvested at five stages of growth: *jointing*: inflorescence midway up the stem; *boot*: inflorescence fully formed and still enclosed in the leaf sheath; *heading*: all inflorescences emerged from leaf sheath; *milk*: endosperm white and liquid, milky in appearance, and *dough*: endosperm "mealy"; no milk could be squeezed from the kernel. A second cutting was taken from plots which produced harvestable regrowth.

Immediately following cutting, the green material from each plot was weighed and sampled. The 500 gram samples taken for dry matter determination were dried to constant weight in a forced air oven at 90°C. Samples from the four replications of each treatment were bulked and finely ground, and sub-samples kept for chemical analysis.

Crude protein concentrations were calculated by $6.25 \times$ total N, as determined by a Kjeldahl digestion (Ward & Johnston, 1962) and a Technicon Autoanalyser analysis. Crude fibre, ether extract and ash were obtained by standard procedures (A.O.A.C., 1960). Phosphorus, calcium and magnesium were extracted according to the methods outlined by Johnson & Ulrich (1959); calcium and magnesium were determined by atomic absorption and phosphorus with the Technicon Autoanalyser after the method of Varley (1966). Potassium was extracted according to the A.O.A.C. (1965) and determined by atomic emission. The values for total digestible nutrients were calculated by the formula described by Horrocks & Washko (1968): $\text{TDN} = 50.41 + 1.04 (\text{crude protein}) - 0.07 (\text{crude fibre})$.

Results and discussion

HEIGHT

All cultivars attained, during the first crop growth, their maximum height at the milk stage (Table I), except Herta barley which had reached its full height at the heading stage. No significant increase, however, took place after the heading stage in Conquest and Herta barley, in Roxton oats and Opal wheat or after the milk stage in Dorval oats and Pitic wheat.

PERCENT DRY MATTER

As the harvests were done after the surface moisture had dried from the forage, the values of Table I show the moisture loss associated with advance in maturity. The percentage of dry matter in each cultivar increased little from the jointing to the boot stage, but rose rapidly from the boot to the dough stage to exceed 30%. At this latter stage which is usually recommended for silage-making, barley had an average dry matter content of 32.4%, oats 35.0% and wheat 38.4%.

YIELDS OF DRY MATTER

The dry matter yields of the first crop growth increased significantly with each successive growth stage as plants advanced to the dough stage. Similar results were reported by Smith (1960), Larson & Carter (1970), Lawes & Jones (1971) and Brundage *et al.* (1979). Highest yields were obtained from harvests taken at dough stage for all

TABLE I

Height, percent dry matter and yield of dry matter of cultivars of barley, oats and wheat harvested at five growth stages, 1970-1972

Stage of growth	Yield of dry matter (kg/ha)				Yield of dry matter (kg/ha)			
	Height (cm)	D.M. (%)	1 st crop growth	Seasonal production	Height (cm)	D.M. (%)	1 st crop growth	Seasonal production
	<i>Conquest barley</i>				<i>Herta barley</i>			
Jointing	58c	16.0e	2 344d	4 377c	48c	17.7e	2 258e	5 053c
Boot	75b	17.4d	3 197c	4 984b	68b	19.6d	3 393d	5 384c
Heading	99a	20.1c	3 777b	4 684bc	82a	24.2c	4 696c	5 922b
Milk	106a	25.8b	6 301a	6 301a	79a	29.9b	6 198b	6 613a
Dough	98a	32.1a	6 097a	6 097a	61a	32.8a	6 774a	6 868a
	<i>Dorval oats</i>				<i>Roxton oats</i>			
Jointing	72c	14.6d	3 576e	5 623d	77b	15.0d	3 930e	5 202d
Boot	81c	15.5d	4 534d	5 792d	85b	15.4d	4 622d	5 173d
Heading	102b	19.1c	6 208c	6 390c	113a	19.3c	6 467c	6 467c
Milk	114a	25.7b	7 523b	7 742b	122a	27.6b	7 635b	7 635b
Dough	115a	35.3a	9 086a	9 086a	120a	34.7a	9 402a	9 402a
	<i>Opal wheat</i>				<i>Pitic 62 wheat</i>			
Jointing	61b	18.5d	2 773e	5 128c	47d	18.8d	2 271e	4 479c
Boot	71b	18.7d	3 661d	5 526c	61c	19.4d	3 079d	4 910c
Heading	90a	21.6c	4 674c	5 651c	81b	21.9c	4 290c	4 688c
Milk	100a	34.0b	7 358b	7 358b	91a	32.5b	6 473b	6 473b
Dough	100a	39.3a	7 903a	7 903a	90a	37.4a	7 329a	7 329a

a-e: figures in columns followed by the same letter within a cultivar do not differ significantly at the 5% level.

cultivars, except Conquest barley which reached a plateau at milk stage.

Regrowth was harvested up to and including the boot stage in Roxton oats; the heading stage in Conquest barley, as well as Opal and Pitic 62 wheat; the milk stage in Dorval oats and the dough stage in Herta barley. The amount of regrowth varied with the cultivars, the years and the stages of growth at harvest. In general, regrowth was worthwhile harvesting when the first cut was taken either at the jointing or at the boot stage. Herta barley regrew the most and Roxton oats the least.

In barley, the seasonal production (1st cut + regrowth) of dry matter was maximum when the crop was harvested either at the milk or at the dough stage. No significant difference was found between these two stages, but their yield was significantly greater than that of the three earlier stages. In oats and wheat, the dough stage treatment yielded the highest amount of dry matter for the season and produced significantly more than all other treatments. In all species, late single-cut treatments yielded more total dry matter during the season than earlier double-

cut treatments. Klebesadel & Smith (1960) and Heinrichs & Harris (1964) have also shown that the aggregate yields of a double-cut system were smaller than single cut yields.

Oats outyielded significantly and yearly both barley and wheat; this may be attributed to the high forage potential of the cultivars chosen and the adaptation of oats to this particular area. No significant difference, however, was found in the yields of the two cultivars of oats. Within barley, Herta outyielded Conquest significantly and yearly while within wheat, Opal produced significantly more than Pitic 62 each year.

CHEMICAL COMPOSITION

The crude protein, the ether extract and the ash contents in all cultivars declined with advance in maturity during the first crop growth (Table II). As previously reported for oats by Smith (1960), the decrease in crude protein was fairly rapid up to the milk stage, but changed little thereafter. There was no significant difference between the milk and the dough stages. The average crude protein content at the dough stage was 8.6% for

wheat, 8.0% for barley and 7.1% for oats; these values are slightly higher than those of Lawes & Jones (1971), but lower than those of Tingle & Dawley (1974) and Langille & Calder (1970).

The crude fibre level generally rose to a maximum at the heading stage and decreased thereafter because of head growth (Smith, 1960; Polan *et al.*, 1968). This reflected the increasing proportion of non-structural carbohydrates accumulating in the grain.

The percentage of N-free extract varied little from the jointing to the heading stage, but increased considerably at the milk and dough stages. The abundance of N-free extract in the two later stages resulted from head development (Smith, 1960; Polan *et al.*, 1968). The increase in N-free extract accompanied the decrease in crude fibre.

MINERAL COMPOSITION

The forage of all cultivars generally decreased in the percentages of calcium, phosphorus, potassium and magnesium, the four elements analysed, with advance in maturity (Table III). Mg was the element least affected and K the one most affected by the stage of growth. The overall mineral composition of each species averaged over years,

treatments and cultivars showed that barley had a higher level of Ca (0.43%) than oats (0.34%) and wheat (0.25%), and of Mg (0.11%) than oats (0.10%) and wheat (0.09%). On the other hand, oats contained more K (2.94%) than barley (2.58%) and wheat (2.40%) and slightly less P (0.26%) than barley (0.28%) and wheat (0.29%). The wheat forage had the lowest level in Ca, K and Mg but the highest one in P.

CALCULATED TOTAL DIGESTIBLE NUTRIENTS (TDN)

The TDN level, in all cultivars, declined as the plants matured (Table IV). The decrease from the jointing to the dough stage was quite similar between the two cultivars within each species and between the three species, being 9.1% for barley, 9.5% for oats and 9.4% for wheat. The declines, however, were not significant after the heading stage in the case of Conquest and Herta barley and Pitic wheat, or after the milk stage in Dorval and Roxton oats and Opal wheat. Delaying harvesting to the dough stage would not, then, result in any significant disadvantage in TDN.

Results from this research with barley, oats and wheat, lead to the conclusion that the optimum phenological stage for harvest is

TABLE II

Chemical composition of cultivars of barley, oats and wheat harvested at five growth stages, 1970-1972

Stage of growth	Crude protein (%)	Crude fibre (%)	N-free extract (%)	Ether extract (%)	Ash (%)	Crude protein (%)	Crude fibre (%)	N-free extract (%)	Ether extract (%)	Ash (%)
	<i>Conquest barley</i>					<i>Herta barley</i>				
Jointing	13.4a	26.0c	48.3b	3.1a	9.2a	13.2a	26.1c	48.7c	3.0a	9.0a
Boot	11.7ab	29.7ab	48.1b	2.7a	7.8b	11.3b	30.7a	47.4c	2.7a	7.9b
Heading	10.0bc	32.5a	48.7b	2.1b	6.7bc	9.2c	30.5ab	51.3b	2.2b	6.8c
Milk	8.5cd	29.3abc	54.7a	1.8b	5.7c	8.3d	28.4ab	55.6a	2.0b	5.7d
Dough	7.7d	27.8bc	56.9a	1.9b	5.7c	8.2d	28.1bc	55.8a	2.0b	5.9cd
	<i>Dorval oats</i>					<i>Roxton oats</i>				
Jointing	12.7a	27.2b	48.3b	2.6a	9.2a	12.3a	27.3d	47.2c	3.0a	10.2a
Boot	12.1a	30.1b	46.2b	2.7a	8.9a	11.5a	29.6cd	47.0c	2.6ab	9.3b
Heading	9.3b	33.7a	47.9b	2.1b	7.0b	9.2b	33.4a	47.4c	2.1c	7.9c
Milk	7.7bc	34.1a	50.3b	2.1b	5.8c	7.7c	32.3ab	51.2b	2.3bc	6.5d
Dough	6.7c	29.8b	56.4a	2.2b	4.9c	7.5c	30.4bc	54.3a	2.1c	5.7e
	<i>Opal wheat</i>					<i>Pitic 62 wheat</i>				
Jointing	13.8a	29.4bc	45.7d	2.7a	8.4a	14.3a	24.8c	49.8c	2.5a	8.5a
Boot	12.2b	30.5ab	47.1cd	2.3ab	7.9a	13.0a	26.5bc	50.6c	2.3ab	7.6b
Heading	10.9b	32.7a	48.2c	2.2ab	6.0b	10.7b	31.2a	50.0c	2.0abc	6.1c
Milk	8.9c	29.1bc	55.2b	1.8bc	5.0c	9.3b	29.5ab	54.9b	1.6bc	4.7d
Dough	8.3c	27.1c	58.9a	1.6c	4.1d	8.9b	26.2c	59.4a	1.4c	4.1d

a-e: figures in columns followed by the same letter within a cultivar do not differ significantly at the 5% level.

TABLE III

Mineral composition of cultivars of barley, oats and wheat harvested at five growth stages, 1970-1972

Stage of growth	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
	<i>Conquest barley</i>				<i>Herta barley</i>			
Jointing	0.61a	0.34a	3.74a	0.13a	0.47a	0.33a	3.65a	0.12a
Boot	0.54ab	0.32ab	2.98b	0.12ab	0.41ab	0.29b	3.15b	0.12a
Heading	0.44bc	0.31b	2.58bc	0.11b	0.36b	0.26c	2.31c	0.10a
Milk	0.44bc	0.27c	1.97c	0.11b	0.33b	0.24cd	1.90c	0.11a
Dough	0.37c	0.26c	1.68d	0.11b	0.33b	0.23d	1.87c	0.10a
	<i>Dorval oats</i>				<i>Roxton oats</i>			
Jointing	0.37a	0.31a	3.88a	0.11a	0.40a	0.31a	3.91a	0.11a
Boot	0.37a	0.30ab	3.57a	0.11a	0.39a	0.28ab	3.46b	0.11a
Heading	0.34ab	0.25bc	3.03b	0.10b	0.33b	0.26bc	2.87c	0.11a
Milk	0.30bc	0.23c	2.39c	0.10b	0.32b	0.24c	2.39d	0.10b
Dough	0.28c	0.21c	1.91d	0.09d	0.28c	0.23c	1.97e	0.09c
	<i>Opal wheat</i>				<i>Pitic 62 wheat</i>			
Jointing	0.28a	0.33a	3.24a	0.09a	0.34a	0.37a	3.52a	0.10a
Boot	0.26ab	0.30a	2.84b	0.09a	0.30b	0.33a	3.13a	0.10a
Heading	0.25ab	0.29a	2.43c	0.09a	0.25c	0.31a	2.35b	0.09b
Milk	0.22bc	0.26a	1.76d	0.09a	0.21d	0.25b	1.68c	0.09b
Dough	0.20c	0.24a	1.56d	0.09a	0.19d	0.24b	1.46c	0.08c

a-d: figures in columns followed by the same letter within a cultivar do not differ significantly at the 5% level.

TABLE IV

Calculated total digestible nutrients (%) of cultivars of barley, oats and wheat harvested at five growth stages, 1970-1972

Species & cultivars	Growth stage at harvest				
	Jointing	Boot	Heading	Milk	Dough
<i>Barley</i>					
Conquest	62.5a	60.5ab	58.5bc	57.2c	56.6c
Herta	62.3a	60.0b	57.8c	57.0c	56.9c
<i>Oats</i>					
Dorval	61.8a	60.9a	57.7b	56.0bc	55.2c
Roxton	61.2a	60.3a	57.7b	56.2bc	56.1c
<i>Wheat</i>					
Opal	62.7a	61.0b	59.5bc	57.7cd	57.2d
Pitic 62	64.3a	62.1a	59.3b	58.0b	57.8b

a-d: figures in rows followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level.

influenced by quality and yield. Given the overall small decline, however, in quality during the most advanced stages of development, delaying harvest until the dough stage to maximize dry matter yields is indicated. Oats are favored over wheat or barley as the significantly higher yields outweigh the slightly lower quality at harvest. Quality differences between cultivars within a given species are generally small. Double-

harvesting, with an initial cut at the jointing or boot stage, increases forage quality but reduced the dry matter yield considerably.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the financial support from the Conseil des recherches et services agricoles du Québec and the contribution of Jacques Debroux in the chemical analyses.

References

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1960. Official methods of analysis, 9th edition. — Washington, D.C., 832 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1965. Official methods of analysis, 10th ed. — Washington, D.C., 957 p.
- BRUNDAGE, A.L., R.L. TAYLOR & V.L. BURTON, 1979. Relative yields and nutritive values of barley, oats, and peas harvested at four successive dates for forage. — *J. Dairy Sci.*, 62: 740-745.
- CANNEL, R.Q. & H.T. JOBSON, 1968. — The relationship between yield and digestibility in spring varieties of barley, oats and wheat after ear emergence. — *J. agric. Sci.*, 71: 337-341.
- FISHER, L.J. & D.B. FOWLER, 1975. Predicted forage value of whole plant cereals. — *Can. J. Pl. Sci.*, 55: 975-986.
- GERVAIS, P. & C.A. ST-PIERRE, 1981. Étude sur le rendement et la composition chimique de six cultivars d'avoine récoltés en vert. — *Can. J. Pl. Sci.*, 61: 633-638.
- HEINRICHS, D.H. & G.K. HARRIS, 1964. Pasture and fodder attributes of oat varieties. — *Can. J. Pl. Sci.*, 44: 201-207.
- HORROCKS, R.D. & J.B. WASHKO, 1968. Influence of harvesting forages at three stages of maturity on yield, quality and stand persistence. — *Penn. agric. Exp. Sta. Bull.*, no. 753, 22 p.
- JOHNSON, C.M. & A. ULRICH, 1959. Analytical methods for use in plant analysis. — *Calif. Agric. Exp. Sta. Bull.*, no. 766, 44 p.
- KLEBESADEL, L.J. & D. SMITH, 1960. Effects of harvesting an oat companion crop at four stages of maturity on the yield of oats, on light near the soil surface, on soil moisture, and on the establishment of alfalfa. — *Agron. J.*, 52: 627-630.
- LANGILLE, J.E. & F.W. CALDER, 1970. Oats, wheat and barley harvested at different stages of growth for forage. — *Res. Summary*, 1970. Exp. Farm, Nappan, N.S., p. 41-42.
- LARSON, K.L. & J.F. CARTER, 1970. Harvesting cereals for forage in North Dakota. — *N.D. Farm Res.*, 27(4): 11-12.
- LAWES, D.A. & D.I.H. JONES, 1971. Yield, nutritive value and ensiling characteristics of whole-crop spring cereals. — *J. agric. Sci.*, 76: 479-485.
- POLAN, C.E., T.M. STARLING, J.T. HUBER, C.N. MILLER & R.A. SANDY, 1968. Yields, compositions, and nutritive evaluation of barley silages at three stages of maturity for lactating cows. — *J. Dairy Sci.*, 51: 1801-1805.
- SMITH, D., 1960. Yield and chemical composition of oats for forage with advance in maturity. — *Agron. J.*, 52: 637-639.
- TINGLE, J.N. & W.K. DAWLEY, 1974. Yield and nutritive value of whole-plant cereals at a silage stage. — *Can. J. Pl. Sci.*, 54: 621-624.
- VARLEY, J.A., 1966. Automatic methods for the determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material. — *Analyst*, 91: 119-126.
- WARD, G.M. & F.B. JOHNSTON, 1962. Chemical methods of plant analysis. — *Can. Dept. Agric. Publ.*, no. 1064, 59 p.

RELATIONS STATION-NUTRITION-CROISSANCE DE L'AULNE CRISPÉ [*ALNUS CRISPA* VAR. *MOLLIS* (AIT.) PURSH] EN PLANTATION SUR LES BANCS D'EMPRUNT DE LA RÉGION LG-2, BAIE JAMES, QUÉBEC

C. CAMIRÉ, L. BÉRARD et A. VILLENEUVE

Département d'écologie et pédologie, Faculté de foresterie
et géodésie, Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Une étude des relations station-nutrition-croissance de l'aulne crispé en plantation depuis deux ou trois ans a été effectuée sur les bancs d'emprunt de la région LG-2, baie James (Québec). Il apparaît que la situation topographique est des plus importantes dans la réussite ou l'échec de l'implantation de l'aulne. Les milieux à plat et à l'abri du vent ont donné de bons résultats. Lorsqu'en pente, l'exposition sud-ouest a donné de meilleurs résultats que l'exposition nord-est. Les substrats très hétérogènes sont bien meilleurs que les sables purs. On a également observé que les milieux mal drainés donnaient de meilleurs résultats que les milieux plus xériques, surtout si ces derniers étaient exposés aux vents dominants. Des déficiences en magnésium et particulièrement en phosphore ont été mises en évidence. En général, les substrats sont assez riches en potassium et en calcium pour assurer une nutrition adéquate en ces éléments, tout au moins durant les premières années après la plantation.

Abstract

A study of site-nutrition-growth relations of *Alnus crispa* in two or three year-old plantations was undertaken in borrow pits of the LG-2 region, James Bay (Québec). Topography was one of the most important factors in the success or failure in planting alder. Flat sites protected from the wind gave the best results. Concerning slope, southwest aspect gave better results than northeast exposure. Heterogenous substrates were much better than pure sand. Sites with poor drainage gave better results than xeric sites, especially when they are exposed to heavy winds. Deficiencies of magnesium and particularly phosphorous were found. In general the substrates were sufficiently rich in potassium and calcium to obtain adequate nutrition in these elements, at least during the first years after plantation.

Introduction

Dans la région de LG-2, baie James, l'exploitation des matériaux meubles de surface pour l'édification des structures (routes, digues, barrages) a modifié le relief et a non seulement dénudé de grandes superficies de toute végétation, mais aussi le sol de toute matière organique. Certains facteurs doivent être considérés dans la revégétation de ces stations. Les conditions de station, la nutrition minérale et l'adaptation des plantes en milieu arctique et subarctique sont parmi les principaux à considérer (Johnson & Van Cleve, 1976).

L'étude des caractéristiques de la station est particulièrement importante dans la

détermination des niches favorables à la croissance des différentes essences. En région froide, les conditions climatiques et le type de substrat des milieux perturbés semblent être les principaux facteurs abiotiques déterminant le contenu en eau, l'aération et le capital nutritif du sol responsable du développement des plantes (Johnson & Van Cleve, 1976). En milieu arctique et subarctique, le facteur le plus limitatif à la croissance et à la fertilité des sols est le climat (Russel, 1961 ; Johnson & Van Cleve, 1976). Ce concept englobe les facteurs suivants : la précipitation annuelle et saisonnière, la longueur de la période sans gel, les températures minimales de nuit durant la saison de végétation, la vitesse et l'orientation domi-

nante des vents, la température de l'air et du sol, la radiation solaire ainsi que la profondeur de gel dans le sol. À ces facteurs s'ajoutent certains paramètres de station : la topographie, la pente, l'altitude, l'exposition et le micro-relief (Chapman, 1976).

Le présent travail a été entrepris afin de connaître l'influence de différentes variables écologiques sur la croissance de l'aulne crispé en plantation sur les bancs d'emprunt de la région LG-2 et de faire des recommandations pratiques sur le choix des stations pour les interventions futures.

Matériel et méthodes

SITUATION ÉCOLOGIQUE

La région de la baie James se situe dans l'unité physiographique du plateau de Larch, faisant partie de la formation géologique de la province du Lac Supérieur (Clayton *et al.*, 1977). L'assise rocheuse est composée majoritairement de granite et de gneiss granitique mis en place au cours de l'ère précambrienne (Bellair & Pomérol, 1972). Les dépôts de surface dans la région de LG-2 proviennent uniquement de la dernière avancée glaciaire du Wisconsin. À la suite du retrait du glacier, le niveau maximum atteint par les eaux de la mer de Tyrrell (263-267 m) recouvrait le site actuel de LG-2 (173 m) ainsi que la moraine de Sakami (178 m). Les matériaux fins mis à jour par le relèvement isostatique ont été érodés, remettant ainsi une bonne partie de la moraine à découvert (Vincent, 1977). Les dépôts glaciaires (moraines de fond, tills d'ablation) et les matériaux fluvio-glaciaires sont principalement constitués de sable loameux, de gravier et de blocs. Les dépôts marins, qui sont peu fréquents, sont surtout constitués de limon dans lesquels on retrouve des coquillages.

D'après la classification de Köppen (Anonyme, 1978), tout le territoire de la baie James, sauf la région de Matagami, correspond à la zone de climat subarctique humide, typique de la taïga. Dans la région de LG-2, la température annuelle moyenne est de -3°C alors que les températures moyennes de janvier et de juillet sont respectivement de -22°C et 13°C . La précipitation annuelle est d'environ 700 mm. Les vents, de direction générale sud-ouest à nord-ouest, ont une vitesse moyenne de 16 km/heure. La saison de végétation est de 75-80 jours, la dernière gelée au printemps s'observe vers la mi-juin ou la fin juin alors que la première gelée d'automne se situe au début de septembre.

PROVENANCE ET CULTURE DES SEMIS

Les semis provenaient de semences récoltées dans la région de LG-2; ils furent cultivés en récipients (surtout le styrobloc n° 8) dans des serres situées à Val-d'Or, Québec, Kamouraska, Joliette et Montréal. Le substrat de culture était composé d'un mélange tourbe-sable (5-20% de tourbe en poids sec); les semis ont été inoculés avec une souche de *Frankia* et cultivés sans engrais azoté, de février à juin avant la plantation sur les différents sites.

STATIONS ÉCHANTILLONNÉES

Les stations échantillonnées comprennent les abords de l'évacuateur de crues du barrage de LG-2, les plantations de l'axe routier Matagami-LG-2 entre les kilomètres 561 et 620 et les plantations de la route menant vers LG-3 entre les kilomètres 0 et 17 (fig. 1). Seules les plantations effectuées en 1978 et en 1979 ont été échantillonnées.

TECHNIQUE D'ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage, effectuée entre le 28 et le 31 juillet 1981, débutait par l'établissement d'une parcelle de dimension variable (10-100 m²) considérée comme homogène dans ses caractéristiques biophysiques. On nota la pente, l'exposition, la classe de drainage et la position topographique. Les deuxième, troisième et quatrième feuilles à partir de l'extrémité de la plus haute tige d'au moins dix plants furent prélevées pour l'analyse en laboratoire. La hauteur (± 1 cm) des plants échantillonnés fut aussi mesurée. Une classe de croissance (faible, moyenne, bonne ou élevée) fut déterminée pour l'ensemble des plants de la parcelle échantillon. Cette classification, bien que subjective en soi, est assimilée à une valeur de biomasse car on essayait de tenir compte de la dimension des plants (hauteur, ramification, allure générale, etc...) et de l'âge de la plantation.

Dans chacune des parcelles, au moins dix prélèvements de substrat (0-15 cm) furent effectués à l'aide d'une sonde pédologique. Les cailloux de plus de 3 cm furent enlevés de l'échantillon.

ANALYSES CHIMIQUES EN LABORATOIRE

Après séchage au four à 65°C , le poids foliaire a été mesuré. Les feuilles ont ensuite été broyées et homogénéisées pour l'analyse totale. L'azote a été dosé selon la méthode



Figure 1. Situation géographique de LG-2 par rapport à l'ensemble du territoire québécois.

de Cole & Parks (1946). Après minéralisation aux acides nitrique et perchlorique (Johnson & Ulrich, 1959), le phosphore a été dosé par la méthode au vanadomolybdate (Jackson, 1958) alors que le potassium, le magnésium et le calcium ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique, le dernier élément en présence de chlorure de lanthane (Slavin, 1968).

Après séchage à l'air libre, la terre grossière (> 2 mm) et la terre fine (< 2 mm) ont été séparées par tamisage. Les analyses subséquentes ont été effectuées sur la terre fine. L'analyse texturale a été faite selon Bouyoucos (1936) tandis que les sables ont été fractionnés par tamisage. Le pH a été déterminé au CaCl_2 0,01 M (5 g/25 ml, lecture après 90 minutes). Le phosphore a été mesuré selon la méthode de Truog (1930; 0,5 g/200 ml de H_2SO_4 0,002 N). Le potassium, le magnésium et le calcium ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique après extraction selon la méthode de Chapman (1965; 10 g/250 ml NH_4OAc), le calcium étant dosé en présence de chlorure de lanthane.

TRAITEMENT DES DONNÉES

Afin de normaliser la distribution des données, celles-ci ont subi au besoin des transformations (tableau I). Les paramètres

évalués par codification le long d'un continuum (drainage et position topographique) ont été traités comme des descripteurs continus (Sokal & Rohlf, 1981).

Les relations univariées ont été mesurées par la corrélation linéaire totale entre les descripteurs et par l'analyse de variance en classification simple entre les groupes (Sokal & Rohlf, 1981). L'interaction pente-exposition a été étudiée avec l'équation de Stage (1976). Pour l'étude des relations multivariées, nous avons utilisé l'analyse des variables canoniques pour la différenciation des classes de poids foliaire, l'analyse discriminante progressive pour la détermination des fonctions de classement des stations (Dagnelie, 1975; Tatsuoka, 1971). L'analyse de groupes par une méthode de transfert, basée sur la distance euclidienne, a été utilisée pour le partitionnement des stations en quatre classes de poids foliaire (Dagnelie 1975; Sneath & Sokal, 1973). Les différentes analyses ont été réalisées à l'aide des programmes du logiciel BMDP (Dixon, 1981). La recherche des relations significatives est faite pour un seuil de probabilité de 10%.

L'emploi du poids foliaire comme mesure de croissance est motivé par le caractère continu de cette variable et la non-subjectivité de cette mesure comparée à la classe de croissance telle que définie au champ. Toutefois, les résultats obtenus avec les deux classifications (poids foliaire ou croissance) sont semblables. La hauteur des plants n'a pu être utilisée étant donné la variation de l'âge de la plantation (1978 ou 1979).

Résultats

RELATIONS UNIVARIÉES

Les variables significatives corrélées avec le poids foliaire sont, en ordre décroissant d'importance, la classe de poids foliaire, la classe de croissance, la hauteur des plants, le phosphore et l'azote foliaires, l'exposition ($\sin \times$ pente), la teneur en sable très fin et la classe granulométrique (tableau II). En plus, l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les classes de poids foliaire pour les paramètres suivants: l'âge (les poids foliaires élevés sont toutes des plantations de 1979), la classe de drainage (les mauvais drainages donnent les plus forts poids foliaires), le limon fin, le limon grossier, le sable moyen, le sable grossier, le sable très grossier, les particules > 2 mm

TABLEAU I
Statistiques des variables originales

Variable	Moyenne	Étendue	Coefficient de variation (%)	Transformation requise
Paramètres de croissance				
Âge ¹	8,65	8-9	6	—
Hauteur (cm)	31,3	15-58	33	—
Classe de croissance	2,65	1-4	36	—
Poids foliaire (mg/feuille)	126	58-199	26	—
Classe de poids foliaire	2,54	1-4	38	—
Paramètres foliaires				
N (%)	2,74	2,21-3,23	9	—
P (ppm)	1496	989-1935	11	—
K (ppm)	6911	4859-9439	16	—
Ca (ppm)	4211	1315-9166	48	—
Mg (ppm)	1562	465-3174	39	—
Paramètres de station				
Pente (%)	6,07	0-27	85	—
Exposition (°)	188	0-360	68	Sin & cos × pente
Classe topographique	1,69	0-4	53	—
Classe de drainage	2,32	1-4	37	—
Paramètres de substrat				
Argile (%)	10,7	5-31	50	Log x
Limon fin (%)	5,8	0-15	74	(x + 1) ^{0.50}
Limon grossier (%)	6,1	1-14	61	—
Sable très fin (%)	7,9	1-15	54	—
Sable fin (%)	21,5	5-42	38	—
Sable moyen (%)	22,9	6-63	41	x ^{0.33}
Sable grossier (%)	15,2	2-36	54	x ^{0.50}
Sable très grossier (%)	9,9	1-32	65	x ^{0.50}
Particules > 2 mm (%)	22,7	1-77	71	x ^{0.50}
Classe de texture	2,28	1-4	41	—
Classe granulométrique ²	2,21	1-4	46	—
pH	5,5	4,4-7,2	12	x ^{0.33}
P (ppm)	85	6-208	68	—
K (ppm)	24	4-113	86	Log x
Ca (ppm)	180	14-909	101	x ^{0.33}
Mg (ppm)	16	2-49	80	x ^{0.50}

¹ 8: plantation en 1978 et 9: plantation en 1979.

² Classe granulométrique = (% part. > 2 mm) + [(% sable) × (% part. < 2 mm ÷ 100)].

(les sols les plus lourds donnent un poids foliaire élevé), le potassium et le magnésium du sol (la classe moyenne de poids foliaire se retrouve sur sites riches en ces éléments) (tableau III). La situation topographique exerce une influence sur le poids foliaire: les feuilles les plus lourdes sont associées aux dépressions et les feuilles les plus légères aux sommets. Les sables purs donnent en général de mauvais résultats (tableau IV). L'équation de Stage (1976) fait aussi ressortir l'interaction pente-exposition sur le poids foliaire, l'exposition privilégiée est le sud-ouest et la moins bonne, le nord-est (fig. 2).

RELATIONS MULTIVARIÉES

Pour la nutrition, l'analyse des coefficients de la première variable canonique, représentant 66% de la variation totale des descripteurs, montre bien l'importance de la teneur en phosphore (tableau V). La deuxième variable canonique, expliquant 21% de la variation totale des descripteurs, est représentée par la teneur en magnésium. Le positionnement des stations, selon ces deux variables canoniques, montre une augmentation du phosphore de droite vers la gauche. La deuxième variable canonique sépare ensuite les classes 1 et 2 par une augmentation

TABLEAU II

Coefficients de corrélation entre les différentes variables échantillonnées

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Âge	1,00														
2 Hauteur	-0,28	1,00													
3 Classe de croissance	-0,13	0,70	1,00												
4 Poids foliaire	0,10	0,47	0,70	1,00											
5 Classe de poids foliaire	0,08	0,51	0,70	0,95	1,00										
6 N (feuilles)	-0,04	0,28	0,39	0,38	0,37	1,00									
7 P (feuilles)	-0,08	0,43	0,37	0,40	0,37	0,30	1,00								
8 K (feuilles)	-0,25	0,09	0,24	0,12	0,11	0,23	-0,04	1,00							
9 Ca (feuilles)	0,41	-0,02	0,12	0,16	0,13	-0,07	-0,18	0,14	1,00						
10 Mg (feuilles)	0,46	0,06	0,02	0,14	0,11	-0,06	0,10	-0,22	0,55	1,00					
11 Pente	0,15	0,20	0,10	0,18	0,10	-0,04	0,11	-0,20	0,04	0,10	1,00				
12 Exposition (sin × pente)	0,10	0,19	0,08	0,05	0,02	-0,07	-0,02	-0,07	0,16	0,08	0,52	1,00			
13 Exposition (cos × pente)	0,07	-0,07	-0,22	-0,37	-0,33	-0,04	-0,10	-0,13	-0,04	0,08	-0,22	-0,36	1,00		
14 Classe topographique	0,06	0,09	-0,05	-0,06	-0,06	-0,18	0,29	-0,29	-0,15	0,15	0,07	-0,01	-0,15	1,00	
15 Classe de drainage	0,22	0,14	0,03	0,24	0,21	0,17	0,21	-0,31	-0,03	0,51	-0,03	-0,07	-0,02	0,19	1,00
16 Argile	0,46	-0,11	-0,06	0,06	0,02	-0,05	0,15	-0,29	0,26	0,68	-0,12	-0,06	0,02	0,37	0,54
17 Limon fin	0,59	-0,05	-0,10	0,22	0,18	0,08	0,12	-0,31	0,21	0,50	-0,06	0,03	0,08	0,28	0,56
18 Limon grossier	0,62	0,07	-0,01	0,21	0,20	-0,02	0,08	-0,46	0,21	0,51	0,01	0,08	-0,03	0,35	0,59
19 Sable très fin	0,68	0,06	0,08	0,28	0,27	0,16	0,04	-0,37	0,34	0,54	0,07	0,14	-0,17	0,21	0,50
20 Sable fin	0,41	0,11	0,02	0,12	0,16	0,27	-0,05	0,01	0,32	0,39	0,03	0,17	-0,21	-0,14	0,33
21 Sable moyen	-0,54	0,05	-0,02	-0,20	-0,19	-0,06	0,07	0,17	-0,37	-0,57	-0,01	-0,12	0,15	-0,22	-0,43
22 Sable grossier	-0,58	-0,02	0,01	-0,18	-0,17	-0,15	-0,13	0,32	-0,25	-0,59	0,05	-0,10	0,14	-0,21	-0,61
23 Sable très grossier	-0,44	-0,07	-0,02	-0,22	-0,22	-0,11	-0,24	0,40	-0,09	-0,51	0,01	-0,03	0,08	-0,20	-0,64
24 Particules > 2 mm	-0,14	0,07	0,14	-0,14	-0,13	-0,01	-0,16	0,44	0,30	-0,35	-0,08	0,07	-0,02	-0,13	-0,64
25 Classe de texture	0,62	0,06	0,01	0,16	0,15	-0,05	0,11	-0,28	0,31	0,70	0,00	0,14	-0,02	0,35	0,54
26 Classe granulométrique	0,47	0,10	-0,01	0,25	0,22	-0,03	0,27	-0,47	0,12	0,63	-0,02	0,03	0,03	0,41	0,69
27 pH (substrat)	0,31	-0,19	-0,02	0,07	0,02	-0,07	-0,30	0,35	0,56	0,06	-0,14	0,14	-0,16	-0,09	-0,30
28 P (substrat)	0,61	-0,11	-0,06	0,05	0,03	0,03	-0,03	-0,02	0,58	0,62	0,06	0,18	-0,10	0,12	0,26
29 K (substrat)	0,51	-0,20	0,01	0,06	0,03	-0,08	-0,13	0,08	0,41	0,57	-0,04	0,14	-0,14	0,25	0,30
30 Ca (substrat)	0,56	-0,10	0,14	0,08	0,04	0,00	-0,17	0,05	0,61	0,46	-0,03	0,12	-0,06	0,09	0,08
31 Mg (substrat)	0,56	-0,09	-0,01	0,07	0,07	-0,07	0,01	-0,22	0,47	0,75	-0,01	0,11	-0,01	0,35	0,39

	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
16 Argile	1,00														
17 Limon fin	0,70	1,00													
18 Limon grossier	0,66	0,87	1,00												
19 Sable très fin	0,58	0,73	0,87	1,00											
20 Sable fin	0,14	0,20	0,29	0,60	1,00										
21 Sable moyen	-0,69	-0,71	-0,73	-0,76	-0,33	1,00									
22 Sable grossier	-0,68	-0,73	-0,77	-0,88	-0,65	0,61	1,00								
23 Sable très grossier	-0,55	-0,56	-0,60	-0,67	-0,56	0,29	0,89	1,00							
24 Particules > 2 mm	-0,37	-0,28	-0,30	-0,29	-0,22	0,06	0,51	0,75	1,00						
25 Classe de texture	0,88	0,81	0,83	0,75	0,32	-0,74	-0,77	-0,61	-0,31	1,00					
26 Classe granulométrique	0,81	0,85	0,86	0,73	0,24	-0,64	-0,79	-0,74	-0,54	0,86	1,00				
27 pH (substrat)	0,15	0,19	0,09	0,24	0,23	-0,31	-0,21	0,02	0,39	0,23	0,03	1,00			
28 P (substrat)	0,58	0,53	0,46	0,61	0,44	-0,56	-0,65	-0,46	-0,11	0,66	0,47	0,49	1,00		
29 K (substrat)	0,72	0,56	0,44	0,45	0,19	-0,53	-0,54	-0,40	-0,17	0,75	0,51	0,47	0,67	1,00	
30 Ca (substrat)	0,62	0,45	0,40	0,45	0,19	-0,54	-0,46	-0,25	0,10	0,64	0,35	0,62	0,64	0,81	1,00
31 Mg (substrat)	0,80	0,64	0,55	0,55	0,21	-0,62	-0,59	-0,47	-0,23	0,81	0,65	0,31	0,70	0,85	0,76

$r_{0,10[44]} = 0,25.$

$r_{0,05[44]} = 0,29.$

de la concentration foliaire en magnésium du haut vers le bas (fig. 3).

Par l'analyse discriminante progressive, les quatre fonctions de classement permettent, en moyenne, de classer correctement 46% des stations avec les cinq éléments foliaires dosés (N, P, K, Ca et Mg) alors qu'on obtient le même pourcentage de classification avec seulement le phosphore et le magnésium. Les fonctions de classement obtenues avec ces deux paramètres sont :

$$Y_1 = -45,8 + 593 X_1 + 17,1 X_2$$

$$Y_2 = -44,3 + 565 X_1 + 33,6 X_2$$

$$Y_3 = -48,9 + 610 X_1 + 21,4 X_2$$

$$Y_4 = -59,4 + 669 X_1 + 28,6 X_2$$

où $X_1 = \% P$ et $X_2 = \% Mg$. La constante tient compte de la probabilité *a priori* d'appartenance à une classe et la valeur de Y maximum détermine la classe.

Pour les relations station-croissance, l'approche globale par l'analyse canonique a permis de dégager des ensembles de descripteurs par une optimisation de la différenciation des quatre classes de poids foliaire par rapport à la variation à l'intérieur de ces classes. La première variable canonique explique 44% des variations des descripteurs. Les plus importants de ces derniers à intervenir sont, par ordre décroissant d'importance, le pourcentage d'argile, le pH,

TABLEAU III

Analyse de variance¹ selon les classes de poids foliaire

Variable	Classes de poids foliaire ²				P
	Faible	Moyenne	Bonne	Élevée	
Paramètres de croissance					
Âge	8,5	8,9	8,4	9,0	< 0,001
Hauteur	24,5	23,7	37,5	35,4	< 0,001
Classe de croissance	1,63	2,00	3,26	3,29	< 0,001
Poids foliaire	81	104	140	179	< 0,001
Paramètres foliaires					
N (%)	2,64	2,65	2,80	2,89	0,064
P (ppm)	1460	1411	1507	1658	0,015
K (ppm)	6536	6797	7264	6577	0,265
Ca (ppm)	3472	4355	4360	4406	0,707
Mg (ppm)	1273	1827	1443	1767	0,137
Paramètres de station					
Pente	5,13	6,08	6,11	7,00	0,926
Classe topographique	1,88	1,75	1,53	1,86	0,670
Classe de drainage	2,00	2,50	2,11	3,00	0,031
Paramètres de substrat					
Argile (%)	10,0	10,7	8,2	12,5	0,135
Limon fin (%)	3,9	6,0	3,9	8,9	0,041
Limon grossier (%)	5,5	6,3	5,1	9,4	0,054
Sable très fin (%)	6,6	8,0	6,6	12,4	0,008
Sable fin (%)	18,8	23,0	20,3	25,7	0,259
Sable moyen (%)	23,8	20,9	24,2	15,4	0,065
Sable grossier (%)	15,5	12,8	17,4	7,6	0,007
Sable très grossier (%)	10,5	8,1	11,0	4,0	0,004
Particules > 2 mm (%)	23,2	16,3	26,6	10,0	0,016
Classe de texture	2,00	2,50	2,05	2,86	0,119
Classe granulométrique	2,00	2,33	1,84	3,29	0,10
pH	5,4	5,6	5,3	5,7	0,583
P (ppm)	66	114	69	102	0,082
K (ppm)	13	28	16	20	0,076
Ca (ppm)	112	166	120	159	0,691
Mg (ppm)	9	21	11	18	0,075

¹ Moyennes retransformées au besoin.

² La classe faible (8 stations) regroupe les stations ayant un poids foliaire de moins de 90 mg/feuille; la classe moyenne (12 stations), un poids entre 90 et 120 mg/feuille; la classe bonne (19 stations), un poids entre 120 et 160 mg/feuille; la classe élevée (7 stations) un poids > 160 mg/feuille.

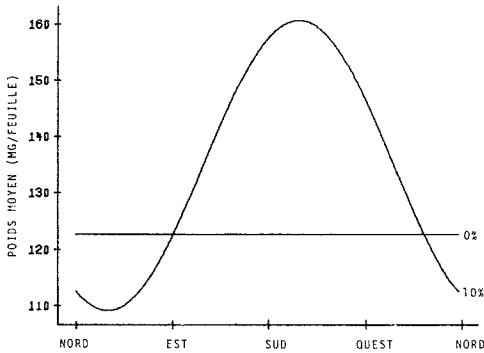


Figure 2. Poids foliaire selon l'exposition pour une pente nulle (0%) et une pente de 10%.

la classe de texture, le pourcentage de particules > 2 mm et le potassium du sol. Les descripteurs les plus importants à intervenir dans la deuxième variable canonique sont essentiellement des paramètres de texture, à l'exception de la teneur en calcium du substrat (tableau VI).

Le positionnement des stations, selon les deux variables canoniques, montre que la première variable canonique permet une meilleure séparation des stations des classes de poids foliaire 3 et 4 que celles des classes 1 et 2 (fig. 4). Les stations passent de la classe 3 à la classe 4 par une augmentation de la teneur en argile du substrat, une augmentation du pH et une augmentation de la classe texturale. La deuxième variable canonique qui sépare nettement les classes 1 et 2 de la classe 4 réunit des paramètres de texture, la classe 4 étant sur des substrats plus lourds que les autres classes.

Par l'analyse discriminante progressive, les quatre fonctions de classement permettent en moyenne de classer correctement 78% des stations avec le total des descripteurs, alors que ce pourcentage est de 59% avec la classe granulométrique, l'exposition, le pourcentage d'argile, la classe topographique et le pH du substrat. Les fonctions de classement obtenues avec ces cinq paramètres sont :

TABLEAU IV

Nombre de stations et analyse de variance selon les classes de croissance, les classes de poids foliaire, les classes topographiques, les classes texturales, les classes granulométriques et les classes de drainage

Variable	Classe	Code	Nombre de stations	Poids moyen des feuilles	P
Croissance	Faible	1	4	80	< 0,001
	Moyenne	2	19	110	
	Bonne	3	12	142	
	Élevée	4	11	154	
Poids foliaire	Faible	1	8	81	< 0,001
	Moyenne	2	12	104	
	Bonne	3	19	140	
	Élevée	4	7	179	
Topographie	Dépression	0	4	143	0,010
	Bas versant	1	13	112	
	Moyen versant	2	24	134	
	Haut versant	3	3	129	
	Sommet	4	2	90	
Texture	Sable	1	12	109	0,038
	Sable loameux	2	12	146	
	Loam sableux	3	19	122	
	Loam sablo-argileux	4	3	140	
Granulométrie	100-90	1	13	116	0,089
	89-80	2	17	130	
	79-70	3	9	115	
	69-	4	7	151	
Drainage	Extrême	1	9	126	0,043
	Rapide	2	16	112	
	Moyen	3	18	135	
	Mauvais	4	3	153	

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= -337 + 0,024 X_1 + 1,17 X_2 + 370 X_3 + 5,44 X_4 + 6,79 X_5 \\
 Y_2 &= -341 + 0,865 X_1 + 1,14 X_2 + 372 X_3 + 3,78 X_4 + 6,38 X_5 \\
 Y_3 &= -326 + 0,873 X_1 + 1,00 X_2 + 365 X_3 + 1,23 X_4 + 6,04 X_5 \\
 Y_4 &= -343 + 3,658 X_1 + 0,94 X_2 + 375 X_3 - 4,45 X_4 + 5,66 X_5
 \end{aligned}$$

où X_1 = classe granulométrique, X_2 = Exposition (sin x pente), X_3 = pH^{0.33} X_4 = log (% argile) et X_5 = classe topographique. La constante tient compte de la probabilité *a priori* d'appartenance à une classe et la valeur de Y maximum détermine la classe.

Discussion

Le phosphore semble l'élément nutritif le plus déficient pour l'aulne crispé dans la région étudiée. La fixation de l'azote par l'aulne sur les substrats strictement minéraux est certainement importante pour la nutrition en cet élément et le phosphore exerce un rôle important sur ce mécanisme par son effet sur la photosynthèse. On observe d'ailleurs une relation significative entre ces deux éléments dans les feuilles ($r = 0,30$). Les régimes thermiques peuvent influencer la croissance racinaire (Richards *et al.*, 1952; Brouwer, 1964) et l'absorption du phosphore (Zhubitsky & Shtrausberg, 1954; Korovin *et al.*, 1963) bien que les plantes nordiques peuvent présenter une adaptation aux conditions froides (Chapin, 1974). Toutefois, Van Cleve (1972) a observé une bien meil-

leure croissance avec l'application d'engrais phosphatés dans des projets de revégétation en Alaska. D'après nos observations, une concentration foliaire en phosphore d'environ 1600 ppm est nécessaire pour avoir une croissance optimale. Cette valeur correspond au seuil optimal présenté par Hughes *et al.* (1968) pour l'aulne rouge. L'analyse du phosphore du sol, du moins avec la méthode Truog, ne peut servir à prédire le phosphore foliaire car la corrélation est non significative ($r = -0,03$). La teneur en phosphore foliaire est reliée au pH ($r = -0,30$), les pH élevés limitant l'absorption du phosphore par formation, avec le calcium, de composés peu solubles à l'eau.

Le magnésium est le deuxième élément limitant la croissance de l'aulne, mais la déficience est moins fréquente que pour le phosphore. Nous avons déjà observé que le magnésium était le facteur limitatif dans des essais de recolonisation de bancs d'emprunt avec l'aulne dans le parc des Laurentides (Québec). Dans la même région des essais de culture de sapin baumier sur l'horizon C d'un till ont révélé des déficiences très marquées en magnésium (B. Bernier, comm. pers.). Les sols sableux en général

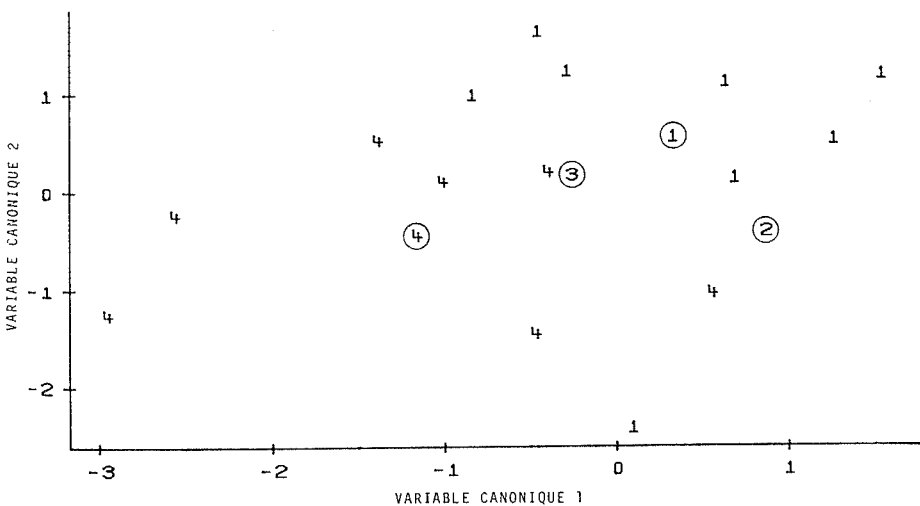


Figure 3. Positionnement des stations des classes 1 et 4 et des centroïdes (0) des quatre classes de poids foliaire selon les deux premières variables canoniques basées sur la concentration en éléments nutritifs des feuilles.

TABLEAU V

Coefficients standardisés des trois variables canoniques basées sur la concentration en éléments nutritifs des feuilles

Descripteur	Variable canonique 1 $\lambda = 66.0\%$	Variable canonique 2 $\lambda = 20.6\%$	Variable canonique 3 $\lambda = 13.4\%$
N	-0,560	-0,217	-0,268
P	-0,926	0,026	0,300
K	0,221	-0,099	-0,850
Ca	-0,630	0,305	-0,162
Mg	0,559	1,186	-0,092

sont susceptibles de présenter des déficiences en magnésium (Leaf, 1968). Étant donné la bonne relation entre le magnésium foliaire et le magnésium du substrat dans le présent travail ($r = 0,75$), on peut évaluer à 8 ppm de Mg dans le substrat (extraction à NH_4OAc 1 N, pH 7,0) le seuil critique pour avoir un minimum de 1100 ppm de magnésium foliaire

$$[\text{Mg substrat (ppm)}]^{0.50} = 0,8 + 0,00188 \text{ Mg foliaire (ppm)}.$$

Les substrats semblent assez riches en potassium et en calcium pour permettre une

croissance optimale, tout au moins durant les premières années suivant la plantation, car ces éléments ne sont pas reliés significativement au poids foliaire et leurs niveaux minimums dans les feuilles de l'aulne sont bien supérieurs aux seuils optimaux présentés par Hughes *et al.* (1968) pour l'aulne rouge.

L'équation de Stage (1976) fait ressortir l'interaction pente-exposition. Les stations des expositions sud-ouest reçoivent plus de lumière et de calories que ceux des expositions nord-est. L'angle d'incidence de la radiation solaire s'améliore avec la pente, ce

TABLEAU VI

Coefficients standardisés des trois variables canoniques basées sur les caractéristiques de la station et du substrat

Descripteur	Variable canonique 1 $l = 43.6\%$	Variable canonique 2 $y = 40.0\%$	Variable canonique 3 $y = 19.4\%$
Pente	0,113	0,295	-0,140
Exposition (sin \times pente)	0,682	0,239	0,406
Exposition (cos \times pente)	0,580	0,930	0,015
Classe topographique	0,427	0,225	0,246
Classe de drainage	0,166	-0,261	-0,149
Argile	2,001	1,372	1,280
Limon fin	0,037	-0,619	-0,265
Limon grossier	0,746	2,831	0,136
Sable très fin	0,362	-2,282	-0,119
Sable fin	-0,066	0,638	-0,257
Sable moyen	-0,077	0,699	0,447
Sable grossier	-0,376	-2,606	-1,032
Sable très grossier	0,355	1,923	0,303
Particules > 2 mm	-1,229	-0,371	0,455
Classe texturale	-1,574	-1,455	-0,089
Classe granulométrique	-0,858	-1,549	-0,240
pH	1,692	0,268	-0,113
P	-0,369	0,419	-0,361
K	-0,991	0,901	-1,060
Ca	-0,460	-1,388	0,680
Mg	0,174	0,808	-0,686

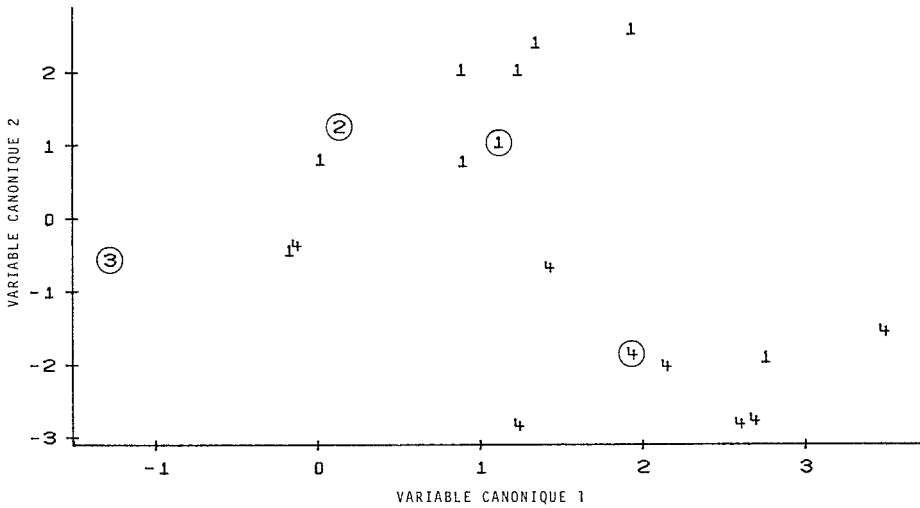


Figure 4. Positionnement des stations des classes 1 et 4 et des centroïdes (0) des quatre classes de poids foliaire selon les deux premières variables canoniques basées sur les caractéristiques de la station et du substrat.

qui se traduit par des poids foliaires plus élevés qu'en milieu plat (Van Cleve, 1975). Frank & Lee (1966) ont mesuré pour la latitude de 50° nord et pour une pente de 10%, un indice de radiation de 19% plus élevé en exposition sud qu'en exposition nord.

Les très bonnes croissances observées en dépression résultent de l'effet conjugué d'un bon approvisionnement en eau et d'une protection du vent et de la neige. Les sommets exposés seront à éviter car en plus du caractère xérique de ces stations, les vents augmentent l'évapotranspiration et la protection nivale est à son minimum. Le débourrement hâtif dans ces milieux peut être néfaste pour l'aulne. La croissance est bonne dans les stations mal drainées. Elle pourra être moyennement bonne sur les milieux assez xériques, à la condition que les substrats soient plus lourds que les sables purs et qu'ils soient protégés du vent.

Le reclassement des stations dans chacune des quatre classes préétablies de poids foliaire atteint en moyenne 46% en utilisant l'ensemble des éléments foliaires analysés (N, P, K, Mg et Ca). Ce faible pourcentage indique bien l'importance des facteurs stationnels dans l'explication de la croissance des plantations d'aulne sur ces substrats minéraux. Ainsi, l'ensemble des caractéristiques du substrat et de la station permet de reclasser correctement 78% des stations dans les classes de poids foliaire déterminées *a priori*. Étant donné l'évidence de déficiences marquées en phosphore sur

plusieurs stations, une meilleure classification aurait peut-être été obtenue avec l'utilisation d'une méthode d'extraction du phosphore assimilable en meilleure relation avec le phosphore foliaire que ne l'est la méthode de Truog.

À la lumière des observations du présent travail, il semble bien que l'aulne puisse servir à recoloniser la plupart des stations de la région étudiée à l'exception des milieux trop exposés au vent et des stations déficientes en phosphore et, à un moindre degré, en magnésium. Les textures de sable pur sont aussi à éviter lorsque la station est xérique. Pour corriger les déficiences en phosphore, on pourrait soit appliquer un engrais au champ, soit introduire de la roche phosphatée dans le substrat de croissance en serre ou encore mieux du phosphate de magnésium fusionné. On devrait aussi tenir compte des hauteurs de neige pour choisir les stations les mieux protégées.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent à la Société d'Énergie de la Baie James pour l'aide financière ainsi qu'à M. Jean-Guy Brouillette et M. Pierre Arseneault pour leur précieuse collaboration.

Références

ANONYME, 1978. Connaissance du milieu des territoires de la baie James et du Nouveau-

- Québec. — Société d'Énergie de la Baie James, Service Environnement, Montréal, 297 p.
- BELLAIR, P. & C. POMEROL, 1972. *Éléments de géologie*. — Librairie Armand Colin, Paris, 527 p.
- BOUYOUCOS, G.J., 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by hydrometer method. — *Soil Sci.*, 42: 225-229.
- BROUWER, B., 1964. Responses of bean plants to root temperature. I. Root temperatures and growth in the vegetation stage. — SAAR B.I.B.S. 1969, p. 11-22.
- CHAPIN, F.S. III, 1974. Phosphate absorption capacity and acclimation potential in plants along a latitudinal gradient. — *Science*, 183: 521-523.
- CHAPMAN, H.D., 1965. Cation-exchange capacity. — Pages 902-904 in C.A. Black (ed.). *Methods of soil analysis*. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, no. 9, 1572 p.
- CHAPMAN, S.B., 1976. *Methods in plant ecology*. — John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., 536 p.
- CLAYTON, J.S., W.A. EHRlich, D.B. CANN, J.H. DAY & I.B. MARSHALL, 1977. *The soils of Canada*. — Min. Agric. Can., Ottawa, Publ. no. 1544, 243 p.
- COLE, J.O. & C.P. PARKS, 1946. Semi-micro Kjeldahl procedure for control laboratories. — *Anal. Chem.*, 18: 61.
- DAGNELIE, P., 1975. *Analyse statistique à plusieurs variables*. — Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, France, 362 p.
- DIXON, W.J. (ed.), 1981. *BMDP statistical software*. — Dep. Biomathematics, Univ. Calif. Los Angeles, Univ. Calif. Press, Los Angeles, 725 p.
- FRANK, E.C. & R. LEE, 1966. Potential solar beam irradiation on slopes: tables for 30-50° latitude. — USDA Forest Serv. Res. Pap. no. RM 18, 116 p.
- HUGHES, D.R., S.P. GESSEL & R.B. WALKER, 1968. Red alder deficiency symptoms and fertilizer trials. — Pages 225-237 in J.F. Franklin, R.F. Tarrant & G.M. Hansen (ed.). *Biology of alder*. Pacific Northwest Forest & Range Exp. Sta. USDA, Portland, Oregon, 292 p.
- JACKSON, M.L., 1958. *Soil chemical analysis*. — Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 498 p.
- JOHNSON, C.M. & A. ULRICH, 1959. Analytical methods for use in plant analysis. — *Calif. Agric. Exp. Sta. Bull.*, no. 766, 78 p.
- JOHNSON, L. & K. VAN CLEVE, 1976. *Revegetation in arctic and subarctic North America, a literature review*. — CRREL report no. 76-15. Corps Eng. U.S. Army, Cold Regions Res. Eng. Lab. Hanover, New Hampshire, 29 p.
- KOROVIN, A.I., Z.F. SYCHEVA & Z.A. BYSTROVA, 1963. The effect of soil temperatures on the amount of various forms of phosphorus in plants. — *Sov. Plant Physiol.*, 10: 109-112.
- LEAF, A.L., 1968. K, Mg, S, deficiencies in forest trees. — Pages 88-122 in *Forest fertilization, theory and practice*. Tennessee Valley Authority, Knoxville, 306 p.
- RICHARDS, S.J., R.M. HAGAN & T.M. McCALLA, 1952. Soil temperature and plant growth. — Pages 303-480 in B.T. Shaw (ed.). *Soil physical conditions and plant growth*. Academic Press, New York, 491 p.
- RUSSELL, E.W., 1961. *Soil conditions and plant growth* (9th ed.) — Harrold & Sons, Ltd., Norwick, England, 688 p.
- SLAVIN, W., 1968. *Atomic absorption spectroscopy*. — John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y., 307 p.
- SNEATH, P.H.A. & R.R. SOKAL, 1973. *Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification*. — W.H. Freeman and Company, San Francisco, 573 p.
- SOKAL, R.R. & F.J. ROHLF, 1981. *Biometry* (2nd ed.). — W.H. Freeman and Company, San Francisco, 859 p.
- STAGE, A.R., 1976. An expression for the effect of aspect, slope, and habitat type on tree growth. — *Forest Sci.*, 22: 457-460.
- TATSUOKA, M.M., 1971. *Multivariate analysis: techniques for educational and psychological research*. — John Wiley and Sons, New York, 310 p.
- TRUOG, E., 1930. Determination of the readily available phosphorus of soils. — *J. Am. Soc. Agron.*, 22: 874-882.
- VAN CLEVE, K., 1972. *Revegetation of disturbed tundra and taiga surfaces by introduced and native plant species*. — Pages 7-11 in *Proc. Symp. Impact Oil Res. Dev. in northern Plant Communities*. Inst. Arct. Biol. Univ. Alaska, Fairbanks, 95 p.
- VAN CLEVE, K., 1975. *Recovery of disturbed tundra and taiga surfaces in Alaska*. — Pages 422-455 in J. Cairns Jr., K.L. Dickson & E.E. Herricks (eds.). *Recovery and restoration of damaged ecosystems*. Univ. Press Virginia, Charlottesville, 531 p.
- VINCENT, J.S., 1977. *Le Quaternaire récent de la région du cours inférieur de la Grande Rivière, Québec*. — *Comm. géol. Can.*, Étude no. 76-19, 20 p.
- ZHURBITSKY, A.I. & D.V. SHTRAUSBERG, 1954. The effect of temperature on the absorption of calcium and phosphorus by plants. — *Dokl. Akad. Nauk S.S.S.R.*, 96: 1065-1067. [*Soils Fert.* 17: 2528 (abstr.)].

FORAGING BEHAVIOUR OF WAPITI IN A BOREAL FOREST ENCLOSURE

C.C. GATES¹ and R.J. HUDSON

Department of Animal Science, University of Alberta
Edmonton, Alberta T6G 2P5

Résumé

Les auteurs ont étudié, sur un cycle annuel, l'activité saisonnière des wapitis dans un enclos de 60 ha dans la forêt boréale de l'Alberta. Les activités principales des animaux sont le repos et la recherche de nourriture. Les facteurs trophiques sont ceux qui influencent le plus le budget d'activité des animaux; le temps alloué à la recherche de nourriture s'accroît avec le déclin de sa qualité et de sa disponibilité. Cependant, lorsque la nourriture est de moindre qualité, il semble y avoir une limite au temps passé à chercher. Quand la nourriture est abondante et de bonne qualité, les animaux parcourent de plus grandes distances. L'activité circadienne de recherche de nourriture suit deux patrons saisonniers différents. En automne et en hiver, l'activité des wapitis est polyphasique et comprend quatre ou cinq cycles (recherche de nourriture-repos) en vingt-quatre heures. Au printemps et en été, le patron est biphasique, la recherche de nourriture s'effectuant au lever et au coucher du soleil.

Abstract

Seasonal patterns of maintenance behavior of wapiti (*Cervus elaphus nelsoni*) in a 60 ha enclosure in the boreal mixed wood region of central Alberta were studied for one annual cycle. Foraging and resting were dominant activities throughout the year. Seasonal activity budgets were influenced to the greatest extent by forage factors; as quality and availability declined, time allocated to foraging increased. Wapiti spent less time foraging during seasons when high quality forages were abundant. However, there appeared to be an upper limit to foraging time on low quality forages. Distances travelled while feeding were greater when food quality and abundance were high. Circadian foraging activities followed two basic patterns which differed seasonally. During fall and winter, activity was polyphasic with alternating bouts of foraging and resting occurring in 4-5 cycles within 24 h. During spring and summer, the pattern was biphasic with foraging peaks around sunrise and sunset.

Introduction

Animals presumably engage in exclusive activities in a way that maximizes fitness (McFarland, 1977). Variation in activity budgets with the seasons can be viewed as such an adaptive response. The fundamental decision made by large herbivores is when and how much to forage. Although grazing animals generally respond to declining forage availability by increasing forage effort (Arnold, 1964), there is a point where the marginal benefit of feeding will be overshadowed by the marginal cost of obtaining food. This cost can be viewed energetically

or in terms of increased risk of predation or decreased time available for other essential activities.

Regular circadian patterns of activities have been documented for many wild ruminants (Walther, 1973; Mitchell, 1977; von Berg, 1978) including wapiti (Craighead *et al.*, 1973; Collins *et al.*, 1978). One endogenous determinant is energy balance and digestive tract repletion-depletion cycles (Lord, 1964). This is modified by light intensity (Erriksson *et al.*, 1981), thermal stress (Malachek & Smith, 1976) and disturbance (Tester & Heegan, 1965).

In this study, we examined seasonal variations in the activities of a herd of free-foraging wapiti over one annual cycle in a large boreal forest enclosure. The objective

¹ Present address: N.W.T. Wildlife Service, Rankin Inlet, Northwest Territories X0C 0G0.

was to document seasonal and circadian activity budgets and to investigate the influence of selected environmental factors. Since predators were absent and animals were habituated to human presence, the observed behavioral patterns represent basic responses to endogenous and environmental stimuli and therefore provide a useful background against which the behavior of wild populations can be compared.

Study area

STUDY AREA

The study was conducted in a 60 ha fenced enclosure at the Ministik Wildlife Research Area near Edmonton, Alberta. This area and the experimental animals have been described by Gates & Hudson (1981). The region is considered to be on the southern fringe of the boreal mixed-wood forest (Rowe, 1972).

Populus tremuloides and *P. balsamifera* formed the dominant vegetation type, with a well-developed understory which included beaked hazel (*Corylus cornuta*), saskatoon (*Amelanchier alnifolia*), cherry (*Prunus pennsylvanica* and *P. virginiana*), raspberry (*Rubus melanolasius*), dogwood (*Cornus stolonifera*), and gooseberry (*Rubus hirtellum*).

Upland meadows developed on the most mesic sites where the two dominant plant species were brome (*Bromus pumpellianus*) and bluegrass (*Poa* spp.). In the lowland meadows, reedgrass (*Calamagrostis* spp.) was important in addition to brome and bluegrass. Wetlands were surrounded by willow fringes (*Salix* spp.). In areas of shallow water or intermittent floods, sedges (mainly *Carex atheroides*) dominated.

SEASONAL ENVIRONMENT

Eight seasons were subjectively delineated on the basis of environmental conditions. The study began in *fall* (September 20-November 21, 1977) with leaf abscission in the deciduous forest. With successive frosts, senescence of forbs and curing of grasses progressed throughout this period. In early November, freezing temperatures began to persist during daylight hours and ponds developed a cover of ice. The first permanent snow cover fell in mid-November, although it was less than 5 cm deep. Mean weekly temperature declined from 9.0°C at

the beginning of October to -9.0°C by the last week in November.

Early winter (November 22-December 31) was characterized by colder temperatures and snow depths gradually increased to about 20 cm by the third week in December. Subsequent heavy snow falls resulted in an accumulation of 34-45 cm. Apart from woody plants, the only other forage protruding through the snow cover were the tall culms of brome grass and stems of common nettle (*Urtica gracilis*). Ambient temperatures during the *mid-winter* season (January 1 to mid-February) ranged widely (-30°C to +5°C) as periods of intense cold alternated with brief warm spells.

In late February, a chinook signalled the arrival of the *late winter* season (February 16-March 15). Small patches of meadow were exposed from snow cover, particularly on knolls and south facing slopes. Warmer temperatures and increasing solar radiation resulted in a dense snow crust in the forest and compaction and increased snow density in the meadows. Snow depth gradually decreased and meadows began to clear. By late March, most of the meadows were snow free and snow was disappearing rapidly in the forested areas.

The period between March 15 and April 30 was designated *early spring*. The meadows were completely free of snow by the end of March and most of the snow cover in the forests had melted. By mid-April, high ambient temperatures resulted in the disappearance of ice in wetlands. Initiation of growth of sedges occurred by mid-April and of grasses by April 25. However, this new growth was not available for grazing until the first week of May.

Spring (May 1 to June 6) was a period of warmer temperatures and an abundance of grasses in the meadows and forests. Leaf development on woody plants began about May 8 with leaf flush occurring about May 17. By May 26, shrubs and trees had attained full foliage.

In *mid-summer* (June and July), grasses entered their reproductive phase. During the early part of this season, forbs achieved dominance and ambient temperatures reached their maximum.

During *late summer* (August), forbs began to decline in abundance and grasses began to cure. The consequence was an obvious decline in green leafy forage in the meadows.

Methods

In September 1977, the enclosure was stocked with 2 yearling wapiti bulls, 3 yearling cows, and 4 calves (1 male, 3 female). They were obtained as 2-24 hour old calves from the Sybille Wildlife Research Station, Wyoming and from the University of Alberta. The three cows gave birth to calves the following spring. The study began 3 weeks after the introduction in order for them to become familiar with their new surroundings.

ACTIVITY

Throughout one annual cycle (September 1977-September 1978), animals were observed during 3 to 24 hour observation sessions. An attempt was made to distribute observations around the clock but other commitments and lack of assistance obviated a strictly systematic schedule. Night-time observations were biased to the full moon, although on many occasions a flashlight was used.

Activities of each animal (excluding calves born in 1978) occurring at 10 minute intervals were recorded (scan sampling *sensu* Altmann, 1974). Activity categories were: 1) foraging (grazing or browsing), 2) resting (lying or standing), and 3) minor activities such as walking, running, drinking, sparring, courtship, maternal care, grooming, and barkstripping. When there was adequate light, rumination was also recorded. Although diet selection was not systematically quantified, an overview of the seasonal pattern was obtained.

The analysis was based on 27,539 records of individual animals at 10 minute intervals. In most seasons, the wapiti stayed in one group so that all animals could be observed. However, in spring and early summer, parous females often left the herd to nurse their calves and could not be sampled.

Seasonal activity budgets were determined by calculating percentage frequencies of each activity within defined phenological seasons. Circadian patterns were based on more intensive sampling over 3 days during fall, winter, spring and summer. To obtain 3-point averaging, observations were grouped into half-hour intervals.

MOVEMENTS

The location of the herd was recorded at each 10-minute interval using x-y coordinates on enlarged aerial photographs.

Straight line distances between 10-minute points were summed and the rate of travel was calculated in metres per hour of feeding.

INDEX OF DIET QUALITY

Feces crude protein concentration (nitrogen \times 6.25) was used as an index of seasonal shifts in diet quality. Fresh feces were collected every 15 days and were frozen until analysis. Sample sizes ranged between 1 and 12 and averaged about 6. Nitrogen was determined using the macro-Kjeldahl method.

Relationships of fecal nitrogen (N) with forage digestibility and intake have been reviewed by Hutchinson (1958). Nitrogen in feces consists of undigested dietary N, bacterial N and metabolic N from gastrointestinal secretions and epithelial sloughage. The contribution of these components varies with feed characteristics (digestibility and N content) and intake. Despite its variable composition, feces N concentration is highly correlated with feed digestibility (Lambourne & Reardon, 1963; Hébert, 1973).

Results

SEASONAL ACTIVITY BUDGETS

Foraging and resting were the most time-consuming activities in all seasons (Fig. 1). Together they constituted no less than 94% (in late summer) of the total observations and averaged 98.3% over all seasons. Minor activities including sparring, courtship, maternal care, grooming, and barkstripping comprised little of the activity budget.

When wapiti were not foraging, they usually were resting. Thus, the activity budget could be summarized adequately by consideration of foraging time alone.

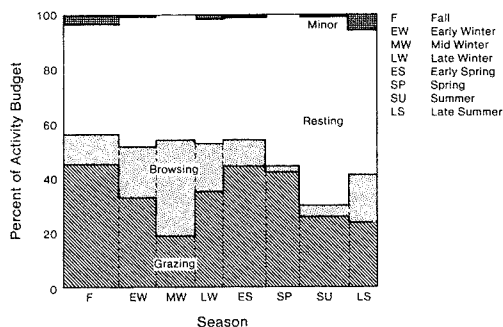


Figure 1. Percent frequency of grazing, browsing, resting, and minor activities of wapiti in each season.

foraging varied significantly through the seasons (Table I). It contributed 56.8% in the fall, then decreased during winter. Foraging increased marginally again in early spring to 54.4% when much of the study area was snow free.

The spring flush of vegetation in May was accompanied by a marked decline in foraging activity. A further decline occurred in summer when foraging contributed only 29.9% to the activity budget, the lowest value for any season. By late summer, foraging time increased again to 41.3%.

FORAGING TACTICS

Grazing and browsing are two major foraging tactics. Grazing was defined as foraging in the field layer on grasses, grass-like plants, and forbs. Browsing was defined as foraging on twigs and foliage of shrubs and trees. The two major environmental factors which influenced foraging behavior were plant phenology and snow conditions. These factors affected the availability, quality, and distribution of food items.

Following leaf abscission in late September, wapiti fed predominantly in the field layer (Fig. 1). They were obviously selective in what they consumed; green leafy material was preferred over stems and dead material.

TABLE I

Seasonal frequencies of foraging by wapiti in a boreal forest enclosure

Season	Activity frequencies			
	Foraging	All other activities	Total	% Foraging
Fall	2807	2136	4943	56.8
Early winter	1424	1343	2767	51.5
Mid-winter	1395	1183	2578	54.1
Late winter	1567	1399	2966	52.8
Early spring	1502	1259	2761	54.4
Spring	2038	2576	4614	44.2
Summer	1795	4113	5908	29.9
Late summer	414	588	1002	41.3
Total	12942	14597	27539	47.0

Chi Square = 1089.3 with 7 degrees of freedom ($P < 0.01$). Homogeneous subsets are underlined ($P < 0.05$):

Fall	Early spring	Mid-winter	Late winter	Early winter
	Spring	Late summer	Summer	

Grasses predominated in the diet. Forbs, particularly the leaves of dandelion and vetch, were preferred. However, the abundance of these plants was low and declined steadily with recurring frosts. By the end of October, green plant material became scarce. Dried erect forbs such as Canada thistle and common nettle were consumed as was bunchberry (*Cornus canadensis*). In the meadows, wapiti appeared to select for green grass leaves. When browsing, the wapiti consumed little woody material; rather they selected leaves which had cured but not fallen from the stems.

With the development of permanent snow cover in late November, browsing increased although grazing still dominated. Twigs of woody plants were the major components of browse consumed although dried leaves retained on branches were eaten whenever encountered. However, grazing still dominated. Snow cover remained light through December (less than 20 cm) and the wapiti were able to procure herbage by pushing the snow away with their muzzle as they grazed. Pawing was infrequent. There still appeared to be an element of selectivity in feeding although green herbage was scarce.

With the arrival of deep snow cover in late December, browsing increased (Fig. 2). The nature of the snow pack during January and the first half of February demanded considerable effort to dig craters. The snow was deep, ranging up to 45 cm, and tended to fall into the craters as it was excavated. Plant material at the bottom of craters was thoroughly and non-selectively consumed.

Aspen and beaked hazel were the most important browse species in the poplar forest. Saskatoon was next in importance. Willow was used only occasionally despite its abundance. Chokecherry, pin cherry, and balsam poplar were consumed in minor amounts. Although dogwood was not abundant, it was consumed whenever encountered. Browsed stems of this species were up to 6 mm in diameter.

With the appearance of open patches in late February and early March, grazing again predominated and focused on the open meadows. This shift appeared due to increased availability of herbage and snow conditions in the forest. The warm weather caused crusting and increased snow density. Deep crusted snow in the forest may have impeded movement and wapiti did not

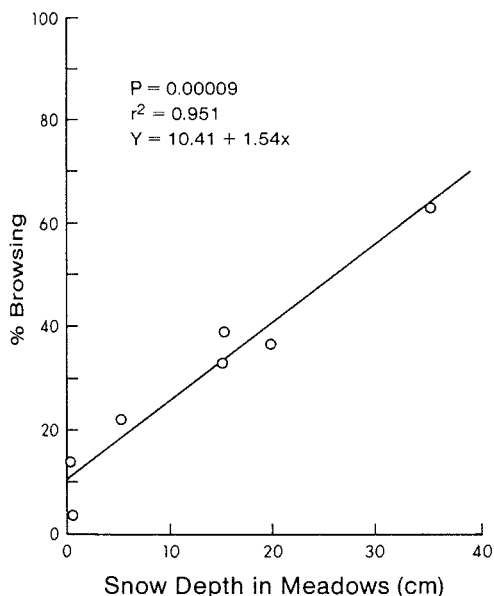


Figure 2. Relationship between snow depth in meadows and percent of foraging time spent browsing rather than grazing.

venture into deep snow unless the ambient temperature was sufficiently high to cause softening of the crust.

Cratering was also difficult in the dense snow pack unless it was softened by warm temperatures. When ambient temperatures were above freezing, pawing through the 10 cm snow cover appeared easy and the granular snow was often simply pushed aside with the muzzle. However, with freezing temperatures which usually occurred at night, the snow cover became extremely hard making excavation difficult. Grazing in the patches of exposed meadow was non-selective. The wapiti tended to consume wet freshly exposed herbage along the receding snow line surrounding open patches.

By the end of March, most of the snow disappeared from the meadows and ice cover in the wetlands began to melt. The wapiti appeared to be more selective in feeding again, selecting for grass leaves which had remained green over the winter. Little browsing was observed. About mid-April, they began to feed on new sedge shoots in the wet meadows, the first available source of early growth.

Although grasses began to grow about April 25, they were not completely available until after the first week in May. The animals consumed as much of this material as pos-

sible but weathered grass made up a large proportion of the diet. By May 9, the wapiti fed almost exclusively in the field layer. During spring, grazing occupied 97.4% of the time spent foraging. Similarly, in summer, grazing was the principal tactic (92.3%). Foraging emphasized forbs which were abundant from the end of May to the beginning of August. In late summer, browsing assumed more importance (42.8% of time spent foraging) coinciding with a decrease in the abundance of forbs and advancing maturity of grasses. Both leaves and terminal portions of current growth twigs were consumed.

DIET QUALITY

Feces crude protein changed seasonally (Fig. 3), gradually declining through the fall in response to deteriorating quality of available feed and decreasing selectivity. Diet quality apparently reached a low in late February and early March when the wapiti were feeding non-selectively on weathered herbage in patches of exposed meadow. The crude protein content of hand-picked grasses from these patches was 7.1%.

During the period in late March and early April when the meadows were largely snow free, feces crude protein rose to 10.7%. This agreed with a subjective observation of increased selectivity compared to early March. Feces collected on April 25 had a mean crude protein content of 11.9%. This increase likely reflected the increasing availability of sedge and grass shoots, the only green material available. Sedge shoots collected at that time contained only 9.2% crude protein while grass shoots contained 17.0% crude protein. Although grasses initiated growth by April, they evidently did not contribute much to the diet until they achieved sufficient length in early May. By May 10, the diet consisted largely

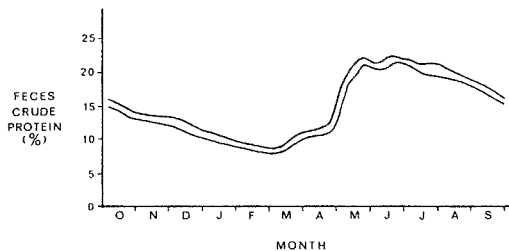


Figure 3. Annual pattern of crude protein content(%) of wapiti feces. Standard errors either side of the mean are joined by a line.

of green shoots and fecal crude protein rose to 18.9%.

Diet quality remained high throughout the remainder of May, June and early July, with crude protein contents averaging about 21%. Declining diet quality was evident after the end of July. This continued until the end of September when the last samples were collected. This was interpretable in terms of changes in the abundance of forbs, maturation of grasses and eventually, in September, abscission of leaves from trees and shrubs.

MOVEMENT WHILE FORAGING

Mean rates of travel during feeding bouts changed throughout the year (Table II). The lowest rate of movement (63 m/h) occurred during late February to early March at a time when wapiti largely restricted their foraging activity to small patches of exposed upland meadow. Conversely, the greatest rate of movement occurred during summer (302 m/h), a period of an abundance of high quality feed.

Rates of travel for spring through late summer were similar while the periods from fall to early spring fell into a significantly different group. These two sets represented a period of abundant high quality feed, and a period of declining or poor feed availability, respectively.

TABLE II

Rates of travel during foraging bouts in each season by wapiti in a boreal forest enclosure

Season	Mean rate of travel (m/h)	Standard error	Sample size
Spring	266	20	20
Summer	302	31	18
Late summer	241	29	7
Fall	105	24	20
Early winter	91	33	8
Mid-winter	66	11	9
Late winter	63	11	11
Early spring	88	13	12

Analysis of variance $F = 30.56, df = 7, P < 0.001$
 Student-Newman-Keuls classification:

	Late summer				
	Summer	Spring	summer		
Summer					
Fall	Early winter	Early spring	Mid-winter	Late winter	

RESTING BEHAVIOR

Activities considered as resting were lying, lying ruminating, standing idle, and standing-ruminating. Standing ruminating was observed only infrequently, was of short duration, and usually preceded a bout of lying-ruminating. Sleeping was infrequent and lasted no longer than 10 or 15 minutes.

Seasonal contributions of rumination to the activity budget are presented in Table III for all but the early winter and late summer periods for which adequate data were not collected. Rumination was greatest in winter. In other seasons, when foraging became more selective, rumination declined.

DAILY ACTIVITY PATTERNS

During fall and winter, feeding and resting alternated in a polyphasic manner over a 24 h cycle (Fig. 4). During the spring and summer, the pattern was essentially bi-phasic with peak feeding periods at dawn and dusk (Fig. 5). In both fall and winter, resting predominated at sunrise with feeding one hour later. During mid-day the animals went through one or two feed-rest cycles. A major feeding period centered around sunset and in the winter continued for another hour and a half or more into darkness. Another feeding bout occurred at mid-night in both fall and winter, then again a few hours before sunrise.

In spring and summer, feeding began about sunrise. Resting gradually replaced feeding as the morning progressed, reaching a peak during mid-day. This trend was reversed during the afternoon until shortly before nightfall when foraging was the dominant activity. In the spring, a major resting period began at nightfall and continued until sunrise the next morning. In summer, the

TABLE III

Seasonal contributions of rumination to the activity budget of wapiti in a boreal forest enclosure

Season	Number of resting observations	Proportion ruminating	Percent of total activity budget
Fall	883	0.56	22.3
Winter	760	0.81	37.7
Early spring	994	0.59	21.4
Spring	1076	0.41	22.7
Summer	1430	0.28	19.4

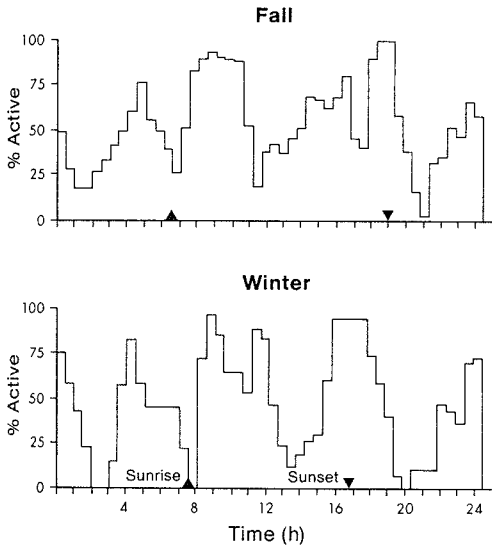


Figure 4. Daily foraging patterns expressed as percent of wapiti observed active in each one-half hour interval. Top, fall. Bottom, winter.

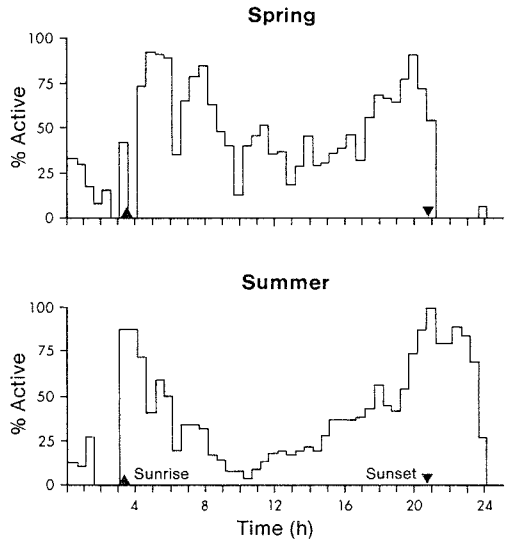


Figure 5. Daily foraging patterns expressed as percent of wapiti observed active in each one-half hour interval. Top, spring. Bottom, summer.

evening foraging period extended well past sunset, until shortly before midnight.

Daily cycles of activity during early and late winter resembled the fall/winter pattern while the early spring/late summer patterns were transitional between winter/spring and summer/fall patterns. Throughout the annual cycle, wapiti preferred to forage in early morning and evening. Early morning foraging was least pronounced during fall and late winter. Morning foraging varied seasonally although there was a general tendency for reduction in foraging from early morning to morning. Resting was more prevalent in the afternoon particularly in mid-winter. At that time, animals often basked in the sun in exposed meadows.

DURATION OF FORAGING AND RESTING BOUTS

Seasonal variation in the duration of feeding bouts was marked (Table IV, $P < 0.0001$). Foraging bouts were shortest during the summer (1.2 h) and longest during the fall (2.9 h). Durations in the other seasons ranged from 1.9 to 2.5 h.

The initiation and termination of bouts of feeding and resting were particularly difficult to determine during June and July. During that time, wapiti frequently interrupted resting periods by feeding while bedded. These feeding periods were usually

short making it difficult to assess when a resting bout ended and feeding began.

Discussion

The seasonal activities of captive wapiti are expected to differ from those of wild wapiti mainly due to lack of predators and habituation to humans. Under captive conditions, digestive repletion-depletion cycles, and responses to photoperiod and thermal environments are expected to be more fully expressed. In this study, the strongest determinant of foraging time appeared to be the availability and quality of forage.

Wapiti spent the least amount of time foraging in summer when high quality forage was most abundant. As plants matured in late summer and fall, foraging times increased. Diet quality, as reflected in feces crude protein, declined throughout the winter. In early spring, foraging time rose abruptly, reaching a peak in the annual cycle while diet quality improved moderately. When early growth became abundant in May, foraging time again declined.

Increased foraging time in response to deteriorating forage conditions is typical of domestic and wild herbivores (Trudell & White, 1981). However, there appears to be a maximum scope of increase. Animals are

unable or at least reluctant to forage longer than 700 and 900 min daily. This corresponds to the maximum foraging times of wapiti recorded in this study. However, there are circumstances where foraging effort declines under severe environmental conditions. Craighead *et al.* (1973) noted that wapiti in Yellowstone National Park increased foraging time from summer to fall but reduced foraging time to only 38.5% of the activity budget during periods of heavy snow cover in mid-winter.

Factors limiting compensation in foraging time are poorly understood. The ultimate factor may be energy requirements which, in at least some northern herbivores, cycle seasonally (Silver *et al.*, 1969; McEwan & Whitehead, 1970). The added demands of late pregnancy and particularly lactation are associated with greater foraging times in domestic sheep (Arnold & Dudzinski, 1967), waterbuck (*Kobus defassa*) (Spinage, 1968) and impala (*Aepyceros melampus*) (Jarman & Jarman, 1973). Low forage quality and rumen fill may limit forage intake short of metabolic demands. Fatigue and the demands of alternate activities also may place an upper limit to foraging time. One such essential activity is rumination which, in this study, comprised almost 38% of the activity budget when forage quality was lowest. During winter the combined foraging and rumination times exceeded 90% of the 24-hour day.

TABLE IV

Duration of foraging bouts in each season by wapiti in a boreal forest enclosure

Season	Mean duration (h ± S.E.)	Sample size
Spring	1.9 ± 0.13	118
Summer	1.2 ± 0.08	97
Late summer	1.9 ± 0.08	27
Fall	2.9 ± 0.22	21
Early winter	2.0 ± 0.11	45
Mid-winter	2.2 ± 0.13	65
Late winter	2.5 ± 0.12	92
Early spring	2.1 ± 0.12	99

Analysis of variance F = 14.78, df = 7,556
P < 0.0001.

Student-Newman-Keuls classification:

Summer	Spring	Late summer	Early winter	Early spring
Mid-winter	Late winter	Fall		

Wapiti are opportunistic foragers. In response to plant phenology and changing snow cover, the animals made rapid shifts to new food resources. In winter, the most striking shift was between browse and grasses; the determining factor appeared to be snow depths. In Colorado, wapiti also select increasing proportions of browse as winter progresses but in this case nutritional factors appear more important because protein levels were often at or below the approximate maintenance requirement (Hobbs *et al.*, 1981). In winter, grasses are a satisfactory source of digestible energy but are low in protein. In contrast, browse is relatively indigestible but contains higher levels of protein. Thus, they can be considered complementary forages. Hobbs *et al.* (1981) concluded that their animals were maximizing digestible energy intake subject to the constraint of meeting minimum requirements for crude protein (estimated to be 5%). In the present study, the lowest crude protein content of grasses (hand-picked) was about 7%, well above this estimated threshold.

The observed differences in distances travelled while foraging can also be seen as a tactical change related to foraging conditions. During periods when high quality forage was abundant, animals travelled greater linear distances while foraging than during periods of scarcity. In agreement, Novellie (1978) found that the amount of time spent at feeding stations by springbok (*Antidorcas marsupialis*) and blesbok (*Damaliscus dorcas phillipsi*) was inversely correlated with forage quality.

Circadian rhythms of wapiti were of two types. In late summer, fall, winter and early spring a polyphasic pattern of alternating forage and resting bouts were observed. During spring and summer, foraging activity was biphasic with peaks occurring at sunrise and sunset. Similar activity patterns have been observed in other wild ruminants (Ozoga & Verme, 1970; Belovsky, 1978).

Both endogenous and environmental factors are involved in daily activity. Rhythmic short term variations in rumen repletion-depletion likely played an important role as an intrinsic determinant. The free-foraging ruminant is faced with the necessity of meeting nutrient requirements continuously so that regulation of food intake is an active ongoing process. In ruminants, the rate of passage of food from the rumen, which is a

function of forage digestibility and the rate of particle-size reduction, governs the amount which can be consumed and this limits time spent foraging (Baile & Forbes, 1974).

Alternating foraging/resting bouts seen in the present study can be interpreted as repletion-depletion cycles. Particularly during the fall, winter and early spring when the diet probably was high in fiber, activity cycles may have been the result of feeding to gut capacity then resting and ruminating until sufficient ingesta was cleared from the foregut.

When wapiti were feeding on highly digestible forage in spring and summer, environmental factors modified this cycle. They tended to feed in shorter bouts during the summer than at any other time although feeding was restricted during the day. This suggests that the summer rhythm may occur at a greater frequency than in other periods though this was not obvious because of the modifying influence of other environmental factors such as heat stress and annoyance by insects. Von Berg (1978) noted that the frequency of feed-rest cycles in roe deer was greater in summer than during winter. The greater clearance rate of highly digestible summer forage may have permitted a greater number of activity cycles. On the other hand, the great abundance of highly digestible feed items may have permitted the wapiti to consume sufficient forage during the more environmentally favorable periods of the day; hence the biphasic pattern during spring and summer.

Other intrinsic physiological processes may be involved in determining activity cycles. The need to ruminate may motivate periodic resting. The rate of passage of food from the rumen and therefore the capacity of the animal to consume more food, is governed in part by the rate of microbial breakdown of ingesta and by the size of particles which can pass through the reticulo-omasal ostium. Rumination reduces particle size, increases fermentation rates, and enhances clearance of ingesta from the rumen. In general, rumination increases with the fibrousness of the diet but this may be modified by photoperiod (Erriksson *et al.*, 1981).

Another physiological requirement of mammals is sleep or at least rest. The biological function of sleep remains enigmatic despite considerable research (Allison & Cicchetti,

1976; Ruckebusch, 1975). In ruminants, resting is characterized by bouts of rumination and domestic species are known to experience three levels of awareness while ruminating; namely, alertness, drowsiness and slow wave sleep (Ruckebusch, 1972). The reduced level of alertness usually seen in ruminating wapiti, may serve a reconstitutive purpose in addition to a digestive function. Morag (1967) suggested that sleep was essential as a replacement for rumination in sheep fed finely ground feeds.

During the spring and summer, foraging was most prevalent in the morning and evening. This pattern avoids activity in the warmest parts of the day, a tendency which has been commonly reported for other species. Night activities generally were evenly divided between resting and foraging with the exception of spring and summer. During summer, the wapiti fed for a greater proportion of the night than during any other season. The tendency to increase night grazing under hot environmental conditions is commonly noted in cattle (Hafez *et al.*, 1969). Craighead *et al.* (1973) also noted increased foraging by wapiti during the night in summer.

It is more difficult to explain the large increase in nocturnal bedding in the spring. Compared to about 50% in other seasons, 74% of the night was spent resting. Since the nights were still cool during spring and the wapiti had lost their winter pelage, resting at night could have been an energy conserving tactic.

The strategies and tactics used by animals are the product of interaction between their physical, physiological, and behavioral attributes and the constraints and opportunities of their environment. In the simplified environment of this study where predation was absent and human disturbance was minimized by habituation, wapiti deployed activities largely in response to forage and thermal factors.

Acknowledgments

We thank the Alberta Fish and Wildlife Division for providing the research facility and financial assistance. Additional funding was received from the Natural Sciences and Engineering Research Council. Ms. Cheryl Arelis and Dr. R. Westra assisted in rearing the wapiti calves. Ms. Diane Keith provided efficient and competent assistance during field phases of the study.

References

- ALLISON, T. & D.V. CICCHETTI, 1976. Sleep in mammals: ecological and constitutional correlates. — *Science*, 194: 732.
- ALTMANN, J., 1974. Observational study of behavior: sampling methods. — *Behaviour*, 49: 227-267.
- ARNOLD, G.W., 1964. Factors within plant associations affecting the behavior and performance of grazing animals. — Pages 133-154 in D.J. Crisp (ed.). *Grazing in terrestrial and marine environments*. Blackwell Sci. Publ., Oxford, 322 p.
- ARNOLD, G.W. & N.A. DUDZINSKI, 1967. Studies on the diet of the grazing animal. II. The effect of physiological status in ewes and pasture availability of herbage intake. — *Aust. J. Agric. Res.*, 18: 349-359.
- BAILE, C.A. & J.M. FORBES, 1974. Control of feed intake and regulation of energy balance in ruminants. — *Physiol. Rev.*, 54: 160-214.
- BELOVSKY, G.E., 1978. Diet optimization in a generalist herbivore: the moose. — *Theor. Pop. Biol.*, 14: 105-134.
- COLLINS, W.G., P.J. URNESS & D.D. AUSTIN, 1978. Elk diets and activities on different lodgepole pine habitat segments. — *J. Wildl. Mgmt*, 42: 799-810.
- CRAIGHEAD, J.J., F.C. CRAIGHEAD Jr., R.L. RUFF & B.W. O'GARA, 1973. Home ranges and activity patterns of non-migratory wapiti on the Madison Drainage herd as determined by biotelemetry. — *Wildl. Monogr.*, no. 33, 50 p.
- EMLEH, J.M., 1966. The role of time and energy in food preferences. — *Am. Nat.*, 100: 611-617.
- ERRIKSSON, L.-O., M.-L. KALLQVIST & T. MOS-SING, 1981. Seasonal development of circadian and short-term activity in captive reindeer *Rangifer tarandus* L. — *Oecologia*, 48: 64-70.
- GATES, C.C. & R.J. HUDSON, 1981. Habitat selection by wapiti in a boreal forest enclosure. — *Naturaliste can.*, 108: 153-166.
- HAFEZ, E.S.E., M.W. SCHEIN & R. EWBANK, 1969. The behavior of cattle. — Pages 235-295 in E.S.E. Hafez (ed.). *The behavior of domestic animals.*, 2nd ed. Williams and Wilkins, Baltimore, 647 p.
- HÉBERT, D.M., 1973. Altitudinal migration as a factor in the nutrition of bighorn sheep. — Ph.D. thesis. Univ. British Columbia, 375 p.
- HOBBS, N.T., D.L. BAKER, J.E. ELLIS & D.M. SWITT, 1981. Composition and quality of elk winter diets in Colorado. — *J. Wildl. Mgmt*, 45: 156-171.
- HUTCHINSON, K.J., 1958. Factors governing fecal nitrogen wastage in sheep. — *Aust. J. Agric. Res.*, 9: 508-520.
- JARMAN, M.V. & P.J. JARMAN, 1973. Daily activity of impala. — *E. Afr. Wildl. J.*, 11: 75-92.
- LAMBOURNE, L.J. & T.F. REARDON, 1963. The use of chromium oxide and fecal nitrogen concentration to estimate the pasture intake of merino wethers. — *Aust. J. Agric. Res.*, 14: 257-271.
- LORD, R.D. Jr., 1964. Seasonal changes in the activity of penned cottontail rabbits. — *Anim. Behav.*, 12: 38-41.
- MALACHEK, J.C. & B.M. SMITH, 1976. Behavior of range cows in response to winter weather. — *J. Range Mgmt*, 29: 9-12.
- MCEWAN, E.H. & P.E. WHITEHEAD, 1970. Seasonal changes in the energy and nitrogen intake in reindeer and caribou. — *Can. J. Zool.*, 48: 905-913.
- MCFARLAND, D.J., 1977. Decision-making in animals. — *Nature*, 269: 15-21.
- MITCHELL, A.W., 1977. Preliminary observations on the daytime activity patterns of lesser Kudu in Tsavo National Park, Kenya. — *E. Afr. Wildl. J.*, 15: 199-206.
- MORAG, M., 1967. Influence of diet on the behavior pattern of sheep. — *Nature, Lond.*, 213: 110.
- NOVELLIE, P.A., 1978. Comparison of the foraging strategies of blesbok and springbok on the Transvaal highveld. — *S. Afr. Wildl. Res.*, 8: 137-144.
- OZOGA, J.J. & L.J. VERME, 1970. Winter feeding patterns of penned white-tailed deer. — *J. Wildl. Mgmt*, 34: 431-438.
- ROWE, J.S., 1972. Forest regions of Canada. — *Dept. Env. Can. Forest Serv. Publ.*, no. 1300, 172 p.
- RUCKEBUSCH, Y., 1972. The relevance of drowsiness in the circadian cycle of farm animals. — *Anim. Behav.*, 20: 637-643.
- RUCKEBUSCH, Y., 1975. The hypnogram as an index of adaptation of farm animals to change in their environment. — *Appl. Anim. Ethol.*, 2: 3-18.
- SILVER, H., N.F. COLVOS, J.B. HOLTER & H.H. HAYES, 1969. Fasting metabolism of white-tailed deer. — *J. Wildl. Mgmt*, 33: 490-498.
- SPINAGE, C.A., 1968. A quantitative study of the daily activity of the Uganda defassa waterbuck. — *E. Afr. Wildl. J.*, 6: 89-93.
- TESTER, J.R. & K.L. HEEGAN, 1965. Deer response to a drive census determined by radio-telemetry. — *Biosci.*, 15: 100-104.
- TRUDELL, J. & R.G. WHITE, 1981. The effect of forage structure and availability on food intake, biting rate, bite size and daily eating times of reindeer. — *J. appl. Ecol.*, 18: 63-81.
- VON BERG, F.C., 1978. Zum raum-zeit-system des rehes. — *Allg. Forstz.*, 3: 48-50.
- WALTHER, F., 1973. Round-the-clock activity of Thomson's gazelle in the Serengeti National Park. — *Z. Tierpsychol.*, 32: 75-105.

COMPARATIVE ACTIVITY PATTERNS OF TWO SYMPATRIC SCIURID SPECIES

J. FERRON

Département des sciences pures, Université du Québec à Rimouski,
300 avenue des Ursulines, Rimouski, Québec G5L 3A1

Résumé

Cette étude a pour objectif de présenter pour la première fois des données sur les rythmes d'activité du grand polatouche (*Glaucomys sabrinus*) et de les comparer à ceux de l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), deux espèces sympatriques de sciuridés, dont les niches écologiques diffèrent principalement par la complémentarité des périodes d'activité, la première espèce étant nocturne et la seconde diurne. L'activité est ici définie comme étant le temps passé hors du nid. De cette analyse, il ressort que la lumière est le principal facteur qui contrôle la distribution circadienne d'activité durant les saisons tempérées, mais face aux conditions rigoureuses de l'hiver auxquelles ces deux espèces actives à l'année sont confrontées, l'influence de la température devient prépondérante. Les deux espèces régulariseraient une partie de leurs pertes énergétiques en modifiant d'une saison à l'autre le temps total passé à l'extérieur du nid, qui peut varier jusqu'à deux fois chez l'écureuil roux et huit fois chez le grand polatouche. *G. sabrinus*, qui est nocturne, économiserait aussi un peu d'énergie en évitant d'être actif durant la partie la plus froide de la nuit en hiver tandis que *T. hudsonicus*, qui est diurne, balancerait de façon assez efficace son budget énergétique en ajustant son patron d'activité circadienne à la chaleur solaire.

Abstract

The purpose of this paper is to present a first account of the activity rhythms of the nocturnal northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*) and to compare them with those of the diurnal red squirrel (*Tamiasciurus hudsonicus*), two sympatric sciurid species having similar ecological niches that differ mainly by the timing of their activity periods. Activity is defined here as the time spent outside the nest.

From this analysis, it appears that light is the key factor controlling circadian activity patterns during mild seasons, but that in winter the influence of temperature becomes preponderant. Both species appear to regulate some of their energy losses by varying from one season to the other the total amount of time spent outside the nest, up to two times in the red squirrel and up to eight times in the northern flying squirrel. The nocturnal northern flying squirrel probably also saves some energy by avoiding activity during the coldest part of the night in winter, whereas the diurnal red squirrel seems to balance rather efficiently its energy budget by adjusting the pattern of its activity cycle to solar heat.

Introduction

In the boreal forest of North America, two sciurid rodents, the red squirrel (*Tamiasciurus hudsonicus*) and the northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*) are sympatric over wide areas of their geographic range. Their ecological niches are quite similar and they avoid competition by being active at different times of the day, the first one being diurnal and the latter nocturnal (Prescott & Richard, 1980). Both species are active year-round.

The purpose of this paper is to present a first account of the activity rhythms of the northern flying squirrel and to compare them

with those of the red squirrel, a species already studied by this author (Ferron, 1976), to see whether differences in activity strategies of these two sympatric and ecologically similar species can be correlated with their respective nocturnal and diurnal habits. Following Törmälä *et al.* (1980), activity is defined here as the time spent outside the nest. Seasonal modifications in the daily pattern of activity and in the total amount of time spent outside the nest are investigated.

The results are discussed in light of the oscillation models derived from controlled laboratory studies (Daan & Aschoff, 1975;

Pittendrigh, 1974) and in terms of adaptive value following the ecological approach of Törmälä *et al.* (1980).

Method

As individual caging prevents animals from performing many of their natural activity (Törmälä *et al.*, 1980), this study was conducted on a monospecific group of adult northern flying squirrels kept in a large outdoor enclosure. The observations were carried out at Sainte-Luce, Québec (Lat. 48°31' N; Long. 68°22' W) from January 1979 to June 1980. The study was undertaken with a group composed of 3 males and 3 females but it was reduced to 3 males and 1 female in May 1979 following the death of two adult females. Later that spring, 2 young females were born to the surviving female. The young stayed with the group until the end of the study period in June 1980, but their activity has not been included in this analysis.

The flying squirrel enclosure was 2.4 m in height with a floor of 5.5 by 2.4 m. The floor was covered with wood chips and the walls were equipped with 6 rectangular nest-boxes (15 by 15 by 30 cm). Sloping branches in the cage provided the animals with gnawing material and helped to simulate the forest environment. Each squirrel was identified by an individual pattern of notches cut in the fur of the tail.

Squirrels were fed once a week with peanuts, filberts, sunflower seeds and apples, on a day when no observation was conducted. Food quantity was always greater than the animals' needs.

Flying squirrel activity was videotaped at a rate of about 3 frames per second during the night (half an hour before sunset until half an hour after sunrise). A Panasonic camera, model MV-341P, equipped with a Newvicon tube (Panasonic S-4075) was used with a time-lapse video taperecorder Panasonic NV-8030 connected with a Panasonic time-date generator WV-900. Activity was recorded four nights each month. The 6 nest-boxes were within the field of the camera. A mean number of minutes of activity per squirrel was then calculated for each hour block and transformed into the corresponding percentage of activity for a 1 hour period.

Red lights were used to create minimum light conditions. The absence of influence of red light was confirmed by comparing the activity rhythms of squirrels under red light with that of the same animals under

ambient light. The latter observations were carried out directly by the observer.

The experimental enclosure used to study the activity of the red squirrel was very similar to that of the northern flying squirrel and has been described by Ferron (1976). Originally, three categories of activity corresponding to different intensities in behaviour were used: active out of nest, active in a nest or resting out of nest, and inactive in a nest (Ferron, 1976). To achieve a comparison between the two species, the red squirrel data has been completely re-analysed and the time spent outside the nest has been used as the only criterion of activity. The results were compiled in the following manner. Red squirrel activity was based on scan sampling by direct visual observation from a blind at 10 minutes intervals (i.e. 6 values per hour). In order to cover the period of daylight, between the limits of 10 hours in winter and 17 hours in summer, observations were carried out in bouts of 2 to 4 hours evenly distributed over 6 to 12 days within a given month, such that any 10 minutes block within the daylight period was sampled twice, for a total of 12 values per hour. A daylight period is defined as half an hour before sunrise until half an hour after sunset. A monthly mean was calculated for each hour of the day and a percentage was determined so that if between 0500 h and 0600 h the mean number of active squirrels was 4.9 (out of a possible maximum of 6: the group being composed of 3 ♂ and 3 ♀) the percentage of activity for that period was 81.7%.

By expressing the results of both studies in percentage of activity, a comparison can be achieved. However as the observations were collected differently on the two species, the following results should be considered as two different but otherwise comparable estimations of activity. As the sample size of 4 to 6 squirrels in each outdoor enclosure is relatively small, no distinction between male and female activity has been made. The effect of reproduction on activity strategy is assumed to be the same in each case since only two females, one from each species group, gave birth during the study but it is not considered independently as a parameter in this research due to the small sample size.

Results

The circadian activity patterns of *T. hudsonicus* and *G. sabrinus* are presented and

compared in Figure 1. In each species there is a tendency towards a bimodal activity pattern in most months.

Almost every month of the year, each species undergoes an initial period of intense activity each day with an activity peak which

always occurs within the first 3 h after the onset of activity.

The second activity peak is variable. For the red squirrel, this daily peak in summer (June-August) occurs late in the afternoon. During autumn (September-November), it

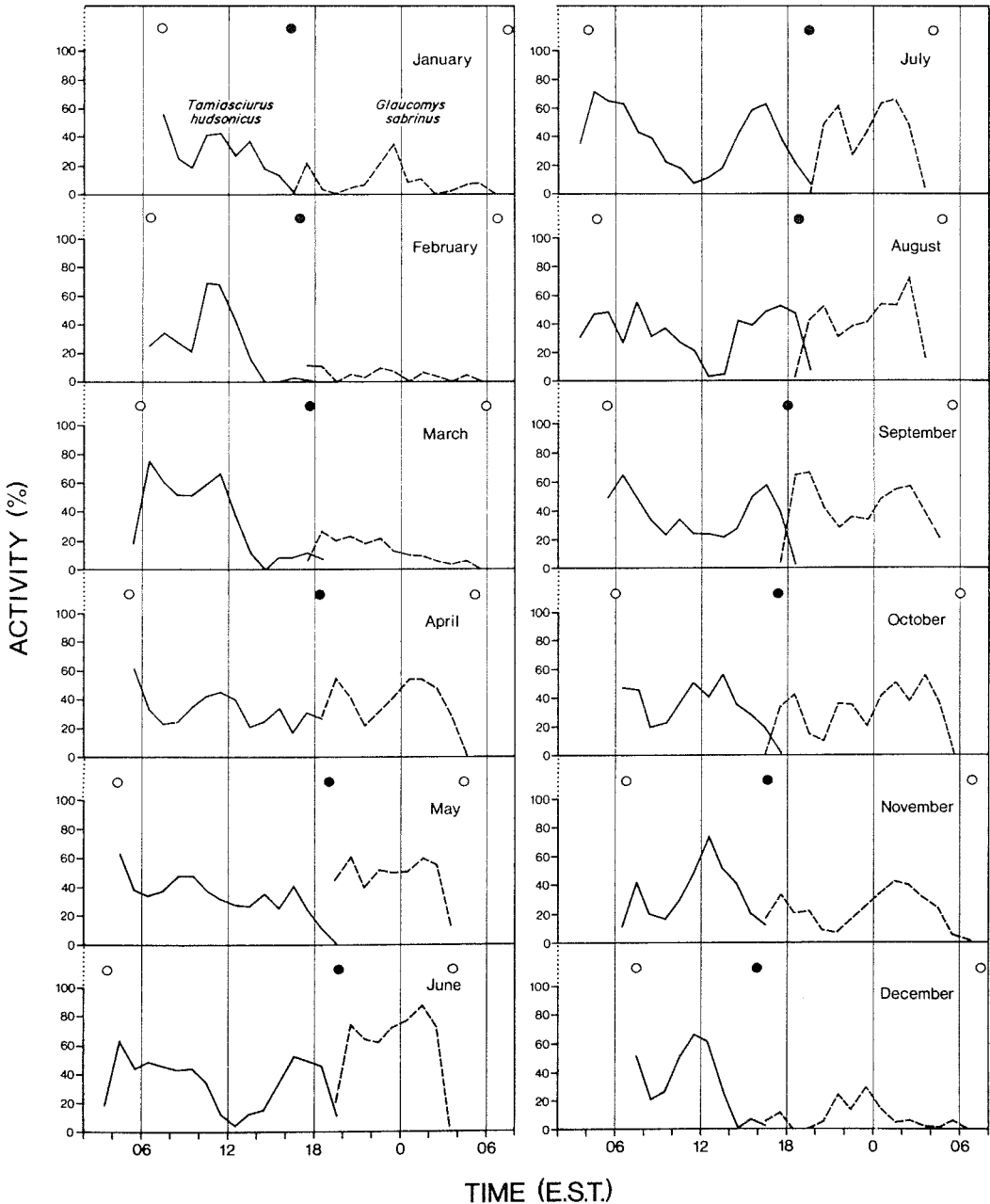


Figure 1. Percentage of activity on an hourly basis from January to December in *G. sabrinus* and *T. hudsonicus*. The open circle indicates sunrise and the black dot sunset.

gradually recedes from late afternoon towards noon. In winter (December-February), it occurs around noon, then finally in spring (March-May), the late afternoon peak characteristic of summer appears while the winter activity peak has not completely disappeared.

In the northern flying squirrel, the second period of intense activity from April to September occurs between 3 and 5 h before the end of the activity period, the length of which depends on the photoperiod. In autumn (October and November) this peak is gradually shifting towards midnight; in October, this modification generates an irregular pattern of activity whereas in November the second activity peak moves closer to midnight. In winter (December-February), general activity is drastically reduced but the two activity peaks tend to persist although with less intensity; the second peak occurs shortly before midnight. In early spring (March), general activity begins to increase but there is no bimodal pattern; after the early night activity peak, activity remains relatively intense and gradually fades out until the end of the activity period.

By considering the monthly mean percentage of activity, expressed as the sum of the percentage of activity for each hour during a month divided by 24 h, comparisons can be made of average daily activity of the two species for each month of the year (Fig. 2). The respective nocturnal and diurnal inactivity of the red squirrel and the northern flying squirrel was verified several times during the course of the study. From this comparison, it appears that *G. sabrinus* is generally (10 months out of 12) less active than *T. hudsonicus*. This difference is more pronounced from December to March, the coldest part of the year, and in July and August. However this difference must be considered cautiously as differences between the two methods of recording activity may have some influence on the results. For both species, the monthly mean percentage of activity tends to be higher in summer and lower in winter with gradual increase in spring and gradual decrease in autumn.

Discussion

It must be first pointed out that preliminary studies by Layne (1954) and Thibault (1969) on the activity cycle of *T. hudsonicus*

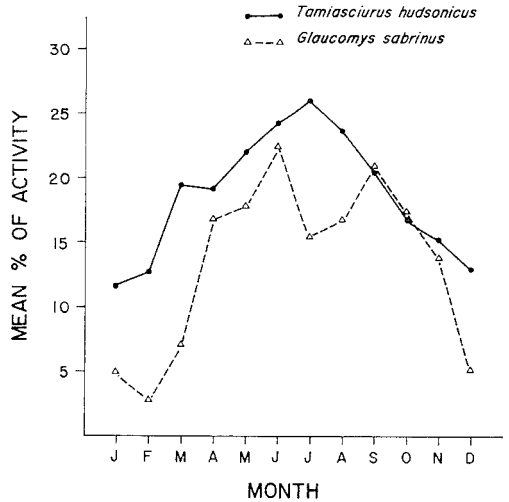


Figure 2. Monthly mean percentage of activity of *G. sabrinus* and *T. hudsonicus*.

in the wild indicate that circadian activity pattern in the wild is similar to the one observed more systematically in outdoor enclosures with animals in groups (present study) or individually caged (Pauls, 1978). Ferron (1976) observed similar activity patterns in a group of young caged red squirrels. No data on activity of wild *G. sabrinus* are available at this time.

The dual oscillator model (Daan & Aschoff, 1975; Pittendrigh, 1974) can be evoked as a proximate explanation of bimodality and of some seasonal variation in activity patterns in the two squirrel species. According to this model, circadian rhythms of activity are based on a two-oscillator system: a morning oscillator, speeded up by light and locked on to dawn, and an evening oscillator, slowed down by light and locked on to dusk. The onset of activity would be linked to the evening oscillator in night-active animals and to the morning oscillator in day-active animals. The cessation of activity would therefore correspond to the morning oscillator in night-active and to the evening oscillator in day-active animals. This dual oscillator model predicts that the daily onset and cessation of activity should move in opposite directions as photoperiod lengthens. The existence of two oscillating systems involved in the circadian rhythm of activity is further suggested by its usually bimodal pattern. With increasing activity time, the two peaks of the bimodal distribution of activity should move apart; they

should stay closer to activity onset and cessation respectively than to each other.

The year-round occurrence of the first activity peak within the first 3 h of the cycle can thus be explained by the dual oscillator model. Although the second activity peak of the red squirrel moves away from the first one with the lengthening of the photoperiod, and vice versa, the distance between this peak and the end of the activity period fluctuates. In winter (December-March), this peak was registered between 6 to 8 h before the end of activity whereas in summer (June-September) it was reduced to 3 to 4 h. The model previously described does not account for this fluctuation. In the northern flying squirrel, the winter (December-March) second activity peak tends to be 8 to 9 h before conclusion of activity, and sometimes does not occur at all, whereas the summer (June-September) second peak was recorded 3 h before cessation of activity. Consequently the two peaks of the winter bimodal distribution of activity, which is potentially the longest activity time for *G. sabrinus*, stay much closer to each other than predicted by the model. However from May to October, the relative distance between the two modes of the bimodal distribution of activity of *G. sabrinus* conforms to the prediction of the dual oscillator model, the distance directly correlating to the length of the night.

Consequently, some of the month to month variations in the circadian distribution of activity of both species can be explained by the dual oscillator model but other

factors than light can clearly influence activity strategy.

As Ferron (1976), Pauls (1978) and Thompson (1977) have already suggested, temperature might affect activity strategies of some diurnal squirrel species. Squirrels tend to avoid the hottest part of the day in summer, whereas they are more active during the warm mid-day period in winter. The influence of temperature could thus explain the fluctuation in the number of hours between the occurrence of the second activity peak and the conclusion of activity, in the red squirrel, that could not be explained by the dual oscillator model.

If we consider that night is colder than day and that temperatures generally reach their lowest point just before sunrise (Lavigne, Environment Canada, pers. comm.), it is then possible to hypothesize as to why the winter activity of the northern flying squirrel does not conform to the predictions of the dual oscillator model. During the coldest months of the year, minimum nocturnal temperatures average 6-8°C colder than maximum diurnal temperatures (Table I). This gap is greater if the difference between maximum temperatures under direct sunlight radiation and average minimum temperatures is considered. This may explain why the nocturnal *G. sabrinus*, facing more adverse temperatures conditions than the diurnal *T. hudsonicus*, reduces its winter activity strikingly, especially during the coldest time of the night.

The influence of the average lower night temperature versus the average higher day

TABLE I

Comparison between the temperature in °C at the two study sites during the period of data collection

	<i>T. hudsonicus</i> (study site)				<i>G. sabrinus</i> (study site)			
	Year	Mean maximum	Mean minimum	Mean daily	Year	Mean maximum	Mean minimum	Mean daily
January	73	-5.7	-15.7	-10.7	79-80	-6.6	-14.5	-10.6
February	73	-5.1	-18.1	-11.6	79-80	-8.5	-16.9	-12.7
March	73	4.2	-4.3	-0.1	79-80	0.7	-7.8	-3.6
April	73	8.3	-1.3	3.5	79-80	6.3	-1.6	2.4
May	73	15.6	5.4	10.5	79-80	13.5	3.8	8.7
June	73	22.6	12.2	17.4	79-80	20.1	8.7	14.4
July	72	24.0	13.2	18.6	79	24.2	12.2	18.2
August	72	21.0	11.6	16.3	79	19.8	10.6	15.2
September	72	18.0	7.7	12.9	79	16.5	6.1	11.3
October	72	7.2	0	3.6	79	9.5	3.0	6.3
November	72	0.3	-5.9	-2.8	79	3.2	-2.8	0.2
December	72	-5.4	-15.7	-10.5	79	-4.2	-10.6	-7.4

temperature can also explain some of the trends noticed in the month to month fluctuation in mean percentage of activity (Fig. 2). For both species, activity time tends to shorten with cold weather and to lengthen with warm weather. Furthermore, the diurnal species, which can adjust its activity cycle to the solar heat, is on average more active than the nocturnal species which has to deal with colder temperatures. This difference is more pronounced in winter when energy balance problems are acute, even though the potential activity period of the nocturnal species is longer at this time of year.

This study supports the hypothesis that light is the key factor controlling circadian activity patterns of *T. hudsonicus* and *G. sabrinus* during mild seasons, but under the severe winter conditions faced by these year-round active species, the influence of temperature becomes preponderant. The activity strategies of these two sympatric species are different. The diurnal red squirrel probably saves energy by adjusting the pattern of its activity cycle to solar heat and by a two-fold variation from one season to the other of the total amount of time spent outside the nest, while the nocturnal northern flying squirrel seems to regulate some of its energy losses by an eight-fold modification of the total amount of time spent outside the nest and by avoiding activity during the coldest part of the night in winter.

The mutual influence between the activity patterns of the two species still needs to be tested either in a polyspecific caged group of squirrels or directly in the field in areas of sympatry.

Acknowledgments

Research on *T. hudsonicus* was supported by NRCC post-graduate scholarships to the author during his Ph.D., along with a NRCC grant (A-0778) to Dr. Pirlot. Work on *G. sabrinus* was financed by NRCC (NSERC) grant (A-0093) to the author.

The Station de biologie de l'Université de Montréal and the Université du Québec à Rimouski have also provided funds and/or equipment.

Special thanks are expressed to Dr. P. Pirlot who supervised part of this research. I am grateful to Prof. A. Strachan for helpful comments on the manuscript, to R. Beauséjour, L. Joe, M. Roy, J. Prescott, M. Larrivée and L. Paquin for their assistance, also to L. Sylvestre, D. Roy and Jeanine Ferron for their contribution to the preparation of the manuscript.

References

- DAAN, S. & J. ASCHOFF, 1975. Circadian rhythms of locomotor activity in captive birds and mammals: their variations with season and latitude. — *Oecologia*, 18: 269-316.
- FERRON, J., 1976. Cycle annuel d'activité de l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), adultes et jeunes en semi-liberté, au Québec. — *Naturaliste can.*, 103: 1-10.
- LAYNE, J.N., 1954. The biology of the red squirrel, *Tamiasciurus hudsonicus loquax* (Bangs), in central New York. — *Ecol. Monogr.*, 24: 227-267.
- PAULS, R.W., 1978. Behavioural strategies relevant to the energy economy of the red squirrel (*Tamiasciurus hudsonicus*). — *Can. J. Zool.*, 56: 1519-1525.
- PITTENDRIGH, C.S., 1974. Circadian oscillations in cells and the circadian organization of multicellular systems. — Pages 437-458 in F.O. Schmitt & F.G. Worden (eds.). *The Neurosciences; third study program*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1250 p.
- PRESCOTT, J. & P. RICHARD, 1980. Écureuil de jour, écureuil de nuit. — *Québec Science*, 19: 64-69.
- THIBAUT, P., 1969. Activité estivale de petits mammifères du Québec. — *Can. J. Zool.*, 47: 817-828.
- THOMPSON, D.C., 1977. Diurnal and seasonal activity of the grey squirrel (*Sciurus carolinensis*). — *Can. J. Zool.*, 55: 1185-1189.
- TÖRMÄLÄ, T., H. HOKKANEN & H. VUORINEN, 1980. Activity time in the flying squirrel, *Pteromys volans*, in central Finland. — *Z. Säugetierk.*, 45: 225-234.

COMMUNICATIONS BRÈVES

ADDITION DE *FESTUCA GIGANTEA* (L.) VILL. (POACEAE)

À LA FLORE DU CANADA

M. DUBÉ

Département de biologie, Faculté des sciences et de génie,
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Festuca gigantea est signalé pour la première fois avec certitude au Canada à partir de deux localités au Québec. Sa naturalisation est démontrée. Ses caractères distinctifs sont donnés de même qu'une carte de sa répartition en Amérique du Nord.

Abstract

Festuca gigantea is reported for the first time in Canada, where it is known with certainty from two localities only, both in Québec. There is evidence that this introduced species is naturalized. Its main distinguishing characters are mentioned, and its known distribution in North America is mapped.

Festuca gigantea est une espèce européenne des forêts et des fourrés. Ses feuilles planes sont larges et ses tiges forment de petites touffes (Markgraf-Dannenberg, 1980). La combinaison de deux caractères suffit à la séparer des autres espèces canadiennes : la présence d'oreillettes au sommet de la gaine et la longueur de l'arête du lemma qui atteint de une à deux fois la longueur de celui-ci (Hitchcock, 1973, avec modification). En effet, parmi les autres espèces à feuilles planes et larges (3 mm et plus de largeur), *F. subuliflora* Scribner et *F. subulata* Trinius possèdent de longues arêtes mais pas d'oreillettes, alors que *F. obtusa* Biehler est dépourvu des unes et des autres. *F. pratensis* Hudson et *F. arundinacea* Schreber ne portent pas d'arêtes aussi longues (jusqu'à la moitié de la longueur du lemma ou même le plus souvent absentes chez *F. pratensis*) mais des oreillettes sont présentes et glabres chez *F. pratensis*, comme chez *F. gigantea*, ciliées chez *F. arundinacea*. Au Canada, *F. gigantea* n'est signalé ni par Boivin (1967), ni par Scoggan (1978). Les récoltes justificatrices sont les suivantes [les acronymes utilisés pour les herbiers sont ceux de Holmgren & Keuken (1974)] :

QUÉBEC, Comté de Québec : Québec, lieux ombragés près de la côte Gilmour, 16 juillet

1955, *P. Masson* 7108 (QFA, QUÉ) [sub nomine *Bromus latiglumis* (Shear) A.S. Hitchc.]. *Eodem*, 24 juillet 1979, *G. Baillargeon* 2459 (QFA) [sub nomine *Bromus latiglumis* in herbario et in Baillargeon (1981)]. *Idem*, 11 juillet 1982, *M. Dubé* 82-47 (QFA). *Id.*, 26 juillet 1982, *M. Dubé* 82-50 (QFA, QUE, SFS, MT, CAN, DAO, US, GH, NY). — Comté de Richmond : lac Brompton, forêt mixte au bord du lac, 17 septembre 1968, *S. Brisson* 68206 (SFS, QFA, QUE) [sub nomine *Schizachne purpurascens* (Torrey) Swallen, puis révisé à *F. elatior* L. à QFA, à *F. gigantea* par R. Cayouette (30 mars 1978) à SFS et QUE.].

Par ailleurs, les récoltes suivantes erronément identifiées à *F. gigantea* ont été révisées à d'autres taxons :

NEW BRUNSWICK, Gloucester Co. : Youghall, August 1893-1910, *R. Campbell* s.n. (MTMG) [= *Bromus ciliatus* L.].

NOVA SCOTIA, Halifax Co. : Sackville, June 30, 1869, [G. Lawson s.n.] (CAN) [Tout le matériel sur la feuille d'herbier est du *F. pratensis* malgré que sur l'étiquette soit ajouté «The lg sp. is *F. gigantea*»; c'est l'écriture qui a révélé l'identité du récolteur (fide Boivin, comm. pers.)].

Il existe en outre un spécimen de *F. gigantea* récolté en 1891 à Ottawa par James Flet-

cher, botaniste du Dominion, sans plus d'indication. Ce spécimen, déposé à US et vérifié, doit être celui mentionné par Ferguson (1924) dont les graminées ont été révisées par Agnes Chase. Selon Bernard Boivin (comm. pers.), ce spécimen a probablement été cultivé dans les parcelles de la Ferme expérimentale, ayant sans doute été obtenu par échange de graines. Il y aurait d'autres cas connus de spécimens de ce type distribués par Fletcher.

La redécouverte à Québec du site de la plus ancienne récolte (*P. Masson 7108*), après que celle-ci eût été fortuitement décelée à QFA, a d'abord permis de constater la naturalisation de l'espèce, puis de décrire l'état de la population. À l'heure actuelle, son effectif est évalué à une centaine d'individus répartis dans un rayon d'une dizaine de mètres dans un sous-bois d'*Acer saccharinum* L. adjacent à une pelouse. Les individus situés près de la pelouse sont tondu régulièrement et demeurent végétatifs, ils tendent à former un gazon grossier; ceux du sous-bois fleurissent et se présentent surtout en touffes isolées ce qui tend à montrer qu'ils complètent leur cycle vital. À cet endroit, le *Symphytum officinale* L. est très abondant et exclut presque toutes les espèces du sous-bois. Des espèces compagnes que Pierre Masson (comm. pers.) avait notées en 1955 sur ce site (*Sonchus arvensis* L., *Agrimonia gryposepala* Wallr., *Veronica beccabunga* L., *Mentha spicata* L., *Epilobium glandulosum* Lehm., *Xanthium strumarium* L., *Polygonum convolvulus* L., *Campanula trachelium* L., *Saponaria officinalis* L., *Centaurea nigra* L.), aucune n'est présente aujourd'hui. Ces changements s'expliquent probablement par les aménagements opérés depuis ce temps sur le réseau routier et ses abords et par la venue de l'agressif *S. officinale*.

Quant à la récolte des Cantons de l'Est, Samuel Brisson † (*in litt.*) ajoute que ce spécimen poussait dans un boisé peu dense près d'un ancien jardin, sur le terrain de Philippe Forest.

Pour les États-Unis, la littérature révèle quatre localités, toutes en Nouvelle-Angleterre. La première récolte connue provient de Dobb's Ferry, en banlieue de New York (Porter, 1881), dans un fossé où l'espèce poussait en abondance. À GH, une récolte de cet endroit, effectuée par le même herborisateur mais en 1882 cette fois, a été vérifiée. Par la suite, Fernald (1891) la mentionne comme «not rare by roadsides» à Orono, au Maine, puis Ferguson (1924) sur

un bord de route près d'Huntington sur Long Island, N.Y., et enfin Monachino (1957) comme mauvaise herbe abondante sur les terrains du New York Botanical Garden. Pour une raison inconnue, Fernald (1950) a ignoré cette espèce dans le *Gray's Manual*. Même si Bailey et al. (1976) indiquent son introduction dans les États du nord-ouest, Hitchcock (1969) n'en fait pas mention et Hitchcock (1973) la signale seulement comme une possibilité. À partir des spécimens déjà cités, une carte de répartition a été dressée (fig. 1).

Le faible nombre de récoltes connues à ce jour peut sans doute s'expliquer par la

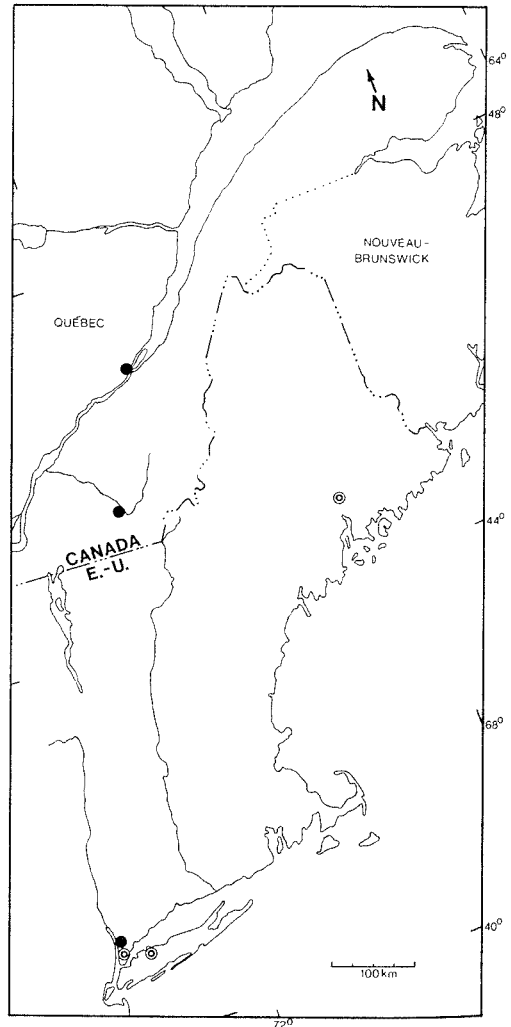


Figure 1. Carte de répartition de *Festuca gigantea* (L.) Vill. en Amérique du Nord. Les points pleins correspondent à des spécimens vérifiés, les cercles concentriques, à des mentions dans la littérature.

méconnaissance de cette espèce, mais son écologie, sa faible agressivité et sa persistance semblent la destiner à une distribution plutôt localisée. Son mode d'introduction reste problématique.

Remerciements

Merci à Monsieur Richard Cayouette qui, le premier, a découvert *F. gigantea*, à Messieurs Bernard Boivin, Samuel Brisson †, Jacques Cayouette et Pierre Masson pour les renseignements fournis, à Monsieur Robert Gauthier, conservateur de l'Herbier Louis-Marie, et merci enfin à Monsieur Pierre Morisset d'avoir commenté cette note.

Références

- BAILEY, L.H., E.Z. BAILEY & THE STAFF OF THE L.H. BAILEY HORTORIUM, 1976. Hortus Third: a concise dictionary of the plants cultivated in the United States and Canada. — Macmillan, New York, 1290 p.
- BAILLARGEON, G., 1981. Zonation et modification de la composition de la flore vasculaire dans une région urbaine : la colline de Québec. — Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec 206 p.
- BOIVIN, B., 1967. Énumération des plantes du Canada. VI. Monopsides (2^e partie). — *Naturaliste can.*, 94 : 471-528.
- FERGUSON, W.C., 1924. Contributions to the flora of Long Island, N.Y. Second Paper. — *Bull. Torrey bot. Club*, 51 : 177-201.
- FERNALD, M.L., 1891. Plants of special interest collected at Orono, Maine. — *Bull. Torrey bot. Club*, 18 : 120-124.
- FERNALD, M.L., 1950. Gray's manual of botany, eighth edition. — Van Nostrand, New York, 1632 p.
- HITCHCOCK, C.L., 1969. Gramineae. — Pages 384-725 in C.L. Hitchcock, A. Cronquist & M. Ownbey. Vascular plants of the Pacific Northwest, Part 1. Univ. Washington Press, Seattle, 914 p.
- HITCHCOCK, C.L., 1973. Gramineae. — Pages 602-674 in C.L. Hitchcock & A. Cronquist. Flora of the Pacific Northwest. Univ. Washington Press, Seattle, 730 p.
- HOLMGREN, P.K. & S.W. KEUKEN, 1974. Index herbariorum. Part 1 : the herbaria of the world, sixth edition. — Oosthoek, Scheltenra & Holkema, Utrecht, 397 p.
- MARKGRAF-DANNENBERG, I., 1980. *Festuca* L. — Pages 125-153 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.
- MONACHINO, J., 1957. Adventive plants in New York. — *Rhodora*, 59 : 17-20.
- PORTER, T.C., 1881. An adventive grass. — *Bull. Torrey bot. Club*, 8 : 129.
- SCOGGAN, H.J., 1978. The flora of Canada. Part 2. Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledoneae. — *Natn. Mus. nat. Sci. Publ. Bot.*, no. 7, p. 93-545.

OCCURRENCE OF AMERICAN SHAD (*ALOSA SAPIDISSIMA*) IN NORTHERN LABRADOR WATERS

J. B. DEMPSON, L. J. LEDREW and G. FUREY

Department of Fisheries and Oceans, Fisheries Research Branch
P. O. Box 5667, St. John's, Newfoundland A1C 5X1

Résumé

Des captures en mer de l'aloose savoureuse (*Alosa sapidissima*) dans la région de Nain, au nord du Labrador en juillet et août 1979 représentent une extension d'aire vers le nord de la répartition de cette espèce d'environ cinq cents kilomètres.

Abstract

American shad (*Alosa sapidissima*) were captured at sea in the Nain area of northern Labrador during July and August, 1979. This extends the reported northern distribution of the species in the Northwest Atlantic by approximately five hundred kilometres.

Introduction

American shad (*Alosa sapidissima*) are commonly distributed along the northeast Atlantic coast from the Gulf of St. Lawrence to Florida (Leim, 1924; Talbot & Sykes, 1958). Shad are also known to occur in Newfoundland waters although they are not abundant in this area (Hodder, 1966). First documented reports of American shad from the Newfoundland area were in 1932 (Anonymous, 1933) and 1963 (Scott & Crossman, 1964) with two additional records from 1965 (Hodder, 1966) (Fig. 1). The most northerly record of shad on the Atlantic coast had been from Sand Hill River, southern Labrador (53°35' N, 56°21' W) (Fig. 1) (Hare & Murphy, 1974). This paper reports the occurrence of American shad in northern Labrador waters and extends their recorded northern distribution by approximately 500 km.

Materials and methods

Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) are the dominant species in the northern Labrador inshore commercial fishery (Coady & Best, 1976; Dempson, 1978). During the past five years (1977-1981), an excess of 240 ton of charr and salmon have been caught yearly in this fishery which is centred around the village of Nain (56°52' N, 61°41' W)

(Fig. 1). In 1979 approximately 10-15 American shad were known to have been captured at sea by local fishermen using 114 and 127 mm mesh shore set gillnets. Four of these shad were brought to fisheries personnel stationed at the Nain fish plant. Shad were frozen and shipped to St. John's, Newfoundland, for examination. Specimens were measured for fork length, total length, standard length, whole or gutted weight, and sexed. Ages were determined from examination of scales (Cating, 1953; Judy, 1961). In addition, counts were made of anterior and posterior scutes (Hill, 1959) while dorsal, anal and pectoral fin ray counts and the number of vertebrae were taken from radiographs. Specimens were later preserved and forwarded to D. McAllister, National Museum of Natural Sciences, Ottawa, who confirmed the identification of the fish.

Sea temperature information for the Seal Island Line in southern Labrador was obtained from existing data files in the Marine Environmental Data Service (MEDS), Ottawa.

Results and discussion

Four specimens of American shad were brought to fisheries personnel at Nain during the summer of 1979. Two of the shad were caught July 24 in Voisey Bay (56°15' N,

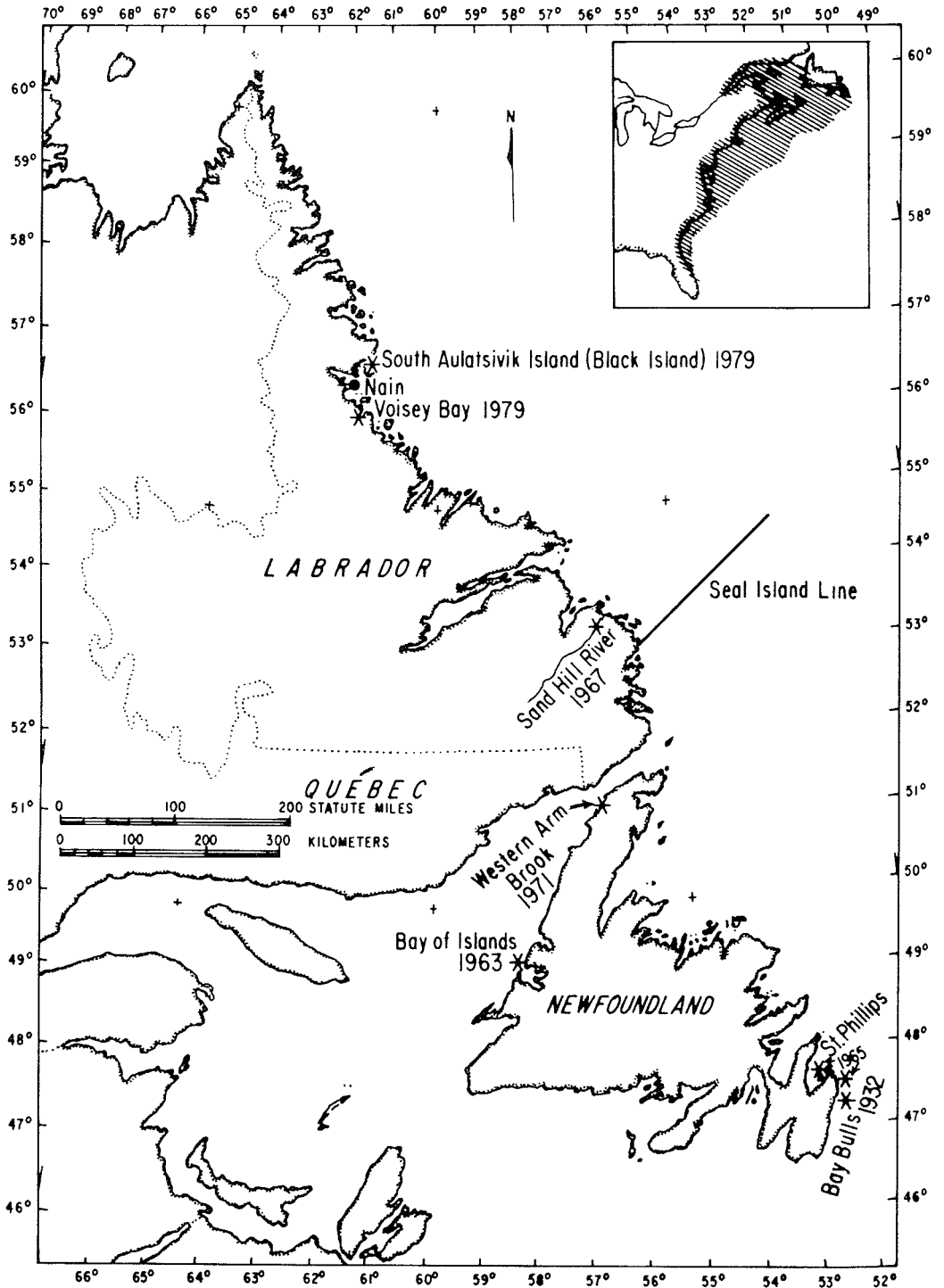


Figure 1. Location of American shad (*) found in Newfoundland and Labrador waters with year of first documented capture and position of Seal Island oceanographic monitoring line (see text). Insert illustrates native distribution of American shad in eastern North America (Scott & Crossman, 1973).

61°50' W) (Fig. 1). The remaining two shad were captured August 3 and August 18 in the offshore island area east of South Aulatsivik Island (56°45' N, 61°41' W) (Fig. 1). Other shad were known to have been captured, however, fishermen indicated that they had not caught this species in previous years. During the past eight years (1975-1982) there have not been any changes in netting times, locations or mesh sizes in the commercial salmon and charr fishery which would correlate with the first reported capture of shad at this latitude.

Table I summarizes the biological and meristic data from the four specimens. The viscera had already been removed from one of the shad. Of the other three samples, one was a mature female (fork length = 522 mm, whole weight 1885 g) which was caught in Voisey Bay. Two mature males were captured in the offshore island area. Total gonad weight of the female shad was 160 g and the mean egg diameter was 1.5 mm. Visual examination of gonads of male and female shad suggested that spawning would likely occur that season (J. Carscadden, pers. comm.). It is questionable whether shad entering local rivers in this northern Labrador area would successfully spawn. Leim (1924) found that river temperatures falling below 10°C resulted in an almost complete cessation of spawning. Mean daily water temperature during August 1979 from nearby Fraser River (56°39' N, 63°10' W) was 9°C. In addition, at temperatures below 8°C shad eggs do not survive to hatching (Leim, 1924).

Ages of shad specimens were five and six years. Examination of scales indicated that only one fish, a 432 mm male from the South Aulatsivik Island area, had previously spawned. Meristic data from northern Labrador specimens (Table I) were within the range of values for St. John River and Miramichi River, New Brunswick, American shad (Carscadden & Leggett, 1975).

The finding of American shad in northern Labrador waters has extended the range of this species in the Northwest Atlantic by approximately 500 km. Previously several specimens were captured during investigations on salmonid populations in Sand Hill River (Fig. 1) carried out by Department of Fisheries and Oceans, 1967-1973. Fish counting fences were used to monitor upstream and downstream migrating fishes. Peet (1971) reported two American shad captured during 1967. Additional reports

TABLE I

Summary of biological and meristic data from four specimens of American shad caught in northern Labrador, 1979

	1	2	3	4
Fork length (mm)	522	517	432	507
Whole weight (g)	1885	—	1065	1390
Gutted Weight (g)	—	1645	—	—
Sex	Female	—	Male	Male
Age	5	6	5	5
Meristics				
Anterior scutes	23	22	22	22
Posterior scutes	15	15	15	15
Dorsal fin ray	19	19	17	19
Anal fin ray	21	20	20	22
Pectoral fin ray	16	15	15	16
Vertebrae*	58	58	58	57

1, 2 Caught July 24, 1979 in Voisey Bay.

3 Caught August 3, 1979 east of South Aulatsivik Island.

4 Caught August 18, 1979 east of South Aulatsivik Island.

* Including urostyle.

of shad in Sand Hill River were documented by Murphy (1972, 1974) and Hare & Murphy (1974).

Counting fences also have been operated on St. Charles River (1965) in southern Labrador (52°15' N, 55°46' W), Double Brook (1967) in Groswater Bay (54°23' N, 58°05' W), Northwest Tributary of Sand Hill River (1967, 1969-1973), and Fraser River (1975-1979) (56°39' N, 63°10' W) and Ikarut River (1981-1982) (58°09' N, 63°05' W) in northern Labrador. However, there have been no other reports of American shad in Labrador rivers. Nevertheless, it is possible that small populations of shad do occur in other southern Labrador systems. American shad were not reported from Little Codroy River (44°46' N, 59°19' W) and Highlands River (48°12' N, 58°54' W) located in southwestern Newfoundland where counting fences were in operation from 1954-1963 and 1980-1982 respectively. Chadwick (1981) reported the occasional occurrence of American shad in Western Arm Brook, Newfoundland (51°11' N, 56°45' W) (Fig. 1). During the 12 years (1971-1982) of monitoring upstream and downstream migrating Atlantic salmon, 80 shad were observed moving downstream during the Atlantic salmon smolt migration (Chadwick *et al.*, 1978; Chadwick, 1981). Only 31 were counted passing upstream in Western Arm Brook from 1971-1982. Shad,

however, could have moved upstream to spawn and then left before the counting fence was installed in late May. The small run in Western Arm Brook and Sand Hill River and the apparent absence in other Labrador systems suggests that shad are on the limit of their distribution in this area. In view of the small and infrequent incidence of shad in Western Arm Brook and Sand Hill River, it is doubtful that these occurrences represent self-sustaining populations and in all likelihood are strays.

American shad are primarily distributed from Florida to the Gulf of St. Lawrence and their oceanic migrations are generally regulated by water temperatures (Leggett & Whitney, 1972). Neves & Depres (1979) found shad occur throughout a wide range of surface water temperatures (2-23°C) but offshore and coastal movements were more closely predicted by near-bottom water temperatures of 3-15°C. Most frequent catches, however, were associated with 7-13°C water. It was unusual, therefore, for American shad to occur in the northern Labrador area where both the climate and the hydrological cycle have been described as subarctic in nature (Nutt & Coachman, 1956; Peach, 1975).

It was possible that warmer ocean temperatures during the summer of 1979 influenced the migration of American shad into higher latitudes. The nearest available series of sea temperatures are from the Seal Island Line, located in southern Labrador (Fig. 1). Sea temperatures interpolated throughout the upper 30 m water column along the Seal Island Line averaged 6.3°C in 1979 and were 0.9°C warmer than the average temperature (5.4°C) from 1970-1978. These surface temperatures fall within the 3-15°C isotherms specified by Neves & Depres (1979) for predicting shad movements. Neves & Depres (1979) concluded that circulation patterns influencing seasonal shifts in isotherms can affect shad migrations. Thus the slight warming trend of surface waters in 1979 in conjunction with other oceanographic conditions may have been responsible for the occurrence of American shad in the northern Labrador area.

Acknowledgments

We extend our thanks to R. Porter, D. Reddin, M. O'Connell, Drs. M. Chadwick and J. Carscadden and two external referees for reviewing the manuscript and providing editorial suggestions.

References

- ANONYMOUS, 1933. Second list of fishes in the Newfoundland fishing area, 1932. — Rep. Newfoundland Fish. Res. Comm., A. Rep. 1932, no. 2, 125 p.
- CARSCADDEN, J.E. & W.C. LEGGETT, 1975. Meristic differences in spawning populations of American shad, *Alosa sapidissima*: evidence for homing to tributaries in the St. John River, New Brunswick. — J. Fish. Res. Bd Can., 32: 653-660.
- CATING, J.P., 1953. Determining age of Atlantic shad from their scales. — Bull. U.S. Fish Wildl. Serv., 54: 187-199.
- CHADWICK, E.M.P., 1981. Biological characteristics of Atlantic salmon smolts in Western Arm Brook, Newfoundland. — Can. tech. Rep. Fish. aquat. Sci., no. 1024, 45 p.
- 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.
- COADY, L. & C.W. BEST, 1976. Biological and management investigations of the Arctic char fishery at Nain, Labrador. — Fish. Mar. Serv. tech. Rep., no. 624, 103 p.
- DEMPSON, J.B., 1978. Biological assessment of Arctic char (*Salvelinus alpinus* L.) stocks and summary of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fishery in northern Labrador. — Fish. Mar. Serv. tech. Rep., no. 817, 54 p.
- HARE, G.M. & H.P. MURPHY, 1974. First record of American shad (*Alosa sapidissima*) from Labrador waters. — J. Fish. Res. Bd Can., 31: 1536-1537.
- HILL, D.R., 1959. Some uses of statistical analysis in classifying races of American shad (*Alosa sapidissima*). — Bull. U.S. Fish Wildl. Serv., 59: 269-286.
- HODDER, V.M., 1966. Two further records of the American shad in Newfoundland waters. — Trans. Am. Fish. Soc., 95: 228-229.
- JUDY, M.H., 1961. Validity of age determination from scales of marked American shad. — Bull. U.S. Fish Wildl. Serv., 61: 161-170.
- LEGGETT, W.C. & R.R. WHITNEY, 1972. Water temperature and the migrations of American shad. — Fish. Bull., 70: 659-670.
- LEIM, A.H., 1924. The life history of the shad [*Alosa sapidissima* (Wilson)] with special reference to the factors limiting its abundance. — Contr. Can. Biol., 2: 161-284.
- MURPHY, H.P., 1972. A report of biological operations Sand Hill River, Labrador, 1971. — Prog. Rep. no. 89. Res. Dev. Branch, Nfld. Region, 107 p.
- MURPHY, H.P., 1974. Biological operations Sand Hill River, Labrador, 1972 and 1973. — Int. Rep. Ser. no. NEW/I-74-6. Res. Dev. Branch, Nfld. Region, 125 p.
- NEVES, R.J. & L. DEPRES, 1979. The oceanic migration of American shad, *Alosa sapidissima*.

- along the Atlantic coast. — *Fish. Bull.*, 77: 199-212.
- NUTT, D.C. & L.K. COACHMAN, 1956. The oceanography of Hebron Fiord, Labrador. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 13: 709-758.
- PEACH, J.A., 1975. The tourism and outdoor recreation climate of Newfoundland and Labrador. — *Env. Can. Atmos. Environ. Serv. Toronto. Project Rept. no. 20*, 242 p.
- PEET, R.F., 1971. A report on the counting trap and reconnaissance surveys conducted in central coastal Labrador during 1967. — *Prog. Rep. no. 48. Res. Dev. Branch, Nfld. Region*, 153 p.
- SCOTT, W.B. & E.J. CROSSMAN, 1964. Fishes occurring in the freshwaters of insular Newfoundland. — *Dep. Fish., Ottawa, Ontario and R. Ontario Mus. Contr.*, no. 58, 124 p.
- SCOTT, W.B. & E.J. CROSSMAN, 1973. Freshwater fishes of Canada. — *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, no. 184, 966 p.
- TALBOT, G.B. & J.E. SYKES 1958. Atlantic coast migrations of American shad. — *Bull. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish.*, 58: 473-490.

MIGRATION VERS L'ATLANTIQUE DES POST-SAUMONEAUX (*SALMO SALAR*) DU GOLFE DU SAINT-LAURENT

F. CARON

Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec
150 boulevard St-Cyrille est, 6^e étage
Québec G1R 4Y1

Résumé

Des recaptures de post-saumoneaux (*Salmo salar*) marqués dans les rivières du Québec, nous ont permis d'apporter des précisions sur la migration de ces poissons dans le golfe du Saint-Laurent, vers l'Atlantique. Les post-saumoneaux d'une même rivière pourraient utiliser des voies différentes pour quitter le Golfe, soit le détroit de Cabot, soit le détroit de Belle-Isle. Les résultats montrent également que les post-saumoneaux pourraient emprunter une voie de sortie différente de celle utilisée par les adultes lors de la migration vers les eaux douces.

Abstract

Recapture of tagged post-smolt (*Salmo salar*) from Québec rivers, provide details on the migration of this species from the Gulf of St. Lawrence to the Atlantic. Post-smolt from the same river may use different exit routes from the Gulf, either the Cabot Strait or the Strait of Belle-Isle. Results also indicate that post-smolt may use an exit route different from that used by the adults during the migration to fresh waters.

Introduction

Bien que plusieurs travaux aient été menés sur la migration potamique du saumon au Québec (Belding & Préfontaine, 1961; Lagueux, 1953), il n'existe que très peu de données sur la migration des post-saumoneaux au cours des quelques mois qui suivent leur sortie de rivière. Ceci est attribuable tant au manque de recherche dans ce domaine qu'à l'absence de pêche commerciale spécifique portant sur les saumons de cette taille.

Depuis 1968, des programmes de marquage de saumoneaux¹ provenant surtout d'élevage et parfois de source naturelle, ont été entrepris dans de nombreuses rivières du Québec. Des étiquettes de type Carlin sont utilisés pour le marquage. Occasionnellement, des post-saumoneaux sont capturés dans des pêches à fascines ou par des pêcheries de hareng. L'analyse des recaptures de post-saumoneaux faites par ces engins, nous fournit certains indices quant à leurs voies de sortie du golfe du Saint-Laurent vers l'Atlantique.

Résultats

Les recaptures faites sur les lieux même de marquage n'offrent pas d'intérêt pour la présente analyse et nous les avons délibérément écartées. Neuf recaptures faites à des distances de moyenne amplitude (moins de 200 km) et sept faites après un plus grand déplacement (plus de 200 km) fournissent les éléments de notre analyse (tableau 1). Ces saumoneaux furent élevés en pisciculture à l'exception de l'individu n° 13 qui est d'origine naturelle.

Les neuf post-saumoneaux (n° 1 à n° 9) recapturés à moyenne distance proviennent de rivières de la rive nord du fleuve Saint-Laurent. Un individu (n° 9) a fait un déplacement inhabituel; il s'agissait d'un poisson provenant d'une pisciculture, libéré en automne au stade pré-saumoneau dans la rivière Petit Saguenay. Nous croyons qu'il a dû émigrer dans la rivière Saguenay peu de temps après le lâcher et regagner, avant l'hiver, le cours d'eau où il fut capturé au mois d'avril suivant. Cinq individus (n° 4 à n° 8) avaient débuté leur migration en lon-

¹ Saumoneau est ici l'équivalent de smolt.

TABLEAU I

Endroit et date d'étiquetage et de capture des post-saumoneaux

N°	Étiquetage		Recapture	
	Rivières	Date	Endroits	Date
1	Jacques-Cartier	81.05.20	Saint-Michel-de-Bellechasse	81.06.27
2	Jacques-Cartier	81.09.25	Montmagny	82.07
3	Jacques-Cartier	81.09.25	Rivière-du-Loup	82.06.09
4	Jacques-Cartier	81.09.25	Saint-Siméon	82.08.11
5	Des Escoumins	80.10	Saint-Paul-du-Nord	81.06
6	Des Escoumins	80.10	Saint-Paul-du-Nord	81.06
7	Des Escoumins	80.10	Saint-Paul-du-Nord	81.06
8	Du Gouffre	81.05.20	Saint-Paul-du-Nord	81.05
9	Petit Saguenay	80.10	Rivière du Moulin	81.04
10	Saint-Jean	72.05.30	Cape Broyle	72.06 ou 72.07
11	Cascapédia	71.05.25	Cap Breton	71.06.15
12	Saint-Jean	75.06.02	Reefs-Harbourg	75.07.10
13	Saint-Jean	79.05.18	Ferolle Point	79.07.25
14	Saint-Jean	79.06.04	Baie de Brador	79.07.29
15	Franquelin	68.06.03	Round Hill Island	68.10.26
16	MacDonald	78.06.15	Brador	78.08.03
17	Jacques-Cartier	81.09.25	Sept-Îles	82.09.14

geant la rive nord du fleuve Saint-Laurent alors que trois autres (n° 1 à n° 3) se retrouvaient sur la rive opposée (fig. 1).

Le tableau I nous présente également des informations au sujet de huit post-saumoneaux (n° 10 à n° 17) qui avaient parcouru une grande distance avant leur recapture. Trois des post-saumoneaux provenant de la Gaspésie (n° 12 à n° 14) se trouvaient près du détroit de Belle-Isle alors que les deux autres (n° 10 et n° 11) furent capturés près du détroit de Cabot; les deux individus provenant de la Côte-Nord et de l'île d'Anticosti (n° 15 et n° 16) furent repris près du détroit de Belle-Isle alors que celui provenant de la rivière Jacques-Cartier (n° 17) fut capturé près de Sept-Îles.

Discussion

La recapture de post-saumoneaux sur la rive nord du Saint-Laurent indique que leur migration vers la mer peut se faire, du moins en partie, le long de cette rive du fleuve. Si on accepte que le post-saumoneau n° 17 poursuivait sa route en longeant la Côte-Nord, les captures faites après un long trajet suggèrent que des post-saumoneaux en provenance de la rive nord, de la Côte-Nord, de l'île d'Anticosti et de la Gaspésie peuvent quitter le golfe du Saint-Laurent par le détroit de Belle-Isle alors que d'autres

post-saumoneaux de la Gaspésie peuvent utiliser le détroit de Cabot.

Ces données montrent que dans certains cas, des post-saumoneaux provenant d'une même rivière (Saint-Jean, Gaspésie) peuvent utiliser deux voies différentes pour sortir du Golfe, soit le détroit de Cabot et le détroit de Belle-Isle, alors que l'on ne connaît qu'une seule voie de retour pour les saumons adultes provenant des rivières de la Gaspésie, soit le détroit de Cabot (Belding & Préfontaine, 1961). Dans d'autres cas (rivière Franquelin, rivière MacDonald et rivière Jacques-Cartier) la voie de sortie du Golfe pourrait être tout à fait autre que la voie d'entrée au stade de l'adulte (Belding & Préfontaine, 1961).

Bien qu'on ne puisse dire si les poissons marqués et les poissons d'élevage aient un comportement migratoire normal, il nous semble que ces données constituent une addition significative à nos connaissances sur la migration thalassique des post-saumoneaux.

Remerciements

Je remercie messieurs Yvon Côté, Grégoire Ouellet et Catherine Rooney pour avoir revu ce manuscrit, ainsi que les membres du personnel de la Direction de la faune aquatique du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec qui ont participé à sa préparation.

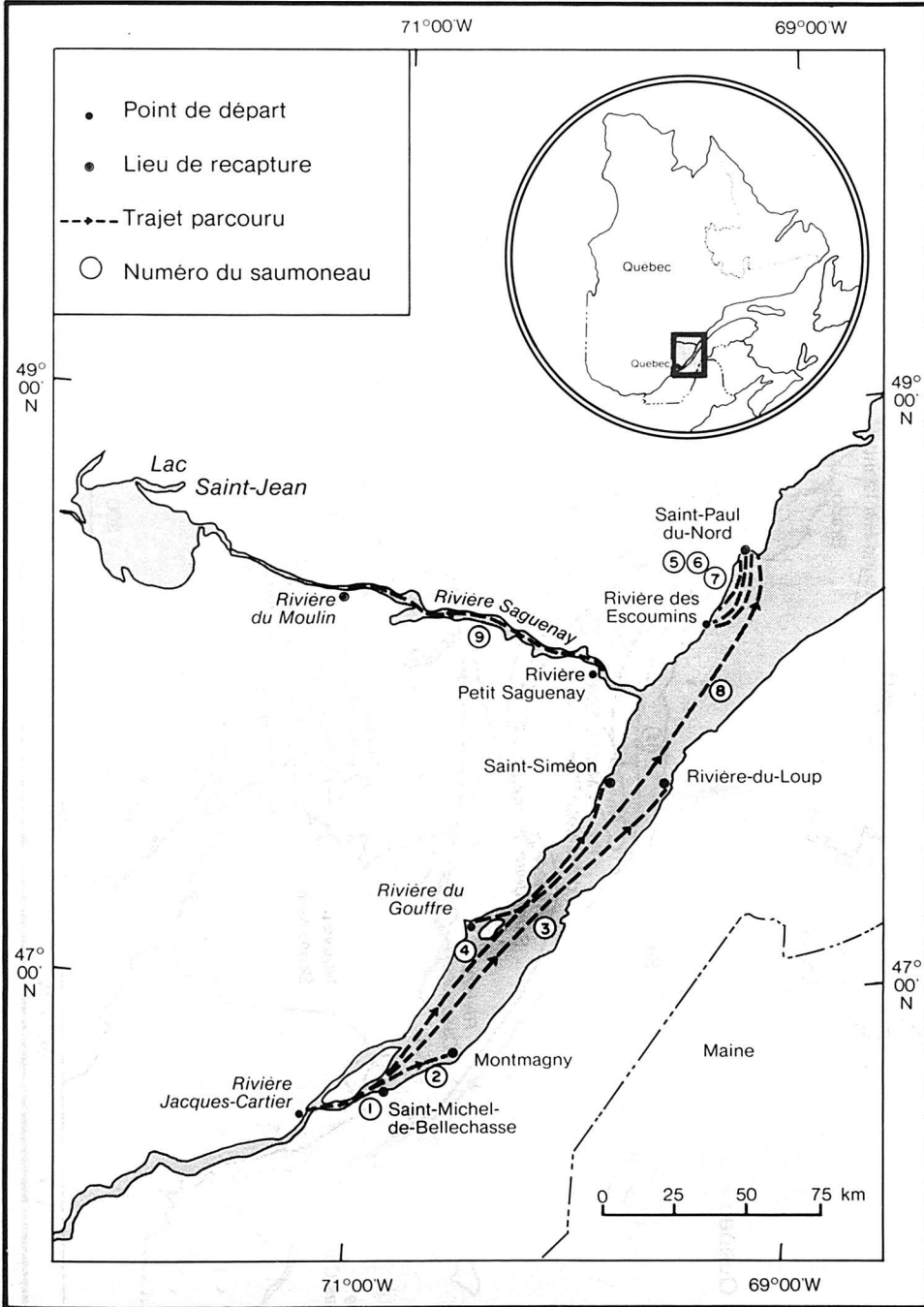


Figure 1. Déplacement de moyenne amplitude effectué par neuf post-saumoneaux.

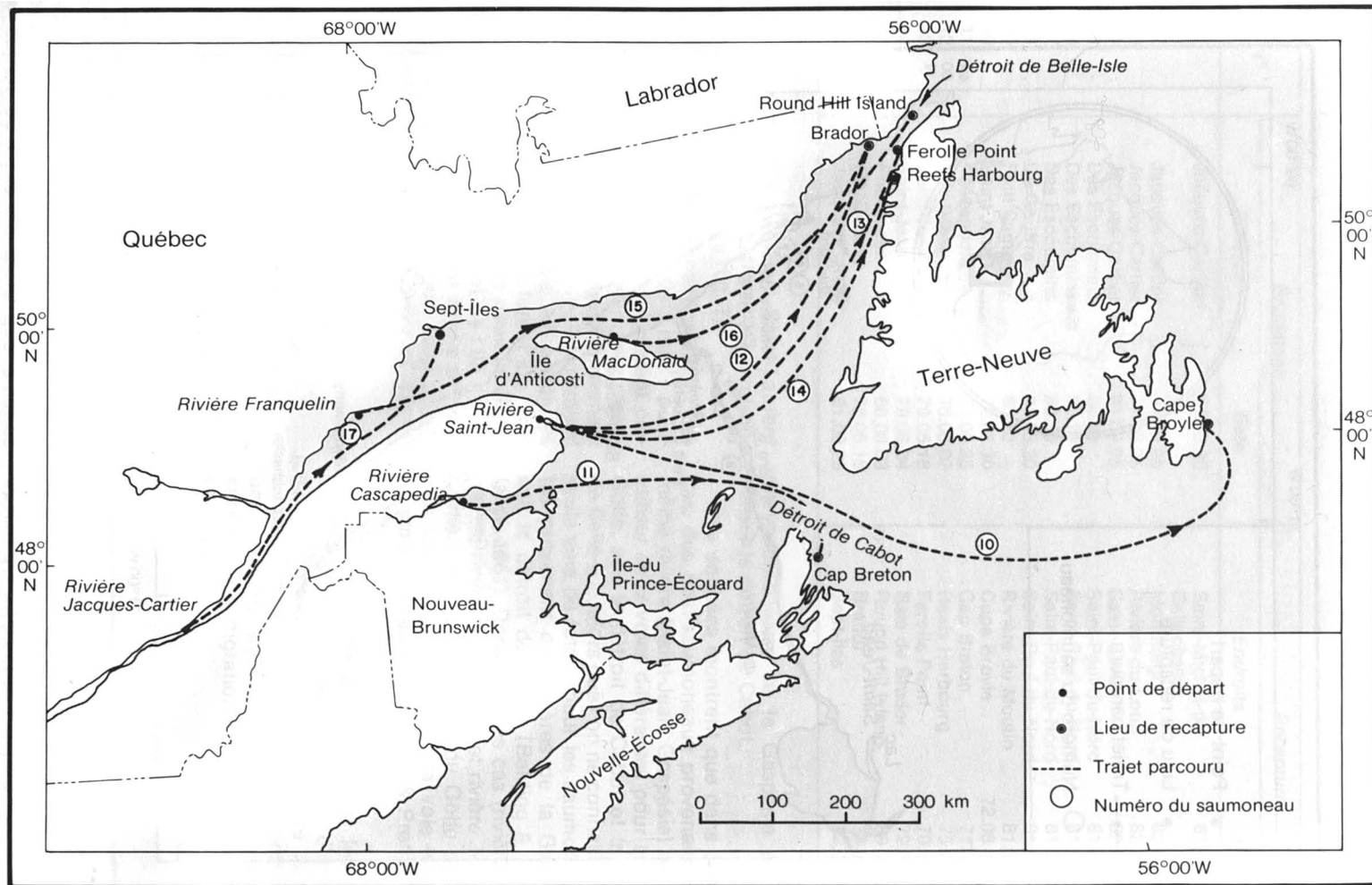


Figure 2. Déplacement de grande amplitude de huit post-saumoneaux.

Références

BELDING, D. L. & G. PRÉFONTAINE, 1961. Rapport sur le saumon de la Côte-Nord du golfe St-Laurent et de la côte nord-est de Terre-Neuve. — Contr. Dép. Pêch. Québec, n° 82, 104 p.

LAGUEUX, R., 1953. Étude sur les déplacements de saumons de l'Atlantique (*Salmo salar salar*) au stade kelt libérés à Tadoussac, comté Saguenay, Québec, de 1943 à 1951. — Neuvième rapport de l'Office de biologie (Québec), 1951-1952, p. 302-320.

REVUE DES LIVRES

CLARK, R. B. (édit), 1982. **The long-term effects of oil pollution on marine populations, communities and ecosystems.** The Royal Society, London, 443 p., 22 × 30 cm. Relié, £33,65.

Cet ouvrage était nécessaire et sera sans doute très utile pour quiconque s'intéresse au problème complexe de la pollution par le pétrole. Il porte sur les effets à long terme de ce type de pollution surtout sur les populations et les communautés marines, peu sur les «écosystèmes» du milieu marin, comme son titre le prétend. Ses dix-sept chapitres présentent les communications et les discussions de scientifiques invités à la Société royale de Londres les 28 et 29 octobre 1981. Ces articles ont d'abord été publiés dans les numéros réguliers de la revue *Transactions of the philosophical Society of London* (B 297 : 185-443), avant d'être réunis sous forme de livre. La présentation demeure celle des «Proceedings»; le texte est très aéré, l'édition et l'impression sont excellentes.

Bien que les conclusions de la conférence aient une portée internationale, il n'en demeure pas moins que seulement cinq chapitres proviennent de chercheurs non britanniques. Plusieurs des problèmes soulevés se rapportent donc directement au milieu marin entourant les îles britanniques. Dans un chapitre général d'introduction, le rédacteur, R. B. Clark, soulève d'abord un certain nombre de questions abordées au cours de ce symposium. De quelle manière les changements écologiques sont-ils le mieux perçus? Les changements dans les populations sont-ils additifs? Certains écosystèmes sont-ils plus vulnérables que d'autres? Le chapitre suivant porte sur les sources de pollution par le pétrole en Grande-Bretagne et la destinée des substances pétrolières dans le milieu marin. L'analyse des sources de pollution est assez exhaustive; celle de leur cheminement, de leur persistance et de leur accumulation dans la chaîne alimentaire l'est beaucoup moins. Les titres des deux chapitres suivants annoncent une analyse des conséquences physiologiques et biochimiques des effets des composés du pétrole sur les organismes et sur les communautés littorales. Viennent ensuite un chapitre axé sur le fonctionnement des communautés benthiques, cinq chapitres sur les épanchements naturels et les déversements chroniques ou accidentels majeurs, et quatre chapitres sur les communautés ou les ressources pélagiques. Ces derniers portent spécifiquement sur les fluctuations naturelles des populations de poissons, sur l'effet de déversements sur les populations planctoniques, les maladies qui se développent chez les poissons exposés aux contaminations pétrolières et enfin un autre sur les pêcheries de poissons. Le tout est

suivi d'une évaluation de l'impact des déversements sur les populations d'oiseaux et d'une synthèse des conclusions tirées par les différents auteurs.

Il appert que l'impact à long terme des produits pétroliers sur l'écosystème est peu important. En effet, sur les dix-sept chapitres, seulement celui de Southward suggère sans ambage des conséquences importantes des déversements sur les communautés marines (v.g. sur les communautés intertidales). Les autres, celui de Stranham qui porte sur les fuites naturelles, celui de Dicks & Hartley sur les déversements chroniques, celui de Sharp & Appan sur les effets cumulés des exploitations «offshore», celui de Vandermeulen sur les déversements majeurs, celui de Davenport sur les effets du pétrole sur les communautés planctoniques, celui de McIntyre sur l'impact des déversements sur les pêches et les pêcheries, et celui de Dunnet sur les oiseaux, concluent à un effet non décelable ou carrément négligeable à long terme sur les communautés marines.

Dans l'ensemble, ces articles de revue sont intéressants et exhaustifs. Toutefois, je reprocherais aux organisateurs de ce symposium de ne pas avoir prévu l'examen de l'écosystème dans son ensemble. Telle que présentée, l'évaluation globale des effets de la pollution sur l'écosystème marin se fonde sur l'hypothèse que l'effet sur tout l'écosystème est égal à la somme des effets sur chacune des composantes du système prise séparément. Cette critique s'avère d'autant plus justifiée que certains textes démontrent une compréhension superficielle de la structure et du fonctionnement des écosystèmes. Par exemple, un accroissement des échelles considérées résultera forcément en une atténuation des effets perceptibles, une conséquence que certains chercheurs semblent ignorer comme le suggère ce passage tiré du chapitre sur le plancton: «However, oil spills, even at their worst, occupy exceedingly small proportions of the area of the world's oceans for short periods and the resultant local damage to neuston ought to be rapidly repaired by influx from surrounding unaffected populations».

Nonobstant ces quelques difficultés, tous les chapitres synthétisent une importante quantité d'articles scientifiques et présentent une évaluation intéressante des effets de la pollution par le pétrole. L'impression générale qui se dégage de ces évaluations est que dans l'ensemble on ne parvient pas à «démontrer» des effets à long terme du pétrole sur les communautés. Aucun effet ne semble être décelable sur les captures de poissons; à la suite d'un déversement, la récupération des communautés benthiques s'effectue

en 3 ou 4 ans sur les côtes battues et en 10-15 ans sur les côtes abrités; et l'ampleur des déversements est généralement restreinte, John Gray soulève bien les questions importantes qui doivent maintenant être posées: compte tenu de nos connaissances, devrait-on continuer d'étudier l'impact des déversements de pétrole? Quelle stratégie de recherche doit-on maintenant adopter face aux déversements majeurs?

Edwin BOURGET

*Département de biologie
Université Laval*

DAGET, P. & M. GODRON, 1982. **Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés.** — Collection d'écologie n° 18, Masson, Paris, 176 p., 76 fig., 22 tab., 16 × 24 cm. Relié, 41,40\$. Disponible chez Somabec Ltée, 2475 rue Sylva Clapin, Case postale 295, Saint-Hyacinthe, Québec J2S 5T5.

Vingt ans de recherches en analyse fréquentielle des espèces au Centre d'études phytosociologiques et écologiques L. Emberger (C.E.P.E.) de Montpellier: tel aurait pu être le titre de ce livre. Ce livre devenait nécessaire étant donné la pléthore de travaux, de publications et de thèses effectués par des chercheurs dynamiques et curieux qui aujourd'hui ont donné à Montpellier une situation enviable dans le monde de la phytoécologie. Même ici, plusieurs écologues québécois, dont l'auteur de cette recension, sont redevables aux auteurs de ce livre, ainsi qu'à leurs collègues, d'une formation originale et efficace dans le domaine de l'analyse socio-écologique des espèces végétales et des communautés auxquelles elles participent.

Le principal atout de ce livre réside dans le fait que les auteurs ne prétendent pas discuter de tous les aspects de l'écologie végétale et encore moins de la valeur réciproque des diverses approches à son étude, mais se sont limités, en quelque sorte, à leur expérience intime de recherche. Cela leur évite de prendre un ton polémique et, curieusement, donne au lecteur l'impression de participer aux recherches des auteurs.

Huit chapitres balisent ce court livre dans un ordre simple et logique. On y traite rapidement du comment et du pourquoi du relevé écologique et de l'échantillonnage (chap. 1 et 2) pour ensuite aborder les chapitres qui traitent des profils écologiques (chap. 3), des espèces indicatrices (chap. 4), de l'efficacité des descripteurs (chap. 5) et de la constitution des groupes écologiques (chap. 6). Ces quatre chapitres sont à mon avis les plus intéressants, non parce qu'ils sont exempts de toute critique mais parce qu'ils abordent les préoccupations fondamentales des écologues de terrains intéressés à une compréhension synthétique (classification) des relations espèces-milieu. Les deux derniers chapitres traitent des

relations groupes écologiques-association (chap. 7) et du signalement écologique des espèces (chap. 8).

Au chapitre des profils écologiques (chap. 3) il est discuté des inconvénients et avantages de différents types de fréquences qui peuvent être calculées afin de visualiser le comportement d'une espèce vis-à-vis d'un descripteur écologique donné. Il est étonnant toutefois que les auteurs n'aient jamais songé à normaliser les distributions de fréquences, ce qui faciliterait grandement les comparaisons d'une espèce à l'autre. Puis, toujours à partir des caractéristiques fréquentielles des espèces, les auteurs développent au chapitre 4 ce qu'il y a peut-être de plus original dans les recherches de l'équipe de Montpellier: l'information mutuelle et l'entropie qui permettent, à partir d'éléments simples de la théorie de l'information, d'évaluer la valeur indicatrice des espèces et en retour de juger de l'efficacité des paramètres écologiques dans la définition des milieux à travers les rapports avec les espèces qui les colonisent (chap. 5). Cependant, il est dommage que toutes les limites de cette approche très prometteuse n'aient pas été discutées ou discernées par les auteurs. Ainsi les auteurs écrivent: «Par principe, plus une espèce apporte d'information sur les états d'un paramètre écologique, plus la valeur de l'information mutuelle espèce-descripteur est forte». (p. 52). Il est pourtant possible de démontrer, entre autres choses, que l'information mutuelle subit fortement le poids de la fréquence absolue de l'espèce considérée et qu'ainsi on retrouve fréquemment en tête de liste des espèces dites indicatrices, de par leur valeur d'information, qui sont surtout et avant tout des espèces très fréquentes mais conséquemment peu informatives. Donc l'information mutuelle n'a de valeur que si on compare des espèces ayant sensiblement la même fréquence absolue dans le territoire étudié. L'information mutuelle espèce-facteur est également liée au nombre de classes du facteur considéré. Un descripteur comportant seulement deux états sera systématiquement sous-évalué par rapport à un autre en comportant six. Il faudrait donc, dans ce cas, trouver un moyen de pondération qui permette de minimiser l'influence du nombre de classes d'un facteur si on veut juger de la relative importance du déterminisme des descripteurs écologiques sur la fréquence des espèces.

La constitution des groupes écologiques (chap. 6) discute des méthodes de classement des espèces en groupes d'amplitude écologique équivalente vis-à-vis d'un ou de plusieurs descripteurs. La notion de groupes écologiques, sans être nouvelle, est encore discutée par plusieurs auteurs quant à sa définition et quant à son utilité. Pourtant dans son acceptation récente, cette approche est probablement l'une des plus efficaces proposée depuis la création de la phytosociologie. Ce chapitre viendra compléter pour ceux qui les ont lus, les travaux de Gounot. Cependant, même si Daget & Godron discutent des groupes «plurifactoriels», leur préférence semble aller aux groupes

« monofactoriels ». C'est à mon avis une voie peut-être moins attaquable mais beaucoup moins pratique, car les risques d'éclatement des groupes sont grands. Un trop court chapitre (chap. 7) suit pour démontrer que les groupes écologiques peuvent constituer les cellules de base des groupements végétaux. Malheureusement, comme le soulignent les auteurs, il n'y a que très peu de travaux issus de cette approche.

Le chapitre du signalement écologique des espèces discute de diverses méthodes de définition du statut écologique des espèces à travers les caractéristiques de leurs profils écologiques. Partie importante du livre, on a pourtant l'impression que les auteurs s'égarèrent parfois dans des tests superflus comme celui du rayon de giration qui ne me semble pas supérieur à la mesure de l'amplitude écologique.

Dans leur conclusion les auteurs discutent de l'apport de l'analyse fréquentielle des espèces aux synthèses écologiques. Suit une bibliographie abondante, dominée naturellement par les travaux du C.E.P.E..

Si ce livre mérite absolument que tout écologue s'y arrête, ce n'est certes pas grâce à l'éditeur qui nous avait habitué à des éditions de grande qualité. Probablement pour diminuer les coûts, on a choisi le traitement de textes et l'impression en offset. Cela n'excuse pourtant pas la piètre qualité des figures tramées, ni les inversions de pages, ni les innombrables fautes de frappe qui commencent même en page de dédicace. Il manque au moins deux figures et la numérotation des sections, des tableaux et des figures est souvent erronée.

En conclusion, ce livre clair, concis, facile à lire (qualité rare) fait connaître en 150 pages l'ensemble des outils d'analyses mis au point par des chercheurs imaginatifs et productifs. Il faut le lire, ne serait-ce que pour sentir que l'analyse écologique est un jeu passionnant.

À quand notre institut d'écologie appliquée ?

Vincent GÉRARDIN

*Service des inventaires écologiques
Environnement-Québec*

FINN, D.P., 1982. **Managing the ocean resources of the United States: the role of the Federal Marine Sanctuaries Program.** — Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg & New York, 192 p., 16,5 × 24 cm. Broché, 16\$ US..

Ce petit livre appartient à une collection nouvelle publiée sous le titre général « Lecture Notes in Coastal and Estuarine Studies ». L'un des objectifs de la collection est la diffusion rapide d'idées et d'informations scientifiques, technologiques ou politiques sur tout aspect du domaine côtier, ce qui inclut aussi bien des monographies en version préliminaire que des ouvrages collectifs issus de symposiums, de conférences ou d'ateliers spécialisés. La présentation est fort sobre et fait

appel à un procédé de reproduction photographique simple.

Le problème de la conservation des milieux marins et de leurs ressources — le cœur de l'étude rédigée par Finn — se pose souvent de façon cruciale, au moment de la planification, de la réalisation et du fonctionnement des grands projets industriels. La gestion des ressources, le respect des milieux naturels et les aspects proprement économiques du développement constituent les axes de conflits d'autant plus féroces que les instances décisionnelles de chacune de ces sphères sont très fragmentées, peu ou mal coordonnées et rarement encadrées par une politique globale de rationalisation. L'anarchie s'y installe allègrement, dans un vaste treillis de décisions contradictoires, et de réglementations inapplicables, au détriment bien sûr du bien réel de la société. Le milieu marin, et particulièrement les zones côtières, est depuis deux décennies très souvent en cause à cet égard, en grande part — mais non exclusivement — en raison de l'exploitation des ressources minérales sur le plateau continental. La problématique de Finn est focalisée sur de telles considérations. S'il en fait une dissection fine, c'est visiblement moins par souci d'une recherche de coupables, que pour trouver des voies correctives réalistes et fonctionnelles.

Le chapitre 1 situe la question et fait ressortir les multiples facettes du rôle joué par les programmes du gouvernement américain. Le chapitre 2 est une étude de cas qui illustre à merveille l'absence flagrante de coordination naissant de politiques et programmes au départ conflictuels (cas de l'exploitation des ressources minérales sur le banc Georges, importante pêcherie de la côte est) ou naissant du chevauchement d'autorité des différents centres de décision (cas de Santa Barbara, en Californie). Le chapitre 3 analyse soigneusement les difficultés de tous ordres que présentent différents programmes gouvernementaux et indique comment l'on pourrait établir plus de coordination. Le chapitre 4 fait un examen poussé du programme américain de désignation de « sanctuaires marins » et analyse les raisons de son inefficacité ; le chapitre 5 montre comment, malgré tout, ce programme pourrait être valable pour régler les cas les plus aigus.

Ce document, parfois très technique, fait état de problèmes américains. Il examine des situations particulières dans les eaux côtières des États-Unis, qui impliquent des législations et des réglementations qui, dans certains cas, n'ont même pas leur parallèle ici. Néanmoins, une part importante de l'analyse pourrait, à mon avis, être transposée en maints pays industrialisés et les solutions proposées tout au moins placées à la source d'une réflexion sur le sujet. La désignation de « sanctuaires marins » n'est certes pas une panacée, mais est sans doute plus valable que le laisser faire.

Guy LACROIX

*Département de biologie
Université Laval*

KULLENBERG, G. (édit.), 1982. **Pollutant transfer and transport in the sea. Volume II.** — CRC Press, Boca Raton, Florida, 237 p., 18 × 26 cm. Relié, 89\$ US..

Il s'agit ici du deuxième tome d'un ouvrage collectif (cf. *Le Naturaliste canadien*, vol. 110, p. 109-110) traitant des divers processus responsables de la répartition des substances contaminantes dans la mer. Alors que le premier tome s'attachait à décrire les mécanismes physiques, le second analyse, dans une première composante de trois chapitres, les mécanismes biologiques, l'intervention de la matière en suspension et le rôle des sédiments dans le transport et la dispersion des substances contaminantes. La deuxième composante du tome II est constituée d'un chapitre spécialement réservé aux estuaires et aux fjords et d'un chapitre portant sur les déversements accidentels de pétrole.

Au plan biologique, Scott W. Fowler fait une revue concise (65 pages), bien charpentée et bien étoffée (334 références bibliographiques) des différentes voies d'accumulation, d'élimination, de concentration des contaminants organiques et inorganiques, tout comme de leur transport par les organismes. Les groupes de contaminants considérés sont les métaux lourds, les substances radioactives, les substances hydrochlorées et le pétrole. L'auteur distingue les *accumulations* faites à partir de l'eau de celles qui sont faites à partir de la nourriture et souligne que peu de travaux ont porté sur la part relative de l'une ou l'autre source. Il reconnaît qu'il est particulièrement difficile d'attaquer correctement cette question, par suite de l'hétérogénéité spatiale et temporelle de la répartition des organismes servant de nourriture et l'étendue très vaste des facteurs de concentration pour divers contaminants. Il existe chez les organismes différents modes de *décontamination*, mais à la lumière des travaux cités, l'on constate qu'ils procèdent à des taux beaucoup plus faibles que ceux de l'accumulation. Les quelques pages consacrées à la *bioconcentration* sont peu révélatrices; l'auteur n'en porte guère la responsabilité, puisque peu de chercheurs se sont attaqués au difficile problème des mécanismes impliqués, particulièrement de la dynamique écologique des accumulations successives dans la chaîne trophique.

Le rôle des migrations horizontales et verticales actives des animaux marins est mis en évidence dans la section consacrée aux aspects écologiques, mais c'est toutefois l'analyse du transport en profondeur qui présente le plus grand intérêt pour l'océanographe. Le transport passif en profondeur produit par la sédimentation de toutes sortes de particules biogènes, comme les fèces, les exuvies, les œufs, les coquilles, etc., serait loin d'être négligeable. Parvenus au fond, où règne une grande activité de recyclage, les contaminants transportés par cette voie sont alors lancés sur une multitude d'avenues dont il serait bien difficile de toujours reconnaître le tracé exact.

Le chapitre rédigé par R. Chester constitue tout au plus, et surtout pour les biologistes peu familiers avec la sédimentologie marine, une sorte d'introduction aux questions de répartition, concentration, composition et chimie de la matière en suspension. Son caractère très descriptif le rend certainement moins stimulant que le chapitre 3, où E. K. Duursma et M. Smies analysent comment les sédiments deviennent le réceptacle des contaminants de la colonne d'eau, et passent en revue les modèles de diffusion des contaminants dans la couche benthique.

Sous la plume de H. G. Gade, le chapitre 4 propose une revue assez classique sur les caractéristiques de la circulation, du mélange et de la diffusion dans les estuaires et les fjords. L'océanographe physicien n'en retirera probablement que bien peu de choses nouvelles et je doute que le lecteur initié mais non physicien y trouve satisfaction. Le dernier chapitre, préparé par S. P. Murray, a l'avantage de réunir en peu de pages une information dispersée — et parfois peu accessible — quant aux effets du vent, des courants et de divers processus liés à la côte sur les déversements accidents majeurs de pétrole en mer. Ce chapitre est particulièrement bien construit; l'on y présente successivement des données sur les échelles temporelles et spatiales des systèmes météorologiques, les caractéristiques physiques et chimiques du pétrole à la surface de la mer; des explications de base sur l'advection du pétrole par les vagues et les courants; un examen de cas concrets (*Torrey Canyon*, *Argo Merchant* et *Amoco Cadiz*) et, dans une dernière section, différents modèles explicatifs ou prévisionnels sur le comportement du pétrole en mer.

Comme son prédécesseur, le tome II est édité avec sobriété, mais avec efficacité. Chacun des chapitres comporte sa liste de références bibliographiques. Toutefois, le renvoi aux références est, dans le texte, fait par des chiffres en petits caractères placés en exposant, ce qui prête parfois à confusion (par exemple, à la page 3: «... bioaccumulation experiments with ⁶⁵Zn, ¹⁷²³⁷Pu, ²⁰/ and ¹⁴¹Ce ...»). Un index général facilite le repérage des sujets dans les tomes I et II.

Guy LACROIX

Département de biologie
Université Laval

LEWIS III, R. R., 1982. **Creation and restoration of coastal plant communities.** — CRC Press Inc., Boca Raton, Florida. 219 p., 18 × 26 cm. Relié, 78\$ US..

Comme le titre l'indique, le sujet de ce volume est la création et l'aménagement des communautés végétales des régions côtières. Il rassemble des contributions de plusieurs auteurs, présentées en neuf chapitres, chacun traitant de méthodes de restauration ou d'amélioration d'une communauté différente: 1) Dunes de sable, côte est des États-Unis (W. W. Woodhouse); 2) Marais

intertidaux, côte de l'Atlantique (Woodhouse & P. L. Knutson); 3) Marais salins, nord-est du golfe du Mexique (W. I. Kruczynski); 4) Marais salins, ouest du golfe du Mexique (J. W. Webb); 5) Marais intertidaux, côte du Pacifique (Knutson & Woodhouse); 6) Marais, hydrolittoral inférieur, Chine (Chung-Hsin Chung); 7) Marais, hydrolittoral inférieur, Floride (R. R. Lewis); 8) Mangroves (Lewis); 9) Herbiers marins (R. C. Phillips).

C'est essentiellement un livre de « recettes » : comment restaurer une communauté donnée, comment transplanter une telle plante ? Mais chaque chapitre discute également des valeurs écologiques des communautés et de l'ampleur des pertes.

Le sujet est sûrement d'un grand intérêt pour l'aménagiste et toute autre personne désireuse de maintenir nos riches écosystèmes côtiers en bon état. Nous nous alarmons à propos de la destruction de nos marais intertidaux, de nos dunes et de nos herbiers, par la réclamation, le remplissage, l'érosion, la pollution et le piétinage. Il est essentiel que nous cherchions à protéger ces milieux exceptionnels; mais advenant une perte, est-elle permanente ? Peut-on réparer les dommages ou recréer l'habitat ? Ce livre nous fournit plusieurs éléments de réponse à ces importantes questions.

Le volume expose un nombre impressionnant d'expériences et d'essais visant à créer ou à réparer différents types d'habitats côtiers. Les volumineuses listes de références qui accompagnent chaque chapitre sont particulièrement utiles, référant le lecteur à des sources d'information parfois peu connues. Les méthodes de préparation du substrat, de plantation des différentes espèces végétales, et de leur protection sont décrites en détails. D'autres informations permettent d'estimer les coûts approximatifs et de trouver des sources de plantes et d'équipement spécialisé. Même si aucune des expériences décrites n'a été effectuée au Canada, l'aménagiste ne devrait pas rencontrer trop d'obstacles à adapter les méthodes à notre situation.

Il est cependant décevant de prendre connaissance du manque de rigueur scientifique que caractérise le volume. Peu d'auteurs font preuve d'originalité ou de profondeur scientifique dans leurs discussions sur les processus écologiques des communautés. Chaque auteur résume les différents essais de restauration pour la communauté en question, mais peu d'entre eux présentent les résultats de façon à distinguer entre une expérience rigoureuse et bien contrôlée et une autre.

Il serait justifié de s'attendre à ce que ces expériences pratiques révèlent de nouveaux principes concernant des processus écologiques mais il n'en est rien. La plupart des auteurs semblent être satisfaits de nous fournir des recettes, montrant peu de curiosité envers les raisons de succès et d'échec.

Chaque chapitre est construit selon une table de matière similaire, ce qui contribue à beaucoup

de répétitions. Par exemple, le lecteur a droit à plusieurs descriptions, à peu près identiques, de la valeur écologique des marais à *Spartina* et les méthodes employées pour transplanter cette espèce.

On note peu de conformité dans l'usage des noms latins et communs des plantes. Un auteur n'utilise que les noms communs dans son texte, mais il nous réfère à des tableaux dans lesquels seuls les noms latins sont indiqués. Un autre n'utilise que le nom commun de la principale espèce de son article pendant les trois premières pages, mais les espèces de moindre importance sont identifiées par leurs noms latins. Il y a également un nombre appréciable d'erreurs typographiques.

Dans l'ensemble le volume sera très utile aux aménagistes, mais la matière traitée et la qualité de rédaction ne justifient pas son format luxueux et sa présentation prétentieuse.

Austin REED

*Service canadien de la faune
Sainte-Foy, Québec*

MORGAN, M. D. (édit.), 1982. **Ecology of Mysidacea**. — W. Junk Publishers, The Hague, Boston, London, 222 p., 20 × 26,5 cm. Relié, 54,50\$ US..

Il peut sembler au premier abord étonnant qu'un groupe de crustacés aquatiques somme toute minuscule (500 à 600 espèces) qui n'a même pas le mérite de posséder des espèces commercialisables ait pu susciter suffisamment d'intérêt pour justifier la tenue, en 1981, d'un symposium sur l'écologie des mysidacés. Le biologiste peu familier avec les crustacés sera encore plus surpris de constater que des 22 articles des comptes rendus qui sont à la base de ce livre, plus de la moitié concerne une espèce particulière de mysidacé, *Mysis relicta*. L'importance écologique de cette espèce est considérable pour plusieurs lacs nord-américains; la place qu'elle occupe dans les chaînes trophiques des Grands-Lacs est largement reconnue.

Mysis relicta est suspensivore et prédatrice; elle peut consommer des cellules individuelles ou des chaînes de diatomées, mais elle a, comme prédatrice, une réputation de voracité exceptionnelle. Comme elle est une source majeure de nourriture pour de nombreux poissons (corégone, alose, truite, éperlan), on l'a introduite artificiellement dans certains lacs, pour constater dans la suite qu'elle décimait les assemblages d'organismes du zooplancton et déséquilibrait profondément les écosystèmes aquatiques. L'on comprend dès lors mieux que ce crustacé retienne l'attention des chercheurs et qu'on lui consacre autant d'études. L'on comprend aussi pourquoi six des articles de « Ecology of Mysidacea » portent sur l'une ou l'autre facette de l'activité prédatrice. Citons particulièrement l'article de

Vanderploeg, Bowers, Chapelski & Soo et celui de Bowers & Vanderploeg qui font état d'études *in situ* sur la sélectivité et les taux de prédation. La qualité des résultats obtenus rend prometteuse la technique utilisée, technique sans doute applicable à d'autres prédateurs du même ordre. La valeur exemplaire de ces travaux est accrue en ces années où l'on se préoccupe enfin de la prédation par les organismes du zooplancton. Les autres travaux touchant *Mysis relicta* ont trait à ses migrations (horizontale et verticale), à sa productivité et à son rôle dans le recyclage des éléments nutritifs. L'intérêt des deux articles traitant de cette dernière question (Madeira, Brooks & Seale et Seale & Borass) dépasse le contexte précis de *M. relicta* dans les Grands-Lacs pour rejoindre des problèmes plus généraux de la dynamique des écosystèmes.

L'ouvrage édité par Morgan contient peu de nouveautés percutantes en ce qui touche les mysidacés marines ou estuariennes. Les sept articles qui en traitent forment un ensemble hétéroclite, où l'on trouve aussi bien une clé pour l'identification des mysidacés du Texas qu'une analyse critique de l'utilisation des mysidacés dans les épreuves biologiques de toxicité. Les études écologiques touchant les mysidacés marines étant

peu nombreuses, il faut citer, malgré leurs limites, le travail de Mauchline sur la prédation des mysidacés par les poissons du nord-est de l'Atlantique et celui de Bhattacharya sur les hautes tolérances thermiques et halines. C'est là un aspect fascinant des espèces estuariennes ou côtières de mysidacés, dont un bon exemple est d'ailleurs fourni au Québec par les *Mysis littoralis* du Saguenay. Les expériences de Bhattacharya sur *Mesopodopsis orientalis* montrent des étendues de tolérance de 3,5 à 35‰ et de 12 à 33°C. L'article le plus intéressant de ce groupe est toutefois celui de Fulton sur les effets de la prédation des mysidacés sur la structure des communautés planctoniques. Les expériences qui y sont consignées sont préliminaires et ne permettent que peu de conclusions fermes, mais elles sont sans doute un pas dans la bonne direction.

En bref, ce livre devrait intéresser beaucoup les biologistes des eaux douces, énormément les passionnés de *Mysis relicta*, mais à un degré beaucoup moindre les écologistes marins.

Guy LACROIX

Département de biologie
Université Laval

LIVRES REÇUS

AUBERT, M., P. REVILLON, J.P. BREITTMAYER, M. GAUTHIER, J. AUBERT & G. FLATEAU, 1983. **Métaux lourds en Méditerranée, 3^e tome.** — Centre d'études et de recherches de biologie et d'océanographie médicale, Nice, France, 371 p., 20,5 × 29 cm.

La Méditerranée est une mer importante à beaucoup d'égards. Elle est entourée de toutes parts de zones continentales, dont certaines sont à forte démographie et à forte industrialisation. Elle est le réceptacle de fleuves dont les bassins versants sont souvent constitués de terrains volcaniques ou riches en minerais divers. L'origine des métaux lourds (mercure, cadmium, chrome, nickel, cuivre, plomb, zinc) dans ce milieu marin n'est donc pas seulement industrielle. La synthèse faite dans cet ouvrage de très nombreuses (12 900) mesures exécutées par le Centre d'études et de recherches de biologie et d'océanographie médicale de Nice, entre 1965 et 1982, est à ce point de vue très instructive et fort intéressante pour tout océanographe ou écologiste que préoccupent les contaminations industrielles. En plus de faire largement état des relations qualitatives et quantitatives qui existent entre la répartition des métaux lourds et leurs sources principales (terrigènes et anthropogènes), les auteurs font l'examen de la répartition des teneurs métalliques dans la biomasse, des interactions entre les microorganismes et les métaux, des facteurs métaboliques influençant la toxicité et la bioconcentration, tout comme des risques sanitaires liés aux métaux lourds en Méditerranée.

BREWER, P.G. (édit.), 1983. **Oceanography: the present and future.** — Springer-Verlag, New York, 392 p., 16 × 24 cm. Relié, 39,80\$ US.

Comptes rendus d'un symposium tenu à Woods Hole en 1980, à l'occasion du 50^e anniversaire de fondation de la célèbre *Woods Hole Oceanographic Institution*. Les 22 articles qu'ils contiennent sont regroupés dans quatre parties, selon qu'il s'agit d'océanographie à échelle fine, à échelle régionale, à très grande échelle ou à échelle humaine. Cinq d'entre eux ont trait à des questions biologiques comme la structure des communautés planctoniques, l'étude des mouvements des poissons à l'aide de la télémétrie, les organismes des milieux océaniques, la biologie des pêches et l'aquiculture. Les autres articles touchent surtout les sciences physiques.

Cet ouvrage est le cousin d'un autre publié en 1980 sous le titre «Oceanography: the past», dont le Naturaliste canadien a déjà présenté un compte rendu détaillé (vol. 109, numéro 2, p. 291-292).

COLL. MORALES, J., 1983. **Acuicultura marina animal.** — Mundi-Prensa Libros, Madrid, Espagne, 663 p., 16,5 × 23,5 cm. Broché, 4 900 Ptas.

Ce livre se veut un guide pratique de l'aquiculture animale marine. Il touche quatre grands thèmes: l'organisation, la biologie, l'alimentation et les méthodes d'ingénierie. Dans la première partie, l'auteur énumère les problèmes liés à la planification d'une entreprise en aquiculture: le choix des espèces selon les variables du milieu, les facteurs économiques tels les coûts, les ventes, la mise en marché et le personnel requis selon les types d'installation. La deuxième partie rassemble les connaissances sur la biologie et sur les cycles vitaux des poissons, des crustacés et des mollusques, leur alimentation aux différentes étapes du développement et de la croissance, leur reproduction, leur pathologie et les diverses phases de l'élevage. Dans la partie sur l'alimentation, l'auteur discute des modes d'alimentation, des besoins énergétiques et de la fabrication de la nourriture pour les animaux en élevage. Dans la dernière partie, on aborde la question des installations matérielles, de l'équipement, du traitement et recyclage des eaux usées, avec, finalement, une description de différentes entreprises d'aquiculture aux États-Unis, en Angleterre et en Espagne.

FENTON, M.B., 1983. **Just bats.** — Univ. Toronto Press, 165 p., 15 × 23 cm, relié, 25\$; couverture souple 9,95\$.

Dans cette monographie, l'auteur rassemble les connaissances disponibles sur les chiroptères: régime alimentaire, budget énergétique, perchoirs, reproduction, comportement, etc.

FUTUYMA, D.J. & M. SLATKIN (édit.), 1983. **Coevolution.** — Sinauer Associates, Sunderland, Mass. 01375. 555 p., 15 × 22,5 cm. Relié, 46,50\$ US; couverture souple, 24,95\$ US.

Cet ouvrage propose des modèles explicites de l'évolution des interactions écologiques entre les espèces. Vingt-trois auteurs ont écrit dix-neuf chapitres sur les aspects phylogénétiques de la coévolution, les bactéries et leurs virus, l'endosymbiose, les symbioses plantes-champignons, la parasitologie, la dispersion des graines de plantes par le tractus digestif des vertébrés, les associations et la coévolution dans la mer, les relations prédateurs-proies, la coévolution selon les fossiles, la coévolution entre les compétiteurs, etc.

GASKIN, D. E., 1982. **The ecology of whales and dolphins.** — Heinemann Educational Books Inc., Exeter, N.H., 459 p., 16 × 24 cm. Relié, 45\$ US..

Monographie de l'ordre des cétacés. Les dix premiers chapitres traitent de la répartition écologique, du comportement alimentaire, du métabolisme et du budget énergétique, de la structure et du comportement social, de l'évolution, de la zoogéographie, des concepts de spéciation. Les trois derniers font l'analyse des populations de baleines, de leur aménagement et des conséquences de la pollution.

GESAMP (Group of experts on the scientific aspects of marine pollution), 1982. **The review of the health of the oceans.** — United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 108 p., 21 × 29,5 cm.

Étant donné leur immensité, leur diversité, leur complexité et le grand intérêt qu'y portent les humains au plan récréatif, économique et militaire, les questions de pollution marine sont souvent abordées de façon globale, superficielle et émotive, tant par les scientifiques et techniciens que par les «écologistes» et les affairistes. Le fascicule publié par l'Unesco mérite d'être souligné, car il constitue une bonne tentative d'examen objectif de l'ensemble du problème. Le groupe d'experts qui l'a préparé a reçu l'appui d'une dizaine d'organismes internationaux, notamment des Nations Unies, de l'Unesco, de l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture, l'Organisation météorologique mondiale et l'Organisation mondiale de la santé.

Avant de traiter, dans un chapitre central, des contaminants comme tels — répartition, effets sur les écosystèmes, conséquences pour les humains —, deux chapitres jettent les bases de l'analyse, en traitant des principales propriétés des systèmes océanographiques et des cycles biogéochimiques marins. Un autre chapitre analyse de façon particulière comment les contaminations affectent l'exploitation des ressources marines minérales ou biologiques. Suit un survol des problèmes régionaux de contamination dans diverses régions du monde: mer Baltique, mer du Nord, Méditerranée, Afrique occidentale, golfe du Mexique, eaux côtières de l'Amérique du Nord (y compris les eaux du Saint-Laurent), Atlantique du sud-ouest, Pacifique, océan Indien, eaux côtières de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande. Le dernier chapitre est centré sur les questions méthodologiques et les ententes internationales.

GORE, A. J. P. (édit.), 1983. **Mires: swamp, bog, fen and moor. Volume A: General studies.** — Collection: Ecosystems of the world 4A, Elsevier Scientific Publishing Company, P.O. Box 211, Amsterdam, The Netherlands, and 52, Vanderbilt Ave., New York, N.Y., 440 p., 19,5 × 27 cm. Relié, 161, 75\$ US..

Traité portant sur les diverses sortes de terrains marécageux. Onze chapitres en décrivent l'hydrologie, la formation de la tourbe, la micro flore, la chimie, l'adaptation des racines des plantes aux submersions, la production primaire, la production secondaire et les communautés végétales et animales.

HALLBERG, R. (édit.), 1983. **Environmental biogeochemistry.** — Ecological Bulletins no. 35, Publishing House /FRN, Bos 6710. Stockholm, Suède, 576 p., 17 × 24,5 cm. Relié, approx. 38\$ US..

Publication des comptes rendus du cinquième Symposium sur la biogéochimie de l'environnement tenu à Stockholm, Suède, en juillet 1981. Quarante-neuf contributions sont groupées en sept chapitres. Le premier touche à la biogéochimie générale des rivières et des eaux salées, puis, plus spécifiquement, les chapitres suivants portent sur la biogéochimie du soufre, de l'azote, du carbone et de divers métaux. Les deux derniers sont consacrés aux systèmes pour la diagénèse et aux flux divers.

HOSHIAI, T. & Y. NAITO, 1982. **Proceedings of the fifth symposium on antarctic biology.** — National Institute of Polar Research, Tokyo, 128 p., 18,5 × 26 cm. Relié.

La participation très active du Japon au programme international BIOMASS (Biological Investigation of Marine Antarctic Systems and Stocks) depuis 1977 a généré un apport très important de connaissances nouvelles sur le *krill* (l'euphausiacé *Euphausia superba*), mais aussi sur le milieu physique, chimique et biologique où vit cet important crustacé. Le symposium tenu en 1981 dont on a publié les comptes rendus fait état de façon sommaire et préliminaire des résultats des diverses campagnes des navires océanographiques japonais dans les eaux antarctiques. Les sujets traités sont très diversifiés et l'ouvrage ne comporte pas de chapitre de synthèse. L'océanographie physique, le benthos et les oiseaux n'ont fait l'objet que d'un seul article chacun. Les poissons et les mammifères sont touchés dans chacun deux articles. La moitié des quatorze études présentées portent sur l'écologie du plancton: trois portent sur la répartition et la dynamique du phytoplancton et quatre autres concernent les assemblages du zooplancton ou le *krill*.

KETCHUM, B. H., 1983. **Estuaries and enclosed seas.** — Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 500 p., 19,5 × 27 cm. Relié, 170,25\$ US..

L'ouvrage édité par B. H. Ketchum sur les mers et les estuaires est le vingt-sixième ouvrage de la grande collection «Ecosystems of the world» dont Elsevier a confié la direction à D. W. Goodall. Dix-sept océanographes ont participé à sa rédaction.

tion. La première partie est constituée de sept chapitres traitant des estuaires, de leurs caractéristiques et de leurs composantes physiques et biologiques (plancton, benthos, poissons). La deuxième partie passe systématiquement en revue, dans une série de monographies, dix-neuf des mers les plus importantes et les plus connues du monde, au plan de l'océanographie. Le golfe du Saint-Laurent est l'objet d'un chapitre rédigé par L. M. Dickie et R. W. Trites.

LAIRD, M. *et al.*, 1983. **Insectes piqueurs au Canada: effets sur la santé et conséquences économiques.** — Conseil national de recherches du Canada, Publication n° 19249 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 168 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$.

Un bon nombre des quatre cents espèces d'insectes piqueurs qui aspirent le sang des vertébrés sont des vecteurs de maladies infectieuses. Ce rapport rassemble les connaissances actuelles sur ces insectes au point de vue de la santé, de la vie et du travail des humains, de l'agriculture, de l'élevage aux fins alimentaires et des coûts des programmes de contrôle.

LEVINGS, C. D., 1983. **Les conséquences écologiques du dragage et de l'élimination des résidus du dragage dans les eaux canadiennes.** — Conseil national de recherches du Canada, publication n° 18131 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 150 p., 21 × 27 cm. Broché, 5\$.

Dans ce rapport, un comité d'experts résume les connaissances actuelles quant aux effets des opérations de dragage sur les écosystèmes aquatiques. L'on décrit les effets physiques, chimiques et écologiques ainsi que différentes sortes de dragage et de déversement. La principale conséquence du dragage est évidemment la perturbation mécanique du milieu. Les habitats fragiles, tels les frayères à saumon, peuvent dans ce cas être sérieusement perturbés. Le comité présente des recommandations quant aux priorités de recherche sur ce sujet au Canada.

McCONNAUGHLEY, B. H. & R. ZOTTOLI, 1983. **Introduction to marine biology. 4th edition.** — C.V. Mosby Company, 638 p., 22 × 28,5 cm. Relié.

Comparée aux éditions antérieures, et particulièrement à sa première édition de 1970 (449 p., 18 × 26 cm), cette introduction à la biologie marine a indéniablement fait peau neuve et s'est considérablement amplifiée. Elle comprend plusieurs éléments nouveaux, notamment sur la chimie de l'eau de mer, les communautés de dunes, les communautés benthiques de substrats durs et un court chapitre sur les problèmes internationaux de la mer. Le nombre d'illustrations a été considérablement accru; on l'a de plus assorti de 13 photos en couleur de bonne qualité. Il est

heureux qu'on ait conservé à la fin de ce manuel l'utile glossaire de plus de 500 mots et expressions techniques utilisés dans le texte. Enfin, la bibliographie a été rafraîchie par l'addition de nombreux titres récents.

MONET, R. 1983. **Le pêcher. Génétique et physiologie.** — Masson Éditeur. Actualités scientifiques et agronomiques de l'Institut national de la recherche agronomique n° 12. 133 p., 16 × 24 cm. Broché, 120 FF. Disponible chez SOMABEC, 2465 Sylva Clapin, Saint-Hyacinthe, Québec.

Après le pommier et les agrumes, le pêcher est, semble-t-il la troisième espèce fruitière cultivée dans le monde. Cet ouvrage propose, à leur sujet, une synthèse des connaissances en génétique et en physiologie. Trois chapitres décrivent la garniture chromosomique et les caractères génétiques. Sept chapitres présentent le cycle vital de l'arbre, à partir de la germination de la graine, en passant par le stade juvénile, la formation des systèmes aérien et racinaire, jusqu'à la formation de la graine, de la fleur et du fruit. La dormance fait également l'objet d'une analyse.

PIERCE, R. C., D. M. WHELPDALE & M. G. SHEFFER, 1983. **Comptes rendus du Symposium sur la surveillance et l'évaluation des polluants en suspension dans l'air et notamment sur le transport à grande distance et le dépôt de substances acides, et Atelier sur les réseaux de surveillance de l'air et des précipitations.** — Conseil national de recherches du Canada, publication n° 20642 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 502 p., 21 × 27 cm. Broché, 8\$

Les polluants aérotransportés et les conséquences de leur déposition sont des sujets de préoccupations environnementales importantes, voire même vitales. Ce rapport attire l'attention sur le manque d'instrumentation et de techniques valables pour la surveillance et le dosage des dépôts. On y trouve les mémoires présentés par les conférenciers invités au Symposium sur la surveillance et l'évaluation des polluants en suspension dans l'air, ainsi que les discussions d'un groupe d'experts.

RODE, A., 1983. **Aspects particuliers du froid dans le Nord canadien.** — Conseil national de recherches du Canada, publication n° 20641 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 33 p., 21 × 27 cm. Broché, 3\$.

Le but de ce rapport est de cerner la nature et l'ampleur des problèmes causés par le froid dans les régions canadiennes situées au nord de la limite des arbres. L'auteur, ayant vécu et travaillé lui-même de façon continue dans l'Arctique pendant les douze dernières années, souligne les deux principales raisons qui font piétiner depuis longtemps la recherche dans ces régions, soit l'absence d'un organisme national de coor-

dination de la recherche et le manque de continuité des programmes d'étude. Il propose également quelques projets de recherche sur la santé, l'hypothermie, les vêtements, les moyens de transport, l'adaptation psychologique des nouveaux arrivants du Sud, la formation professionnelle des autochtones, et sur les appareils de recherche qui doivent être utilisés au froid.

SPRINKLE, J. (édit.), 1982. **Echinoderm faunas from the Bromide formation (middle Ordovician) of Oklahoma.** — Monograph no. 1, The University of Kansas Paleontological Contributions. 369 p., 23 × 27 cm. Broché.

Dans ce premier volume d'une nouvelle série, plusieurs auteurs décrivent le milieu géologique et la faune des échinodermes fossilisés de l'Ordovicien moyen de l'Oklahoma, à l'aide de nombreuses planches en noir et blanc.

IMPACT: SCIENCE ET SOCIÉTÉ, n° 1, 1983. **La gestion des ressources en eau douce.** — Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Paris, 135 p., 15,5 × 24 cm. Broché, 20 FF.

Fascicule de l'excellente revue de l'Unesco consacré aux problèmes de la mise en valeur de l'eau douce. On y traite de certains usages bons et mauvais du cycle hydrologique, des ressources en eaux souterraines, des aménagements et de l'énergie hydrauliques, de la surveillance de la qualité de l'eau et du rôle de la science dans la politique et la gestion des ressources en eau douce.

POLAR BIOLOGY, Vol. 1, 1982-1983. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg & New York, 249 p., 21 × 27,5 cm. Abonnement annuel, 104\$ US, vol. 1 (1982); 75\$ US, vol. 2 (1983).

Périodique né en 1982, qui se veut le lieu de convergence des scientifiques intéressés à la biologie et à l'écologie des régions polaires et sub-polaires. Ses éditeurs se proposent de publier des travaux très diversifiés (écologie, systématique, physiologie, génétique, embryologie, etc.); ils n'excluent pas certaines disciplines reliées à la vie polaire, comme la climatologie et l'océanographie.

Les 31 articles des quatre numéros du volume 1 concernent surtout les domaines de l'écologie, de l'écophysiologie et de la biologie générale, mais très peu la systématique. Les divers milieux (marin, terrestre, eau douce) sont représentés. Les deux tiers des travaux publiés dans ce premier volume sont de nature zoologique; l'autre tiers porte sur des plantes ou des bactéries.

CRYPTOZOOLOGY (International Journal of the International Society of Cryptozoology), Vol. 1, 1982. International Society of Cryptozoology, P.O. Box 43070, Tucson, Arizona 85733, U.S.A., 94 p., 16 × 24 cm. Cotisation annuelle de membre, 25\$ US.

Revue de l'*International Society of Cryptozoology*, dont le but est de regrouper les personnes intéressées à la recherche, à l'analyse et à la discussion de tout problème concernant les animaux de taille ou de forme peu communes ou concernant leur occurrence inattendue dans le temps ou dans l'espace. La «Société de cryptozoologie» se propose d'aborder ces questions, souvent l'objet de débats émotifs, d'une façon tout à fait objective et selon les normes de la méthode scientifique. Sont cités comme exemples de problèmes pertinents à la cryptozoologie: les «monstres» des lochs écossais ou de divers lacs de l'Irlande, de la Suède, de l'Union soviétique, des États-Unis et du Canada; les pieuvres géantes; les vaches marines de la mer de Béring; les animaux à long cou de l'Afrique centrale apparentés aux dinosaures du Mésozoïque ou encore les grands hominoïdes de l'Himalaya, de l'Union soviétique, de la Chine ou de l'Amérique du Nord.

Le premier volume comprend six articles, deux rapports de recherche, trois rapports d'étape et une revue des livres. L'article de tête signé par le président de la Société, Bernard Heuvelmans, définit la cryptozoologie. Les autres articles ont trait au statut de l'hominoïde géant de la Chine, au «monstre» du Loch Ness et aux *Ri*, animaux aquatiques non identifiés de la Nouvelle-Guinée. Signalons particulièrement l'un des rapports de recherche portant sur le «monstre» du lac Champlain et rédigé par Paul Leblond, océanographe de l'Université de Colombie-Britannique.

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 numéroté 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.

Maintenant disponible

Recherches sur la baie d'Hudson et la baie James. — *Naturaliste canadien (Revue d'écologie et de systématique)* vol. 109, n^{os} 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

Available now

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 110

NUMÉRO 2

1983

AUSTIN, A.	Evaluation of changes in a large oligotrophic wilderness park lake exposed to mine tailings effluent for 14 years: the periphyton	119-134
GIBSON, R.J.	Large Atlantic salmon parr (<i>Salmo salar</i>) of a boreal river in Québec	135-141
GIBSON, R.J.	Water velocity as a factor in the change from aggressive to schooling behaviour and subsequent migration of Atlantic salmon smolt (<i>Salmo salar</i>)	143-148
MAGNAN, P. & G.J. FITZGERALD	Âge scalaire et otolithique de l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>): comparaison et interprétation des faux annuli	149-154
JONES, R.L. & H.C. HANSON	Biogeochemistry of fens of the west coasts of Hudson and James bays in relation to geese	155-170
BROUILLET, L.	Nombres chromosomiques chez les <i>Aster</i> du groupe Heterophylli (Asteraceae-Astereae)	171-178
McELROY, A.R. & P. GERVAIS	Yield and chemical composition of whole-crop spring cereals harvested at five growth stages	179-184
CAMIRÉ, C., L. BÉRARD & A. VILLENEUVE	Relations station-nutrition-croissance de l'aune crispé [<i>Alnus crispa</i> var. <i>mollis</i> (Ait.) Pursh] en plantation sur les bancs d'emprunt de la région LG-2, baie James, Québec	185-196
GATES, C.C. & R.J. HUDSON	Foraging behaviour of wapiti in a boreal forest enclosure	197-206
FERRON, J.	Comparative activity patterns of two sympatric sciurid species	207-212
COMMUNICATIONS BRÈVES		
DUBÉ, M.	Addition de <i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill. (Poaceae) à la flore du Canada	213-215
DEMPSON, J.B., L.J. LEDREW & G. FUREY	Occurrence of American shad, <i>Alosa sapidissima</i> , in northern Labrador waters	217-221
CARON, F.	Migration vers l'Atlantique des post-saumoneaux (<i>Salmo salar</i>) du golfe du Saint-Laurent	223-227
REVUE DES LIVRES	.....	229-238

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 110
NUMÉRO 3
1983



UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

décembre 1983

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 — Quatrième trimestre 1983. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

**ENCORE QUELQUES STACTOBIA MCLACHLAN
(TRICHOPTERA, HYDROPTILIDAE)**

F. SCHMID

*Institut de la recherche biosystématique
Agriculture Canada, Ottawa, Ontario K1A 0C6*

Résumé

Quarante-deux espèces de *Stactobia* sont ici signalées des montagnes du nord de l'Inde, dont trente-sept sont nouvelles. Les quatre-vingt-deux espèces maintenant connues sont classées en six groupes, dont deux sont nouveaux, et la liste en est donnée.

Abstract

Forty-two species of *Stactobia* are recorded from the mountains of North India, thirty-seven of which are new. The eighty-two known species are listed and classified in six species-groups.

Introduction

Stactobia McLachlan fut longtemps considéré comme un petit genre de Trichoptères habitant principalement les montagnes de l'Europe centrale et méridionale et ayant des larves hydropétricoles. Nos connaissances ont depuis fortement progressé. En 1959, j'ai doublé le nombre des espèces alors connues en portant le nombre à trente-quatre. Depuis cette date, douze espèces ont été décrites par divers auteurs, principalement du Moyen-Orient. Or, aujourd'hui je suis à nouveau en mesure de doubler approximativement les effectifs du genre en signalant quarante-deux espèces des montagnes du nord de l'Inde, dont trente-sept sont nouvelles. Le total des espèces connues s'élève maintenant à quatre-vingt-deux. Ceci est un exemple supplémentaire de l'extraordinaire richesse de la faune des Trichoptères de la région orientale.

Sauf indications contraires, le matériel étudié ci-après a été capturé par moi-même. Pour chaque espèce, seuls l'holotype, et s'il y a lieu l'allotype, sont désignés, mais il est sous-entendu que tous les spécimens que j'ai étudiés sont étiquetés comme paratypes, sauf quelques exceptions: lorsque plusieurs espèces ont été capturées au même endroit, je n'ai désigné que des paratypes

que les spécimens dont les abdomens ont été montés en préparations. Tous les spécimens sont déposés dans la Collection Nationale Canadienne des Insectes.

Notes taxonomiques

Ce travail est basé sur ma révision de 1959 et la complète. Je l'ai donc supposée connue du lecteur. Tous les spécimens étudiés sont conservés à sec. Pour toutes les espèces dont j'ai disposé de plus d'un exemplaire, un de ceux-ci a été entièrement traité au KOH, afin de permettre l'étude des proportions des articles des antennes, des palpes et des pattes, de même que des variations de la largeur des ailes et de la nervulation. Or, le genre *Stactobia* se révèle très homogène par les caractères non génitaux. Les antennes sont toujours de dix-huit articles; les proportions de ces derniers varient d'une fois à quatre fois plus longs qu'épais et ce sont les 5^e, 6^e et 7^e qui sont les plus longs. Le tibia antérieur est à peine plus long que la moitié du fémur et le nombre des éperons est de 1, 2, 4, sauf dans de très rares cas, signalés ci-après, où je n'ai pas pu voir l'éperon antérieur. Les ailes varient passablement en étroitesse, mais la nervulation m'a paru assez constante, même chez les espèces — celles du groupe de

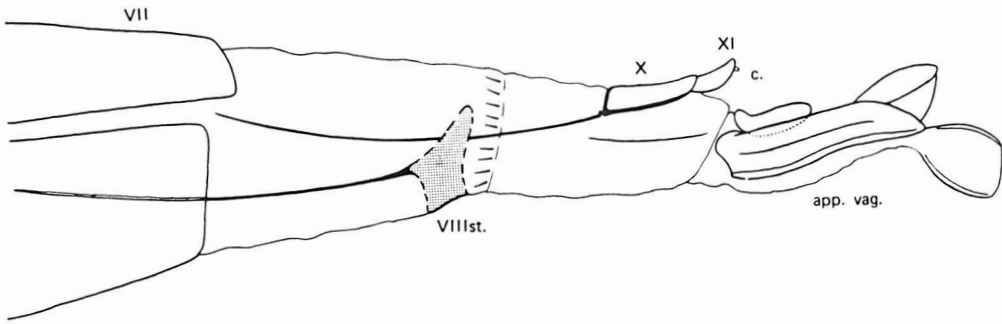


Figure 1. *Stactobia tuor*, génitalia, vus de profil, d'une ♀ trouvée en copulation, avec l'appareil vaginal naturellement évaginé.

huor — qui s'éloignent le plus du groupe typique. Les seules variations de la nervulation portent sur les niveaux relatifs des bifurcations. Aux ailes antérieures, les bifurcations du SR et de M sont plus ou moins tardives et situées à des niveaux plus ou moins différents. Les FI, II et III sont toujours présentes, mais plus ou moins étroites et de longueur variable. Aux ailes postérieures, R2 + 3 varie en longueur et les FII et III sont de longueur variable, mais toujours présentes. Chez les espèces dont les ailes sont très étroites, R4 et M2 sont extrêmement courtes, mais néanmoins présentes. Je ne signale pas ces variations dans les descriptions spécifiques; elles seraient trop répétitives et de trop peu d'intérêt. À part une brève indication liminaire de la coloration générale du corps et de la largeur relative des ailes, je ne cite que les caractères génitaliaiens.

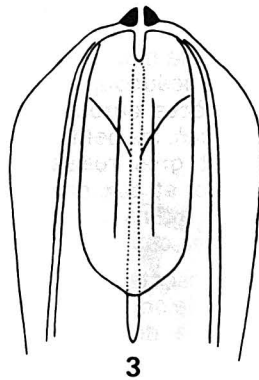
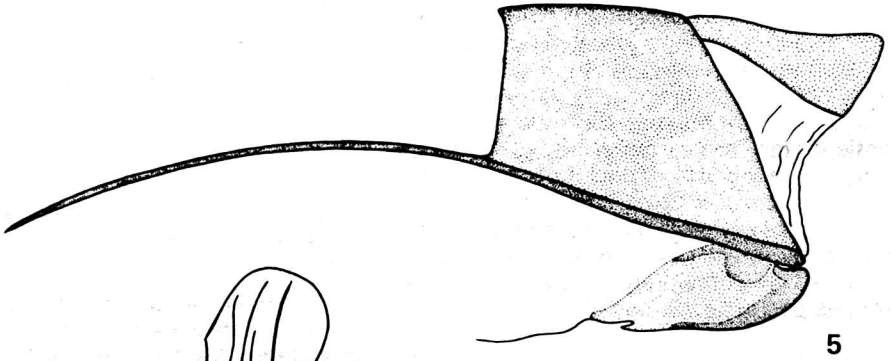
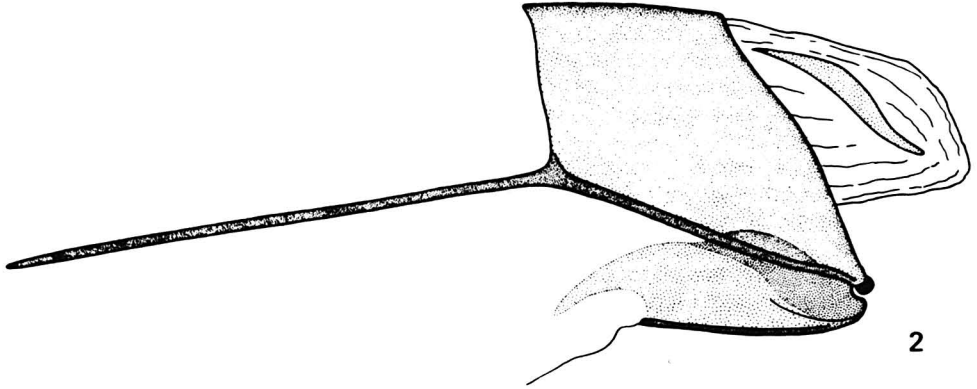
Génitalia ♂. J'ai conservé dans ce travail la terminologie adoptée dans ma contribution de 1959 (fig. 15), sauf que j'ai substitué le terme, plus correct, d'édéage à celui de «pénis». Le terme d'appendices supérieurs est certainement inadéquat, mais je l'ai conservé, faute de mieux. La morphologie des génitalia des Hydroptilides comporte plusieurs mystères. Ce terme est purement «de position», sans qu'il y ait d'homologie avec les appendices supérieurs des Linnéphilides. Je les ai désignés au pluriel lorsqu'ils sont pairs, et au singulier lorsqu'ils sont fusionnés l'un à l'autre.

Génitalia ♀. Je n'ai étudié les génitalia de la femelle que chez trois espèces, que j'ai choisies aussi différentes que possible par les caractères du mâle, *dwalin*, *tuor* et *beren*. Je

les ai trouvés presque identiques. Je donne ici une figure et une description de la femelle de *tuor* afin d'en étudier les caractères au niveau générique (fig. 1).

Chez les Annulipalpes, l'abdomen de la ♀ compte primitivement 11 segments, mais l'un d'eux, le IX^e, est le plus souvent perdu ou devenu virtuel par spécialisation, ce qui constitue un raccourcissement de l'abdomen. Chez de nombreux genres hydroptilides, le dernier segment non modifié n'est pas le VIII^e, mais le VII^e. Le IX^e segment est perdu et le VIII^e ne fait plus partie de l'abdomen (*s. str.*) étant soit perdu, soit fortement réduit et intégré à l'ovipositeur. Ceci constitue un raccourcissement supplémentaire de l'abdomen (Schmid, 1980), un peu comme chez *Gunungiella* chez les Philopotamides. Il est aussi à remarquer que chez beaucoup de genres de la famille (*Stactobia*, *Oxyethira*, etc.), ce raccourcissement de l'abdomen par «perte» d'un segment se produit également chez le mâle. Le IX^e segment n'a pas pu disparaître car il porte le X^e segment et son armature d'appendices, mais il est irréversiblement invaginé dans le VIII^e segment. Il n'est donc pas perdu en tant que pièce, mais il l'est comme unité de la segmentation abdominale.

Chez *Stactobia*, le dernier segment non modifié est donc le VII^e. Le VIII^e est encore visible, mais fait partie de l'ovipositeur et n'est plus représenté que par son sternite, faiblement sclérotisé, en demi-anneau ouvert vers le haut, portant la première paire d'apodèmes et suivi d'une rangée de soies en position latérale. Les X^e et XI^e segments ne présentent pas de caractères particuliers et sont extrêmement constants dans toute la



super-famille des Rhyacophiloidea. Le spécimen représenté ici (fig. 1) a été capturé en copulation. Lors de la séparation des deux insectes, préalablement traités au KOH, l'appareil vaginal est entièrement sorti de l'abdomen. Chez tous les Hydroptilides peut-être, mais chez *Stactobia* en tous cas, le vestibule vaginal est long, à parois membraneuses, très minces et souples et l'appareil vaginal s'évagine entièrement hors de l'abdomen à l'accouplement, comme il le fait chez les Rhyacophilides et les Glossosomatides. Ceci est un caractère supplémentaire montrant l'unité des Rhyacophiloidea et une particularité unique dans l'ordre des Trichoptères.

De nombreuses formes décrites ici comme nouvelles se classent dans deux nouveaux groupes d'espèces établis ici. Celui de *huor*, dans lequel prennent place *quadrispina* et dix espèces nouvelles, est le plus inattendu par la complexité, la gracilité, la variété et la luxuriance des génitalia. Celui de *throli*, qui contient cinq formes nouvelles, se distingue au contraire, par ses génitalia très simples et très voisins les uns des autres. Enfin, *morettii* et dix autres espèces nouvelles ne montrent de parenté, ni entre elles, ni avec les groupes d'espèces et constituent la catégorie hors-groupes des espèces isolées.

Notes écologiques et zoogéographiques

Dans les montagnes du nord de l'Inde, les gîtes madicoles sont fort abondants, mais presque toujours situés en bordure des cours d'eau. Ceci fait qu'on ne peut pas être certain, à moins de rechercher leurs larves, si les insectes capturés sont éclos du cours d'eau lui-même ou des parois de rochers ruisselants qui les bordent. Néanmoins, j'ai fréquemment capturé de nombreux spécimens près de cours d'eau non bordés de gîtes madicoles. Cela montre que les *Stactobia* orientaux sont beaucoup moins liés à ces gîtes que les espèces européennes. Ils fréquentent les sources, les petits ruisselets, les petits, moyens et gros ruisseaux plus ou moins marécageux et aux eaux en général fraîches et plus ou moins agitées, mais occasionnellement assez chaudes et turbides.

La plupart des insectes hydropétricoles ne viennent pas voler le soir autour des lampes. Or, j'ai récolté une douzaine d'espèces à

la lumière, quoique probablement aucune d'entre elles exclusivement.

Un des aspects de la richesse de la faune des Trichoptères orientaux est le nombre des espèces cohabitant dans le même biotope. À Loharket (Kumaon), j'ai découvert non moins de huit espèces, *hurin*, *teldi*, *noldi*, *gloin*, *beor*, *morettii*, *schmidi* et *loki* lors d'une seule récolte à la lumière, le long d'un court segment d'un ruisseau moyen aux eaux peu abondantes, très agitées et sans gîtes madicoles.

L'aire géographique du genre *Stactobia* ne se trouve pas élargie par la présente étude, car toutes les espèces ont été capturées à l'intérieur de l'aréal connu du genre. Néanmoins, la présence d'espèces en Assam et en Birmanie septentrionale indique que le genre est certainement réparti dans l'ouest et de centre de la Chine. À considérer l'abondance des espèces en Assam, le nombre des espèces chinoises doit être immense. La présence d'une espèce à Ceylan (Sri Lanka) m'avait fait espérer découvrir de nouvelles formes dans les Ghâts occidentales. Mais, en trois mois de récoltes dans ces montagnes, je n'en ai découvert aucune.

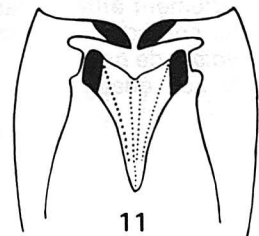
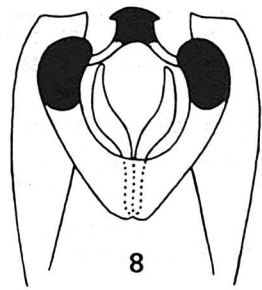
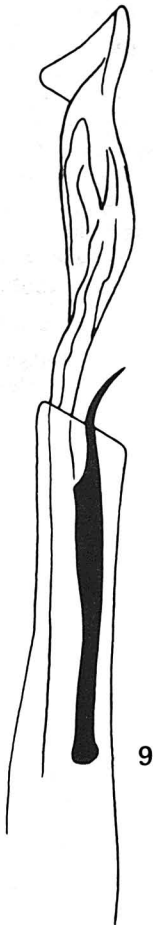
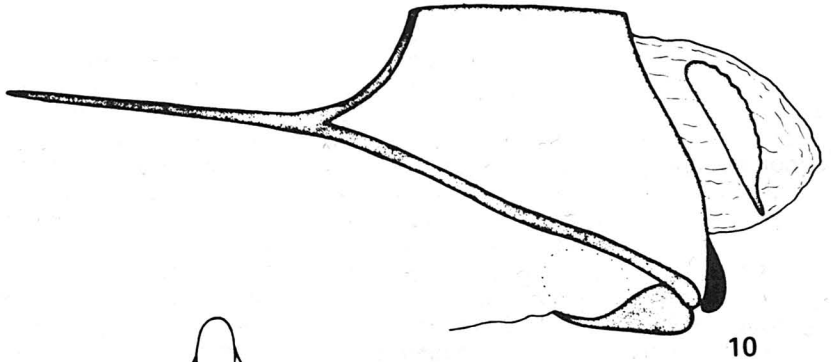
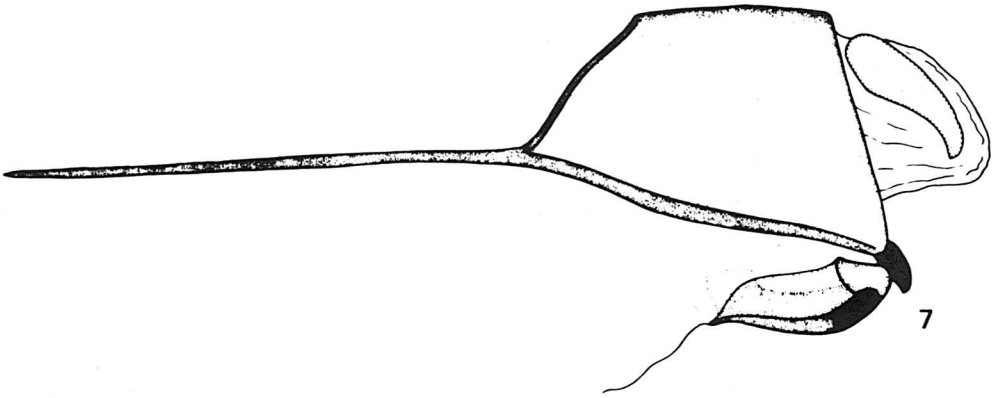
Elucidatio nominum. Les nouvelles espèces sont dotées de noms empruntés à la tribu des Nains, les Naugrim, le Petit Peuple ou Gonnhirrim, le Peuple de la pierre, tels qu'ils apparaissent dans la geste tolkienienne du «Seigneur des Anneaux», ou sont des broderies effectuées sur le même thème.

Groupe de *martynovi*

Les neuf espèces nouvelles décrites ici s'intègrent parfaitement dans ce groupe, qui se révèle homogène. Je puis simplement ajouter que les appendices supérieurs et inférieurs sont en général pairs, mais que tous deux peuvent fusionner l'un à l'autre en une pièce médiane impaire.

L'espèce népalaise de Kimmins élargit considérablement les cadres de ce groupe dans une direction d'évolution précise: le mouvement de rotation sur lui-même du IX^e segment. Dans la série des espèces *fischeri*, *döhleri ulmeriana*, *schmidi*, l'angle ventral apical du segment émigre progressivement en position basale inférieure, suivi par les

Figures 7-12. 7-9, *Stactobia balin*: 7, génitalia ♂, vus de profil; 8, appendices, vus de dessous; 9, édéage. 10-12, *Stactobia dwalin*: 10, génitalia ♂, vus de profil; 11, appendices, vus de dessous; 12, édéage.



appendices inférieurs, alors que la partie dorsale du segment se développe apicalement pour reconstituer la taille et la forme primitives du segment et même pour allonger considérablement ce dernier.

STACTOBIA DWALUR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes pas très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 2-4): VIII^e segment bien développé, avec le sternite environ deux fois plus long que haut et avec un court prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du tiers basal du VIII^e. IX^e segment apparaissant robuste, vu de profil, en trapèze irrégulier, un peu plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures atteignant une fois et un tiers sa propre longueur; sa partie apicale inférieure est étirée en un angle long, très aigu, arrondi à son extrémité et sans proéminence. Appendices supérieurs apparaissant comme de minuscules boutons en vue latérale et inférieure et assez proches l'un de l'autre. Appendices inférieurs très grands et apparaissant en longs ovales réguliers, aussi longs que le IX^e segment, en vue latérale; vus de dessous, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre sur presque toute leur longueur et forment un ovale trois fois plus long que large et obtus à ses deux extrémités. X^e segment simple et avec ses sclérites latéraux grêles et un peu sinueux. Édéage grand, relativement grêle, inerme et terminé par deux lobes membraneux et plissés, de taille très inégale.

Longueur de l'aile antérieure: 3,75 mm.

Holotype ♂: Inde, Bengale occidentale, Dilpa 20-III-1959 (CNC 17681).

Cette espèce ne m'est connue que par l'holotype et une série de ♀♀ capturées au même endroit: joli ruisseau forestier très agité et roulant des eaux très froides sur un lit raide et très algueux, vers 1 900 m d'altitude.

S. dwalur est caractéristique par son IX^e segment fortement étiré de façon assez élégante et par son édéage assez grêle et inerme. Il est voisin de *balur* dont il se distingue surtout par son édéage plus grêle et sans épines.

STACTOBIA BALLUR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ pas en très bon état chez le seul spécimen connu (fig. 5-6). En particulier, je ne suis pas arrivé à les figurer en vue ventrale, leur structure apparaissant peu claire. VIII^e segment bien développé, avec le sternite environ deux fois plus long que haut et avec un court prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du tiers apical du VIII^e. IX^e segment apparaissant assez robuste, en vue latérale, en trapèze irrégulier, un peu plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures très fines et une fois et demie plus longues que le segment lui-même; sa partie apicale inférieure est étirée en un angle aigu et sans proéminence. Appendices supérieurs absents ou invisibles chez le seul spécimen connu. Appendices inférieurs apparaissant en demi-ovales simples et réguliers, vus de profil, et atteignant les deux tiers de la longueur du IX^e segment. X^e segment haut et court, avec ses sclérites latéraux assez anguleux et occupant toute la moitié supérieure du segment. Édéage de taille assez considérable, simple, élancé, peu plissé et grêle à son extrémité; il contient une seule épine de grande taille, en position longitudinale et un peu renflée avant son extrémité qui est recourbée. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2,5 mm.

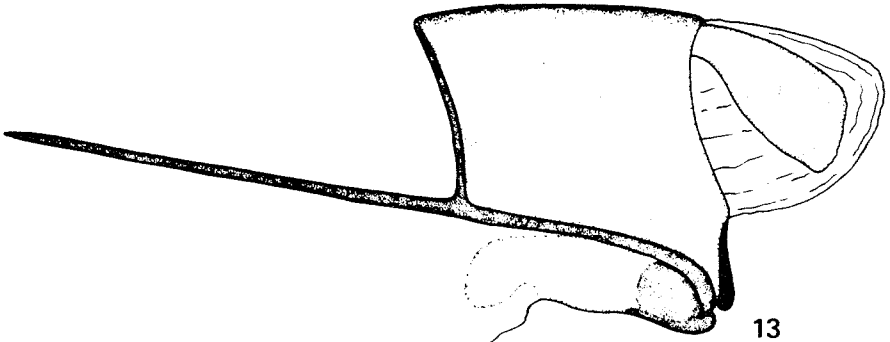
Holotype ♂: Inde, Assam, United Jaintia and Khasi Hills, Borghat 21-22-XII-1959 (CNC 17682).

Cette espèce ne m'est connue que par l'holotype capturé près d'une moyenne rivière au lit très incliné, faisant de nombreuses chutes et bordée de gîtes madicoles, vers 80 m d'altitude.

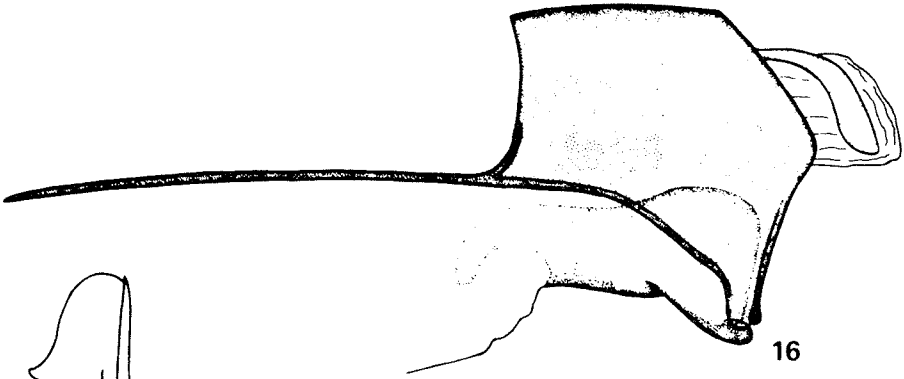
S. balur est voisine de *dwalur* par la forme du IX^e segment, mais s'en distingue par ses ailes plus étroites et la présence d'une grande épine phallique.

STACTOBIA BALIN sp. nov.

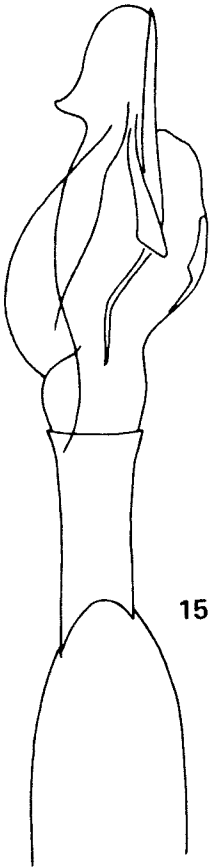
Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes très étroites et effilées.



13



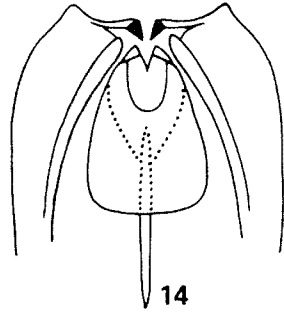
16



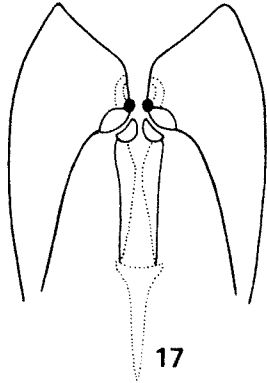
15



18



14



17

Génitalia ♂ (fig. 7-9): VIII^e segment bien développé, avec le sternite de moitié plus long que haut et avec un faible prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite dépassant un peu le niveau du milieu du VIII^e. IX^e segment apparaissant très robuste, vu de profil, irrégulièrement trapézoïdal, un peu plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures atteignant une fois et demi sa propre longueur; sa partie apicale inférieure est peu étirée vers le bas et l'arrière en un angle non aigu; son renforcement latéral est bien développé, mais ne forme pas de proéminence apicale. Appendices supérieurs apparaissant en petits boutons ovales et proéminents, vus de profil, et sans longue ligne de contact avec le IX^e segment; vus de dessous, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre en une figure en forme de T avec le montant très épais et les angles latéraux apicaux très petits. Appendices inférieurs apparaissant comme des ovales irréguliers et complexes, en vue latérale, et atteignant la moitié de la longueur du IX^e segment; vus de dessous, ils se montrent fusionnés à leur base et divergents en un V aux branches épaisses et un peu arquées vers l'intérieur; leur tiers apical est fortement sclérotisé; l'espace compris entre les appendices est occupé par deux minces bandes sclérotisées également disposées en V. X^e segment de taille moyenne et avec ses sclérites latéraux en longs ovales recourbés vers le bas. Édéage de grande taille, avec son sommet aplati et pourvu d'une grande épine grêle et recourbée à son extrémité.

Longueur de l'aile antérieure: 2,5 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Bengale occidentale, Shepi 23-III-1959. (CNC 17684).

Cette espèce m'est connue de plusieurs localités du Bengale occidental et du Sikkim où je l'ai trouvée en mars, avril et octobre, entre 1 500 et 2 000 d'altitude dans des biotopes assez variés: rochers ruisselants au pied de hautes chutes et ruisseaux de tailles diverses et plus ou moins agités.

S. balin est surtout voisin de *dwalin* par l'ensemble des caractères génitaux, mais s'en distingue aisément par ses appendices supérieurs proéminents et fusionnés l'un à l'autre et par l'épine phallique plus grande. En vue ventrale, la sclérotisation des appen-

dices supérieurs et inférieurs forme trois points foncés caractéristiques.

STACTOBIA DWALIN sp. nov.

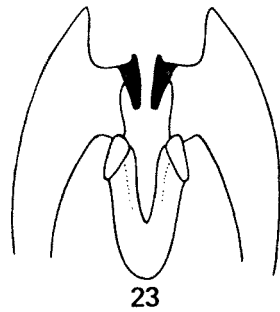
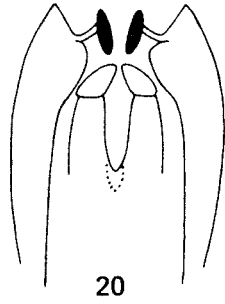
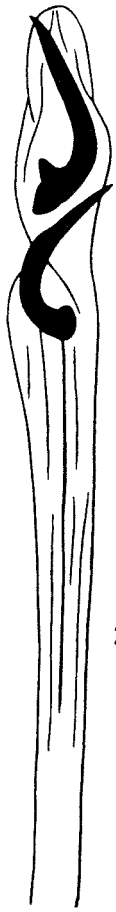
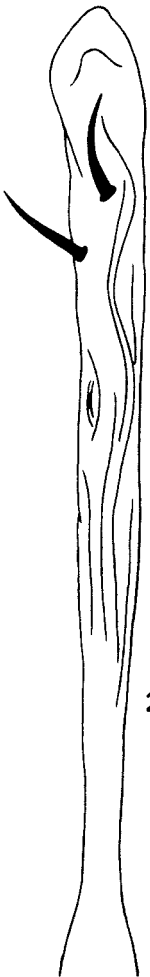
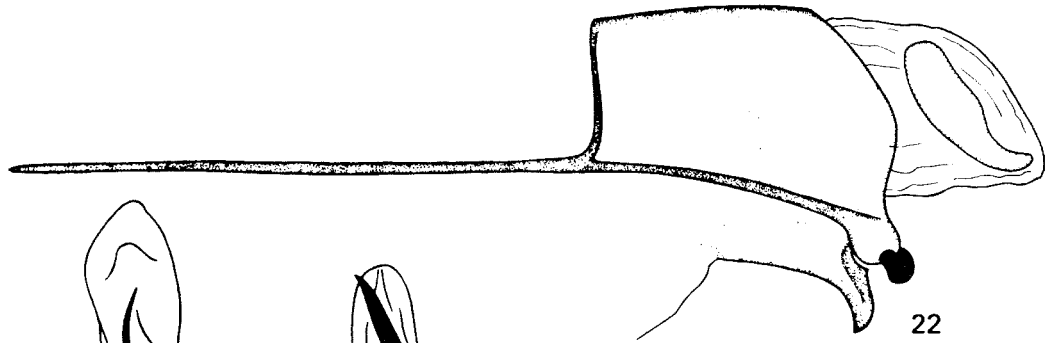
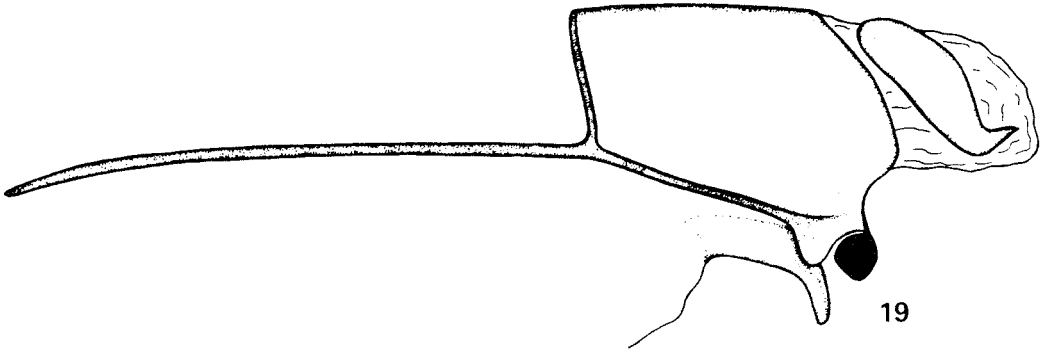
Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes très étroites, surtout les postérieures, qui sont fort effilées.

Génitalia ♂ (fig. 10-12): VIII^e segment bien développé, avec le sternite environ deux fois plus long que haut et avec un prolongement ventral antérieur atteignant le tiers de sa propre longueur. Appendice ventral du VII^e sternite dépassant vers l'arrière le niveau du milieu du VIII^e. IX^e segment apparaissant robuste, vu de profil, irrégulièrement trapézoïdal, un peu plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures un peu plus courtes que lui-même; sa partie latérale apicale est nettement étirée obliquement et forme un angle pas très aigu; son renforcement inférieur est très fort et forme une légère proéminence à son extrémité. Appendices supérieurs apparaissant en longs demi-ovales, vus de profil, et avec une longue ligne de contact avec le IX^e segment; vus de dessous, ils se montrent comme deux ovales obliques, distincts l'un de l'autre et convergents. Appendices inférieurs pas très grands, atteignant moins de la moitié de la longueur du IX^e segment; vus de profil, ils apparaissent hauts à leur extrémité et s'amincissent progressivement jusqu'à leur base; vus de dessous, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre sur presque toute leur longueur, divergents à leur extrémité et étirés antérieurement en une plaque étroite. X^e segment de taille moyenne et avec ses sclérites latéraux en longs ovales un peu denticulés à leur bord apical. Édéage grand, élargi avant son extrémité et avec une épine médiane forte et un peu sinueuse.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Pauri Garhwal, Hanuman Chatti 30-VI-1958. (CNC 17683).

Cette espèce ne m'est connue que d'un seul biotope, petits ruisseaux coulant dans l'herbe et sur des rochers lisses vers 1 800 m d'altitude. Elle y était abondante le 17 juin mais nettement plus rare le 30 du même mois.



24

21

20

23

19

22

S. dwalin est très voisin de *balin* et à un moindre degré de *tjederi*, par l'ensemble des génitalia, mais s'en distingue par ses appendices supérieurs distincts l'un de l'autre et par l'épine phallique moins longue.

STACTOBIA GIMLI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 13-15): VIII^e segment bien développé, avec le sternite un peu moins de deux fois plus long que haut et avec un long prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du milieu du VIII^e. IX^e segment apparaissant très robuste, vu de profil, irrégulièrement quadrangulaire, à peu près aussi long que haut et avec ses apodèmes antérieures atteignant presque le double de sa propre longueur; sa partie apicale inférieure est étirée vers le bas et son renforcement latéral très fort et recourbé vers le bas à son extrémité. Appendices supérieurs apparaissant non proéminents, vus de profil et comme de simple épaississements chitineux du IX^e segment; en vue ventrale, ils se montrent comme de minuscules triangles, distincts l'un de l'autre. Appendices inférieurs apparaissant aussi longs que le IX^e segment en vue latérale; en vue ventrale, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre sur les deux tiers de leur longueur et forment un ovale irrégulier. X^e segment avec ses sclérites latéraux en ovales irréguliers. Édéage pas très long, mais très volumineux à son extrémité; il ne contient pas d'épines, mais des épaississements très complexes, imbriqués les uns dans les autres et non descriptibles.

Longueur de l'aile antérieure: 3,5-4,5 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Pauri Garhwal, Akhrotkoti 17-18-V-1958 (CNC 17685).

Cette espèce ne m'est connue que d'une seule localité, où elle était assez commune près d'un beau et très gros ruisseau forestier, aux eaux rapides et peu agitées, à 1 750 m d'altitude.

S. gimli est une des espèces les plus grandes du genre. Il est surtout caractéristique par la partie latérale inférieure du IX^e segment un peu étirée et par l'apex de l'édéage très volumineux, complexe, mais inerme.

STACTOBIA GWILI sp. nov.

Espèce entièrement noire avec le vertex blanc. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 16-18): VIII^e segment bien développé, avec le sternite trois fois plus long que haut et avec un prolongement ventral antérieur relativement long. Appendice ventral du VII^e sternite dépassant un peu le niveau du milieu du VIII^e. IX^e segment apparaissant robuste, vu de profil, irrégulièrement pentagonal, à peu près aussi long que haut et avec ses apodèmes antérieures atteignant 1,75 fois sa propre longueur; son angle apical inférieur est fortement étiré vers le bas, mais non vers l'arrière et forme un angle très aigu. Appendices supérieurs en très petits boutons, distincts l'un de l'autre et ayant une longue ligne de contact avec le IX^e segment. Appendices inférieurs plus longs que le IX^e segment et apparaissant fortement bombés à l'intérieur du IX^e segment, en vue latérale; en vue ventrale, ils se montrent entièrement fusionnés l'un à l'autre en une plaque étroite et terminés par deux demi-ovales convergents. X^e segment petit et avec ses sclérites latéraux grêles et arqués vers le bas. Édéage grêle, terminé en trois branches de taille et de forme inégales et sans épines.

Longueur de l'aile antérieure: 2,75 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Nyukmadong 22-IV-1961 (CNC 17686).

Cette espèce m'est connue de plusieurs petites rivières au cours très agité, où je l'ai capturée à la fin du mois d'avril, entre 2 100 et 2 200 m d'altitude.

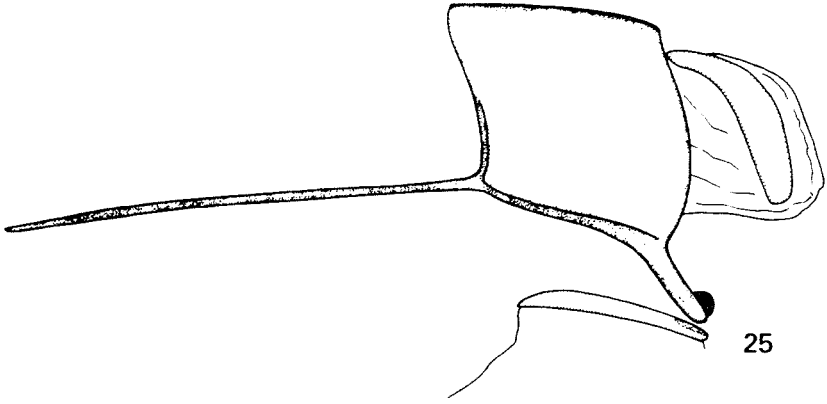
S. gwili est isolé dans son groupe par la forme du IX^e segment et le fort étirement vers le bas de son angle apical inférieur.

STACTOBIA THORIN sp. nov.

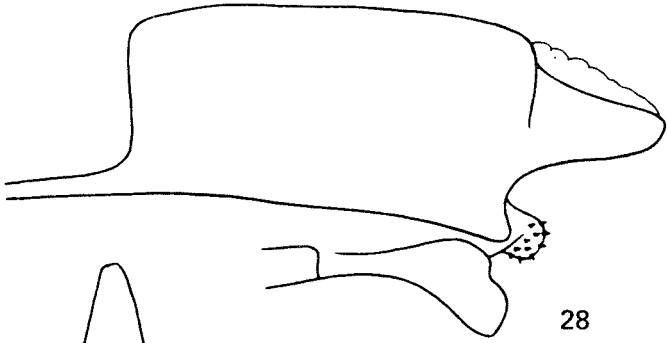
Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 19-21): VIII^e segment bien développé, avec le sternite deux fois plus long que haut et avec un long prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du milieu du VIII^e. IX^e segment apparaissant robuste,

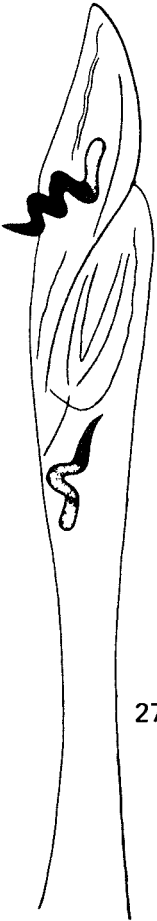
Figures 25-30. 25-27, *Stactobia durin*: 25, génitalia ♂, vus de profil; 26, appendices, vus de dessous; 27, édéage. 28-30, *Stactobia olgae*: 28, génitalia ♂, vus de profil; 29, appendices, vus de dessous; 30, édéage (dessins de Malicky).



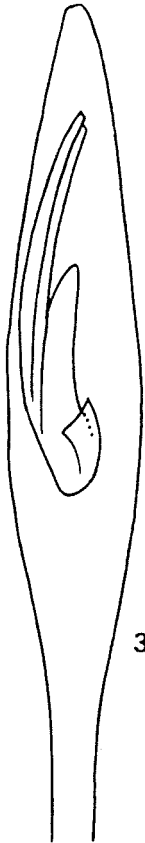
25



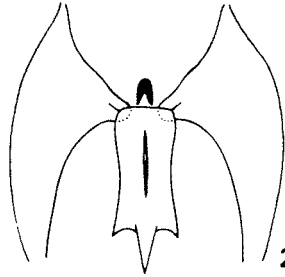
28



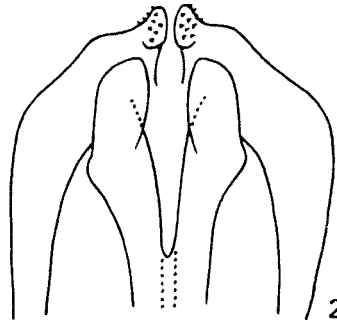
27



30



26



29

vu de profil et irrégulièrement pentagonal, car son bord latéral apical forme un angle obtus mais net; il est à peine plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures deux fois plus longues que lui-même; son angle apical inférieur est développé en une ailette large, mais peu proéminente et avec son bord apical concave. Appendices supérieurs apparaissant grands et circulaires, vus de profil et avec une mince ligne de contact avec le IX^e segment; vus de dessous, ils se montrent distincts l'un de l'autre et en étroites ovales légèrement convergents vers l'avant. Appendices inférieurs apparaissant en bande régulière, vus de profil, atteignant la moitié de la longueur du IX^e segment et avec leur angle ventral apical étiré en un prolongement digitiforme; vus ventralement, ils montrent une structure peu claire et sont évanescentes antérieurement. X^e segment bien proéminent et avec ses sclérites latéraux grands et larges. Édéage long et grêle, de largeur irrégulière, portant de nombreux plis et pourvu de deux épines de grande taille, épaisses, fortement recourbées et se doublant l'une l'autre.

Longueur de l'aile antérieure: 3 mm.

Holotype ♂: Inde, Pauri Garhwal, Jungal Chatti 11-V-1958 (CNC 17687).

Cette espèce ne m'est connue que par le spécimen typique, capturé près d'un gros ruisseau très agité, au lit algueux et moussu et roulant peu d'eau sur un large lit très raide, de gros blocs rocheux, vers 1 500 m d'altitude.

S. thorin est très voisin de *thrain* dont il se reconnaît à l'angle ventral apical du IX^e segment beaucoup plus large, à ses appendices inférieurs plus grêles et aux deux épines phalliques beaucoup plus grandes, plus fortes et plus arquées.

STACTOBIA THRAIN sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement effilées.

Génitalia ♂ (fig. 22-24): VIII^e segment bien développé, avec le sternite un peu moins de deux fois plus long que haut et avec un prolongement ventral antérieur assez long. Appendice ventral du VII^e sternite dépassant le niveau du milieu du VIII^e. IX^e segment apparaissant robuste, vu de profil et de forme pentagonale, car son bord latéral apical

forme un angle très obtus, mais net; il est nettement plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures deux fois plus longues que lui-même; son angle apical inférieur est développé en une ailette très proéminente, de forme circulaire et avec une petite échancrure apicale, également circulaire. Appendices supérieurs apparaissant aussi circulaires, vus de profil, disposés derrière l'angle apical inférieur du IX^e segment et sans ligne de contact avec ce dernier; vus de dessous, ils se montrent distincts l'un de l'autre et en forme de deux triangles élancés et parallèles. Appendices inférieurs apparaissant petits, vus de profil, nettement plus courts que le IX^e segment, en forme de bandes, dont l'angle apical inférieur est étiré en un demi-ovale recourbé vers l'avant; vus de dessous, ils se montrent fusionnés à leur base seulement et forment deux bandes légèrement divergentes. X^e segment grand et avec ses sclérites latéraux en grêles ovales irréguliers. Édéage long et grêle, de largeur régulière sur presque toute sa longueur, portant de nombreux plis et pourvu de deux épines de taille moyenne, grêles, légèrement recourbées et en position subapicale.

Longueur de l'aile antérieure: 3,25 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Sikkim, Karpoung 23-VIII-1959 (CNC 17688).

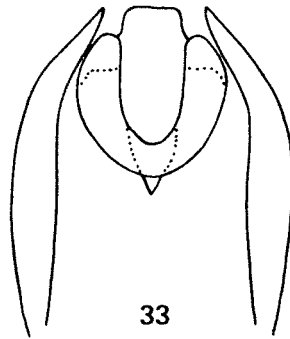
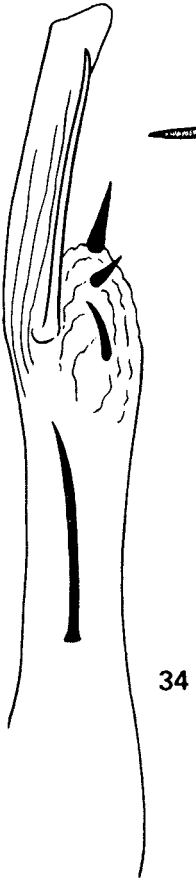
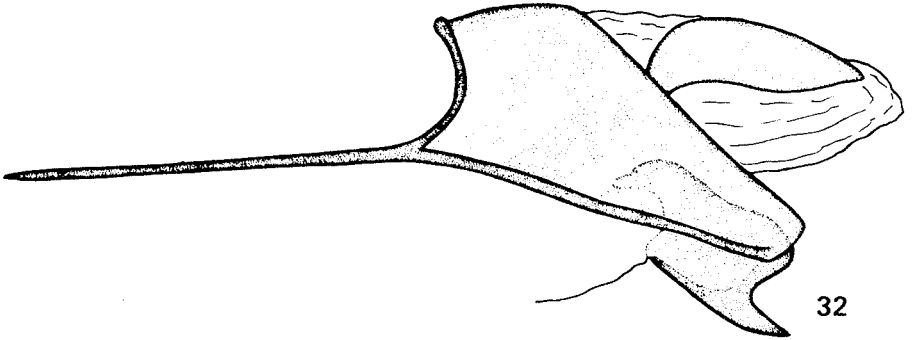
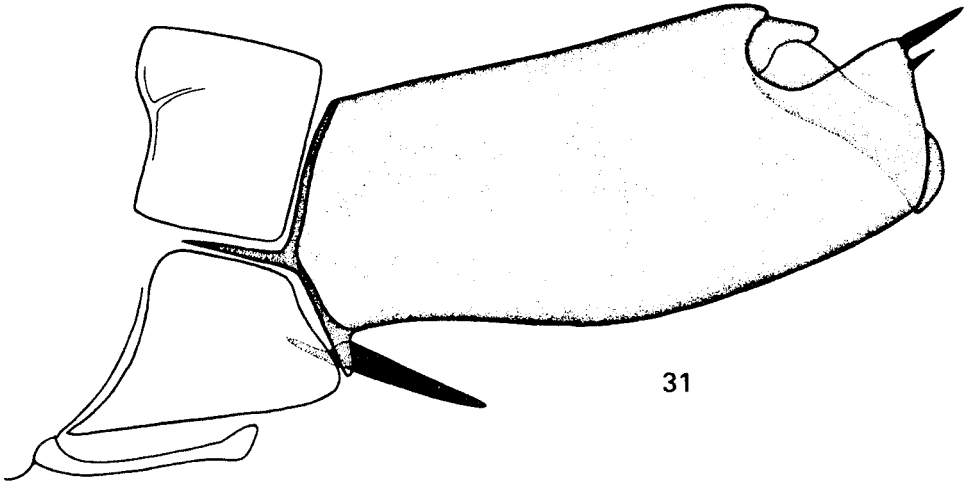
Cette espèce m'est connue de trois localités du Sikkim, où je l'ai capturée près de gros ruisseaux torrentueux, au lit rocheux, algueux et très raide, vers 3 000 m d'altitude, à la fin du mois d'août.

S. thrain est très voisin de *thorin* dont il se distingue par l'angle ventral apical du IX^e segment de forme circulaire et légèrement échancré, par ses appendices inférieurs plus épais et les deux épines phalliques plus petites, plus grêles et moins arquées.

STACTOBIA KLAPALEKI Schmid

J'ai examiné 3 mâles conservés en alcool, décrits par Mey (1981) sous le nom d'*olgae* et provenant de Fahnskije Gory (Tien-Shan) et les ai trouvés semblables à *klapaleki*. L'angle ventral apical du IX^e segment, les deux paires d'appendices, de même que l'édéage sont conformes aux figures originales. La seule différence se trouve dans

Figures 31-34. 31, *Stactobia schmidi*: génitalia ♂, vus de profil. 32-34, *Stactobia ori*: 32, génitalia ♂, vus de profil; 33, appendices, vus de dessous; 34, édéage.



les sclérites latéraux du X^e segment. Chez les spécimens pakistanais, leur partie basale longe les bords latéraux apicaux du IX^e segment. Chez les spécimens des Tien-Shan, cette partie paraît être absente ou très peu visible.

STACTOBIA OLGAE Martynov

Malicky (1981) a étudié le type de cette espèce et m'a fait part de ses dessins que je reproduis ici (fig. 28-30) en le remerciant. Le IX^e segment apparaît longuement rectangulaire, vu de profil. Les appendices supérieurs sont distincts l'un de l'autre et en forme de petits boutons denticulifères. Les appendices inférieurs sont également entièrement distincts, de position horizontale, de forme simple et plusieurs fois plus longs que hauts. Le X^e segment est partiellement sclérotisé et forme un guide à l'édéage. Ce dernier est de très grande taille, long, ovale et contient deux épines de longueurs inégales, arquées et fusionnées l'une à l'autre à leur base.

Les deux paires d'appendices, de même que la structure de l'édéage montrent que la place de cette espèce est dans le voisinage de *klapaleki*, quoique le X^e segment soit largement sclérotisé.

STACTOBIA TJEDERI Schmid

J'ai capturé un unique mâle de cette espèce au Pauri Garhwal, près de petits ruisseaux forestiers, vers 3 200 m d'altitude, à la mi-septembre. Ses génitalia correspondent parfaitement à ceux des spécimens pakistanais.

STACTOBIA DURIN sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex sombre. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 25-27) : VIII^e segment bien développé, avec le sternite à peine plus long que haut et avec un prolongement ventral antérieur obtusément triangulaire. Appendice ventral du VII^e sternite dépassant un peu le niveau du milieu de la longueur du VIII^e. IX^e segment apparaissant assez robuste, vu de profil, réduit en longueur, en forme de parallépipède, un peu plus court que haut et atteignant moins de la moitié de la longueur

de ses apodèmes antérieures; son renforcement latéral est bien développé et se prolonge à son extrémité en un lobe oblique, grêle, simple et quatre fois plus long que large. Appendices supérieurs très petits et apparaissant en un demi-ovale, vus de profil, situés juste avant l'apex du lobe de l'angle ventral apical du IX^e segment et sans ligne de contact avec ce dernier; vus de dessous, ils se montrent presque entièrement fusionnés l'un à l'autre. Appendices inférieurs apparaissant en longues bandes grêles et simples, vus de profil, presque aussi longs que le IX^e segment, situés bien au-dessous de ce dernier et avec leur extrémité coïncidant avec l'apex du lobe latéral apical du IX^e segment; vus de dessous, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre sur toute leur longueur pour former une plaque assez large et à extrémité régulièrement anguleuse. X^e segment grand et avec ses sclérites latéraux bien développés. Édéage grand, de forme simple, à extrémité ogivale, formant de nombreux plis et pourvu de deux épines curieusement enroulées sur elles-mêmes en tire-bouchon: une submédiane, assez courte, et une subapicale, deux fois plus longue que la première. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂: Inde, Bengale occidentale, Shepi 23-III-1959 (CNC 17689).

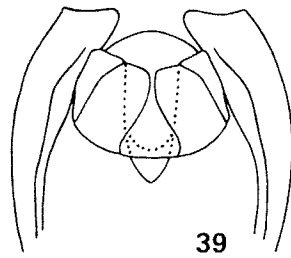
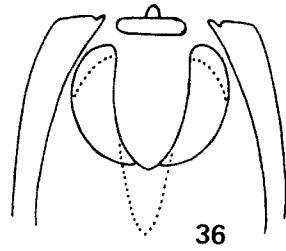
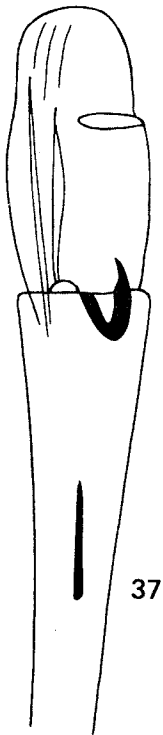
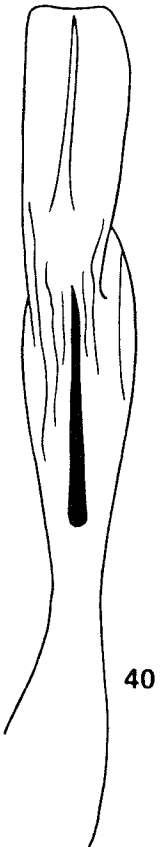
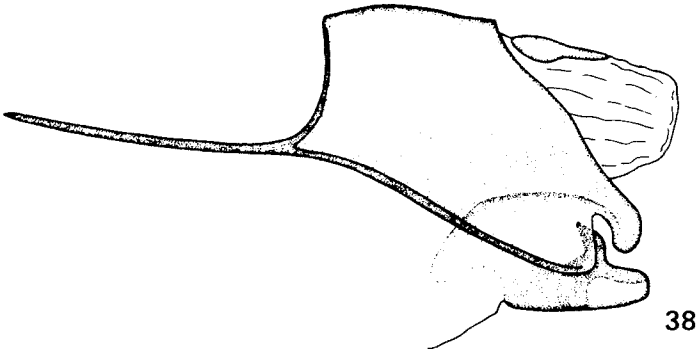
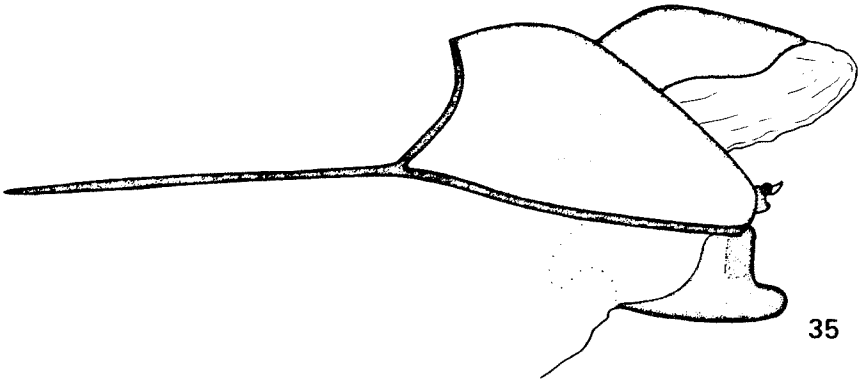
Cette espèce m'est connue de deux localités du Bengale occidentale, où je l'ai capturée près de gros ruisseaux très agités, au lit rocheux, algueux et moussu, entre 1 500 et 2 200 m d'altitude.

S. durin est isolé dans son groupe et très caractéristique par l'étirement des angles ventraux apicaux du IX^e segment, par la petite taille des appendices inférieurs, de même que par la forme des épines phalliques. Ces caractères ne sont pas sans élégance.

STACTOBIA SCHMIDI Kimmins

Je puis ajouter ce qui suit à la description originale. Espèce noire, avec le vertex blanc. Ailes étroites et effilées, surtout les postérieures, qui le sont extrêmement.

Génitalia ♂ (fig. 31) : VIII^e segment fortement raccourci, avec le sternite pas beaucoup plus long que haut et avec un fort pro-



longement antérieur; il est fendu ventralement sur toute sa longueur et porte une très dense pilosité disposée en rosette autour de l'appendice ventral du VII^e sternite. IX^e segment de développement considérable et très particulier. Les appendices supérieurs ont disparu et les inférieurs ont émigré à l'extrême base du segment, dont toute la partie apicale s'est considérablement allongée vers l'arrière pour former un cylindre environ deux fois plus long que haut. En conséquence, le segment n'est pas invaginable dans les précédents, a ses apodèmes antérieures réduites, ses faces latérales pileuses et il se trouve presque entièrement fermé ventralement, sauf pour une étroite fente médiane. Son extrémité est assez complexe et armée de deux fortes épines. X^e segment entièrement invaginé dans l'apex du précédent et assez complexe.

Cette extraordinaire espèce représente le point culminant des spécialisations du sous-groupe d'*ulmeriana*, par la migration des appendices inférieurs à l'extrême base du IX^e segment et le fort allongement secondaire de ce dernier.

S. schmidi m'est apparu assez commun dans les Pauri et Teri Garhwals, où je l'ai capturé du début d'avril à la fin de septembre, entre 1 100 et 2 200 m d'altitude, dans des biotopes assez variés: gîtes madicoles, petits et gros ruisseaux plus ou moins agités et moyennes rivières très agitées. Je l'ai capturé non seulement au filet, mais aussi à la lumière.

Groupe de *throli*

Ailes moyennement étroites et effilées. Hanches antérieures du ♂ non épaissies et échancrées.

Génitalia ♂: VIII^e segment bien développé, avec le sternite généralement plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur bien marqué. IX^e segment moyennement développé, n'atteignant de loin pas la face ventrale de l'abdomen et avec de très longues apodèmes antérieures; il est approximativement triangulaire, avec ses bords latéraux inférieurs subhorizontaux et ses bords latéraux apicaux fortement obliques vers l'arrière et le bas; les angles apicaux inférieurs sont simples, sans apo-

physe, aigus ou arrondis. Appendices supérieurs rarement visibles de profil; vus de dessous, ils semblent être fusionnés l'un à l'autre pour former une plaque transversale, très large, simple et peu proéminente. Appendices inférieurs grands, assez saillants, simples et généralement avec une forte échancrure en position apicale supérieure. X^e segment grand, membraneux et avec ses sclérites latéraux de taille très variable. Édéage gros, inerme ou en général avec une faible armature épineuse.

Le groupe de *throli* est homogène et composé d'espèces moins différentes entre elles que celles des autres groupes. Il est peu caractérisé, les espèces ayant des appendices de forme très simple.

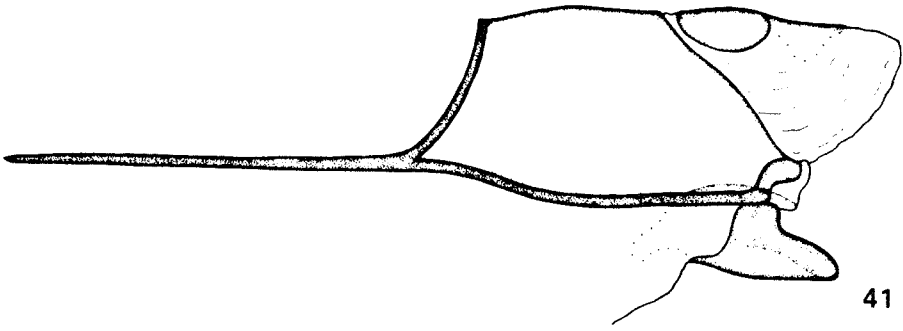
Ce petit groupe est localisé dans l'Himalaya central.

STACTOBIA ORI sp. nov.

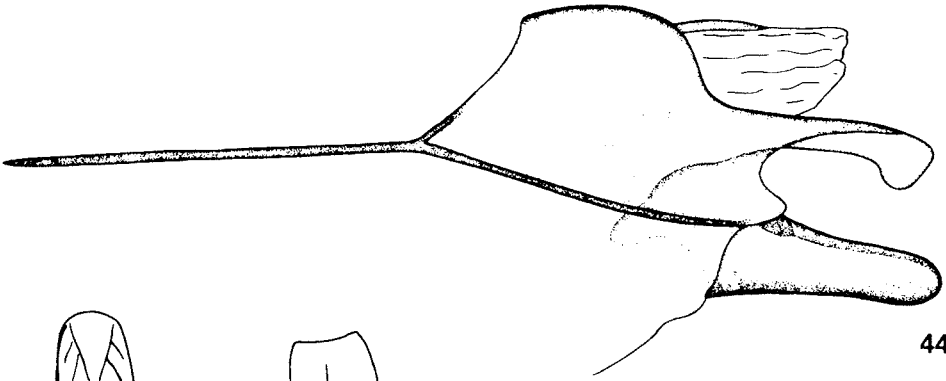
Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 32-34): VIII^e sternite un peu plus court que haut et avec un faible prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant presque le bord apical du VIII^e. IX^e segment en rectangle très irrégulier, un peu plus de deux fois plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures aussi longues que lui-même; ses bords latéraux et dorsaux apicaux sont très longs et l'angle apical inférieur fort et anguleux; épaississements latéraux bien marqués. Appendices supérieurs apparemment absents, mais, en vue ventrale, on peut observer une grande plaque rectangulaire, aux angles apicaux arrondis, qui pourrait être les appendices supérieurs fusionnés l'un à l'autre. Appendices inférieurs apparaissant assez grands et de forme simple, en vue latérale, quoique de forme difficilement descriptible; leur angle apical inférieur est développé en une forte pointe triangulaire et aiguë, alors que la partie supérieure forme une concavité à l'intérieur du IX^e segment. En vue ventrale, ils se montrent comme deux lobes simples, digitiformes, subparallèles et pourvus d'une très courte lame interne. X^e segment grand, de forme élancée et avec ses sclérites latéraux en grands ovales, à base grêle et à sommet aigu. Édéage très grand et

Figures 41-46. 41-43, *Stactobia teldi*: 41, génitalia ♂, vus de profil; 42, appendices, vus de profil; 43, édéage. 44-46, *Stactobia throli*: 44, génitalia ♂, vus de profil; 45, appendices, vus de dessous; 46, édéage.



41



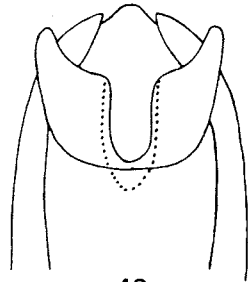
44



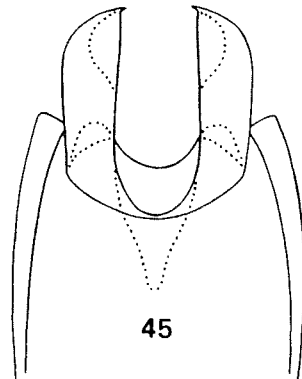
46



43



42



45

avec l'apex membraneux et érectile; sa partie apicale droite est fortement prolongée en un lobe droit et anguleux, peu sclérotisé et non érectile. Il y a quatre épines phalliques; une médiane très longue et grêle et trois autres très courtes et de taille subégale. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 1,75 mm.

Holotype ♂: Sikkim, Rhenok 5-IX-1959 (CNC 17690).

Cette espèce ne m'est connue que par deux spécimens capturés en septembre à deux localités du Sikkim: à la lumière près de la Rishi Chu, assez grande rivière au large lit rocheux et aux eaux agitées, légèrement turbides et assez rapides; au filet, près de petits ruisseaux agités, algueux et moussus, en jungle dense, entre 350 et 600 m d'altitude.

S. ori est voisin d'*oin* et s'en reconnaît à la forme aiguë des appendices inférieurs, de même qu'aux quatre épines de l'édéage.

STACTOBIA OIN sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 35-37): VIII^e sternite environ une fois et demie plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur atteignant le tiers de sa propre longueur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau des deux-tiers de la longueur du VIII^e. IX^e segment apparaissant de forme triangulaire, vu de profil et avec ses bords dorsal et latéraux apicaux confondus en une courbe convexe; il est deux fois plus long que haut, avec ses apodèmes antérieures atteignant sa propre longueur et avec ses angles apicaux inférieurs larges et arrondis; épaississements latéraux bien développés. Appendices supérieurs fusionnés l'un à l'autre et apparaissant, en vue latérale, comme une petite corne de forme complexe; *vus ventralement*, ils se montrent comme une petite pointe arrondie, insérée sur une base quatre fois plus large qu'elle-même. Appendices inférieurs assez grands et échancrés à angle droit à leur extrémité; leur angle apical inférieur est arrondi; en vue ventrale, ils se montrent comme deux lobes digitiformes, subparallèles, à extrémité arrondie et pourvus d'une lame médiane bien développée. X^e segment

grand et avec ses sclérites latéraux aussi grands que la moitié de son volume, avec leur base large et leur extrémité pointue. Edéage assez grand, graduellement épaissi vers l'apex, avec une faible discontinuité de forme au niveau de son tiers apical et très obtus à son extrémité; son armature consiste en une fine épine médiane interne rectiligne et une seconde épine, épaisse et recourbée, située à la limite de la discontinuité signalée plus haut. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂: Inde, Pauri Garhwal, Rudraprayag 28-IV-1958 (CNC 17691).

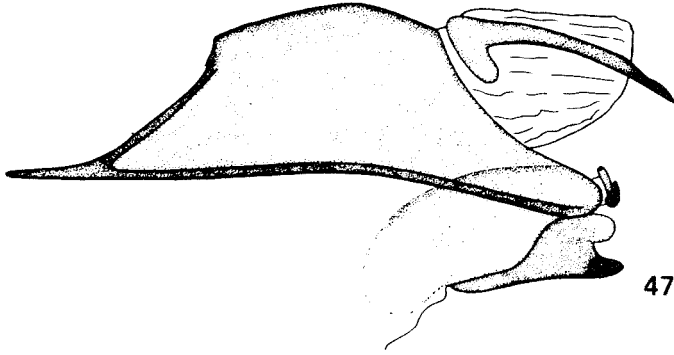
Cette espèce ne m'est connue que par deux spécimens capturés en avril et juin, à deux localités du Pauri Garhwal, près de gîtes madicoles bordant de petits cours d'eau, entre 600 et 1 200 m d'altitude.

S. oin est surtout voisin d'*ori* et s'en distingue par les appendices inférieurs non pointus et par l'armature de l'édéage composée de deux épines de forme très différente.

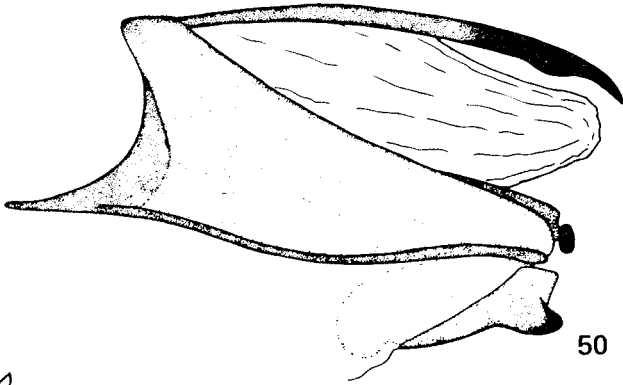
STACTOBIA NOLDI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

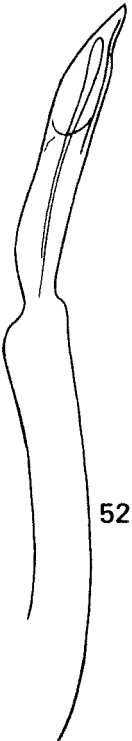
Génitalia ♂ (fig. 38-40): VIII^e segment bien développé, avec le sternite environ deux fois plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur atteignant le tiers de la propre longueur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du tiers apical du VIII^e. IX^e segment moyennement développé, moins de deux fois plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures un peu plus courtes que lui-même; son bord latéral est un peu oblique vers le bas et l'angle apical inférieur droit; son bord latéral apical forme, vers le bas de sa longueur, un curieux lobe, épais, fortement sclérotisé, recourbé vers le bas, arrondi à son extrémité et dominant les appendices inférieurs. Appendices supérieurs invisibles de profil; *vus ventralement*, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre en une plaque ogivale, très large, obtuse et à peine plus longue que les appendices inférieurs. Ces derniers sont de taille moyenne, assez allongés et terminés en un lobe simple, épais et arrondi; leur bord supérieur porte une échancrure à angle droit située



47



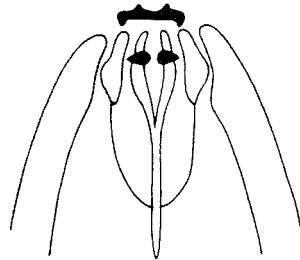
50



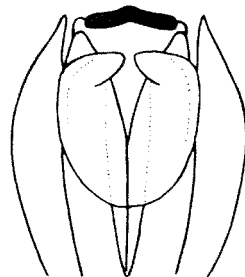
52



49



48



51

juste au-dessous du lobe du IX^e segment qui semble pouvoir s'y insérer; leur lame interne est assez courte et prolongée en une large courbe à l'intérieur du IX^e segment; vus de dessous, les appendices inférieurs se montrent comme deux lobes anguleux, bipartites, à peine plus longs que larges, convergents et presque confluent. X^e segment petit et avec ses sclérites latéraux en position dorsale et apparaissant petits, bas et pointus, en vue latérale. Édéage avec sa discontinuité subapicale assez peu marquée; son extrémité est quadrangulaire, aux angles arrondis et montre une carène médiane; il y a une seule épine, longue, forte et rectiligne, en position médiane.

Longueur de l'aile antérieure: 2,5 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Kumaon, Loharket 19-IX-1958 (CNC 17692).

Cette espèce m'est connue par une petite série de spécimens capturés à la lumière à une seule localité: ruisseau agité, roulant des eaux claires et peu abondantes sur un lit de gros blocs rocheux, large et très raide, vers 1 800 m d'altitude.

S. noldi est très voisin de *teldi* et s'en distingue par quelques caractères du IX^e segment et des appendices inférieurs.

STACTOBIA TELDI sp. nov.

Cette espèce est très voisine de *noldi* et s'en distingue par les caractères suivants: IX^e segment de forme plus régulière, deux fois plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures aussi longues que lui-même; son bord latéral est horizontal et fortement renforcé; le renforcement se prolonge vers l'arrière jusqu'à l'angle apical inférieur du segment, qui est peu marqué, et ensuite se prolonge brièvement vers le haut jusque sous le X^e segment; son extrémité est prolongée par une petite zone membraneuse. Appendices supérieurs non visibles de profil, mais apparaissant, en vue ventrale, comme une large plaque ogivale, plus étroite apicalement que celle de *noldi*. Appendices inférieurs avec leur extrémité apparaissant plus étroite, en vue latérale et avec leur échancre moins marquée; en vue ventrale, ils se montrent comme deux lobes largement distants l'un de l'autre, légèrement divergents et en forme de triangles dont le côté

apical interne serait concave. X^e segment grand et avec ses sclérites latéraux plus grands et bipartites. Édéage avec sa discontinuité subapicale très forte, sa partie apicale plus étroite et triangulaire et pourvue de deux épines grêles, rectilignes et accolées l'une à l'autre, en position médiane. ♀ inconnue. (Fig. 41-43).

Longueur de l'aile antérieure: 2,3 mm.

Holotype ♂: Inde, Kumaon, Loharket 19-IX-1958 (CNC 17693).

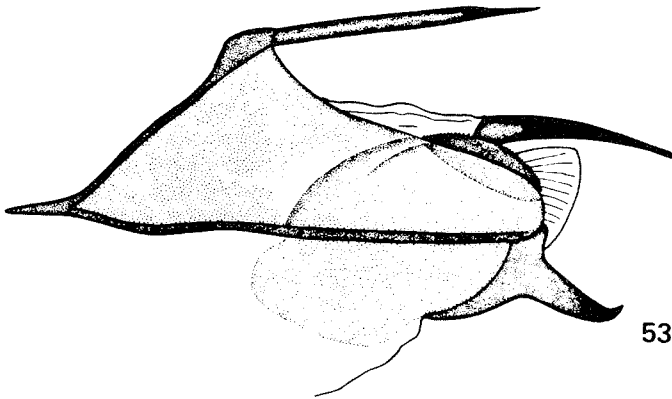
S. teldi se distingue de *noldi* par les caractères cités plus haut. Il ne m'est connu que par le spécimen typique, capturé avec ceux de *noldi*.

STACTOBIA THROLI sp. nov.

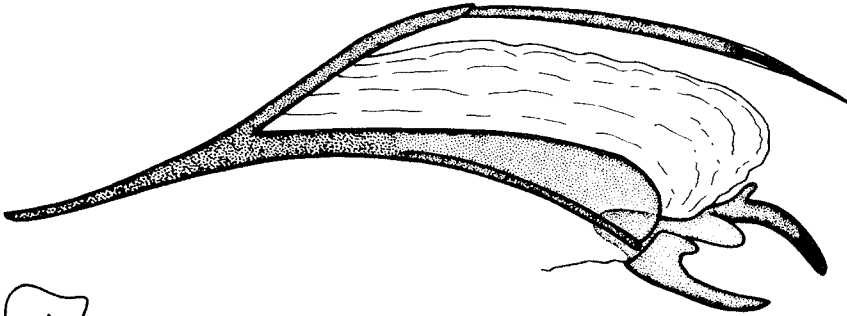
Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et allongées.

Génitalia ♂ (fig. 44-46): VIII^e segment bien développé, avec le sternite un peu plus court que haut et avec son prolongement ventral antérieur très court. Appendice ventral du VII^e sternite n'atteignant pas le niveau de la moitié de la longueur du VIII^e. IX^e segment de forme élancée, un peu plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures un peu plus longues que lui-même; son bord latéral est légèrement oblique vers le bas et l'angle apical inférieur aigu; son bord latéral apical forme, vers le bas de sa longueur, un lobe homologue à celui de *noldi*, mais beaucoup plus développé; il est environ cinq fois plus long que haut, régulièrement étroit, mais avec son angle apical inférieur développé en ailette; il est tordu sur lui-même en un quart de cercle, ce qui fait que sa face inférieure est concave. Appendices supérieurs absents. Appendices inférieurs aussi longs que le lobe du IX^e segment qui les surmonte et de développement probablement conditionné par lui; en vue latérale, ils apparaissent comme deux lobes simples, digitiformes, environ trois fois plus longs que haut, aux bords subparallèles et à extrémité arrondie; leur bord supérieur est renforcé; il y a une courte lame interne. X^e segment assez petit et avec ses sclérites latéraux très petits et en position dorsale. Édéage grêle, entièrement membraneux, légèrement plissé et inerme; il est étranglé

Figures 53-58. 53-55, *Stactobia thror*: 53, génitalia ♂, vus de profil; 54, appendices, vus de dessous; 55, édéage. 56-58, *Stactobia thror*: 56, génitalia ♂ vus de profil; 57, appendices, vus de dessous; 58, édéage.



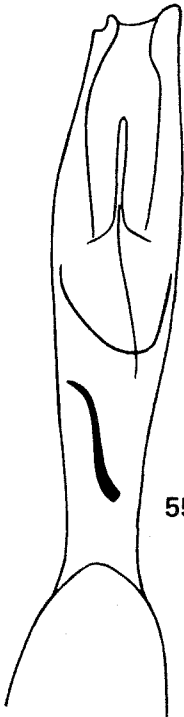
53



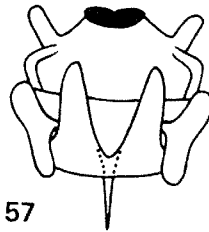
56



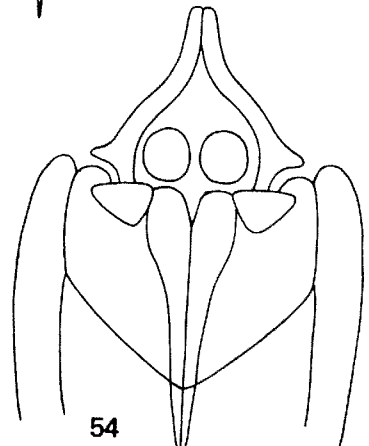
58



55



57



54

vers le niveau de son tiers apical, ce qui correspond probablement à la discontinuité que les autres espèces du groupe montrent à cet endroit. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure : 1,75 mm.

Holotype ♂ : Sikkim, Rangli 3-IX-1959 (CNC 17694).

Cette espèce ne m'est connue que par deux spécimens capturés dans deux biotopes très différents, au début de septembre, à 750 et 1 500 m d'altitude : source graveleuse et ruisseau torrentueux.

S. throli est voisin des deux espèces précédentes, *noldi* et *teldi* et s'en distingue principalement par la longueur du lobe latéral apical du IX^e segment et des appendices inférieurs.

Groupe de *huor*

Ailes assez souvent très étroites et effilées. Hanches antérieures du ♂ non épaissies et échanquées.

Génitalia ♀ : VIII^e segment assez peu développé, avec le sternite en général pas plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur à peine marqué. IX^e segment bas, n'atteignant pas la face ventrale de l'abdomen et fortement modifié ; sa face dorsale est réduite (sauf chez *snori*), surtout à partir de l'arrière, à un pont transversal situé à des niveaux divers de la longueur du segment ; dans les descriptions qui suivent, j'ai appelé partie antérieure et partie postérieure les parties du segment situées avant et après ce pont. Sur ce dernier sont insérées une ou deux paires d'épines grêles et horizontales. IX^e segment pointu antérieurement et sans apodèmes antérieures. Appendices supérieurs toujours fusionnés l'un à l'autre pour former une pièce assez complexe, en général avec plusieurs de ses angles fortement étirés et dont l'angle apical inférieur forme un fort ergot recourbé. L'appendice lui-même est relié au IX^e segment par un sclérite allongé. Appendices inférieurs de formes très diverses, en général avec son angle apical inférieur étiré en une longue pointe bifide. Édéage pas très grand, assez grêle, inerme ou avec une seule épine.

Le groupe de *huor* est l'un des plus spécialisés et des plus étranges du genre

par les modifications de la forme du IX^e segment, c'est-à-dire la réduction des parties dorsale antérieure et dorsale postérieure de ce dernier et la perte des apodèmes antérieures ; la présence d'une ou deux paires d'épines sur la partie dorsale du IX^e segment, qui pourrait être une compensation à la réduction de sa partie dorsale apicale ; les formes proéminentes, complexes et graciles des deux paires d'appendices ; la fusion des appendices supérieurs en une pièce unique et sa liaison sclérotisée avec le IX^e segment. Assez peu homogène, il apparaît néanmoins être monophylétique. C'est du groupe africain de *vallanti* qu'il se rapproche le plus, surtout par la forme du IX^e segment et la présence d'épines insérées dorsalement sur ce dernier.

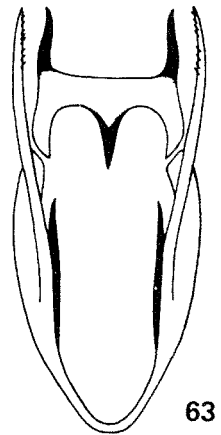
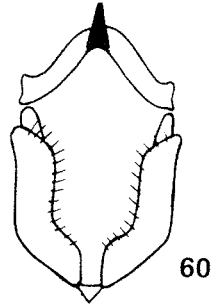
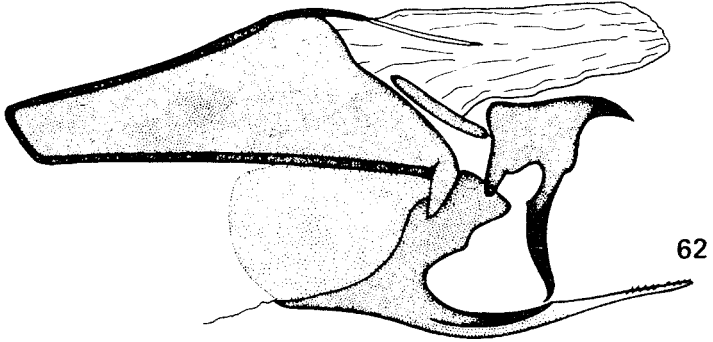
Ce groupe est localisé dans le nord et le nord-est de l'Inde et en Birmanie septentrionale. Il ne contient que des espèces décrites ici comme nouvelles, sauf *quadrispina* que j'y transporte du groupe de *martynovi*.

STACTOBIA SNORI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes très étroites et effilées. Antennes, palpes et pattes antérieures recouverts de poils en massues, hérissés.

Génitalia ♂ (fig. 47-49) : VIII^e segment assez petit et avec le sternite nettement plus long que haut, mais avec un faible prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant presque le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment grand et relativement peu modifié ; en vue latérale, son bord dorsal apparaît de moitié aussi long que le bord latéral, qui est rectiligne et horizontal ; partie antérieure en triangle très effilé ; partie postérieure en lobe assez grêle, arrondi à son extrémité et sans apophyse apicale inférieure. Appendice supérieur apparaissant très petit et complexe, en vue latérale ; en vue ventrale, il se montre en une mince plaque transversale dont les extrémités sont proéminentes vers le bas et portant deux faibles pointes dorsales médianes. Appendices inférieurs apparaissant bifides en vue latérale ; ils se terminent en une ailette arrondie, peu sclérotisée, en position supérieure et un triangle élané et fortement chitineux en position inférieure ;

Figures 59-64. 59-61, *Stactobia hurin* : 59, génitalia ♂, vue de profil ; 60, appendices, vue de dessous ; 61, édéage. 62-64, *Stactobia huor* : 62, génitalia ♂, vue de profil ; 63, appendices, vue de dessous ; 64, édéage.



leur lame interne est assez grande et haute, sa partie supérieure étant contenue dans le IX^e segment; vus de dessous, les appendices inférieurs se montrent comme une structure quadrifide, à branches grêles et irrégulières. X^e segment petit et avec ses sclérites latéraux en faibles épines, insérées sur un substrat prolongé vers le bas, fortement sclérotisées à leur extrémité et un peu plus longues que le X^e segment. Edéage non membraneux, faiblement sclérotisé, légèrement concave vers le haut avant son extrémité et contenant une seule épine de petite taille.

Longueur de l'aile antérieure: 2,5 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Nyukma-dong 18-IV-1961 (CNC 17696).

Cette espèce m'est connue du Bengale occidental, du Sikkim et du Kameng où je l'ai capturée, au filet et à la lumière, en mars et avril, entre 1 500 et 2 400 m d'altitude près de moyens et gros ruisseaux roulant des eaux froides et très agitées sur un lit rocheux et irrégulier.

S. snori est probablement l'espèce la plus primitive du groupe, par la face dorsale du IX^e segment encore bien développée et par les épines dorsales constituées par les sclérites latéraux du X^e segment. Par la forme des appendices inférieurs, il s'apparente à *snufi*.

STACTOBIA SNUFI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 50-52): VIII^e segment assez petit, avec le sternite un peu plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur assez bien marqué. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau de la moitié de la longueur du VIII^e. IX^e segment avec sa face dorsale très courte et fortement déplacée vers l'avant; ceci fait que la partie antérieure du segment est très courte, grêle et avec son bord antérieur fortement concave; la partie postérieure est, au contraire, très étirée, large et se termine en un lobe arrondi, sans apophyse ventrale apicale. Le bord dorsal apical du segment porte une paire de très fortes épines, un peu plus longues que le X^e segment,

légèrement arquées vers le bas, s'épaississant régulièrement jusqu'à la partie préapicale qui est un peu irrégulière et fortement sclérotisée. Appendice supérieur apparaissant, en vue latérale, comme un petit bouton dont la base se prolonge longuement le long du bord du IX^e segment; en vue ventrale, il se montre comme une étroite plaque transversale, légèrement pliée en accent circouflexe. Appendices inférieurs apparaissant terminés, en vue latérale, en deux petits lobes obtus, un supérieur triangulaire et peu chitineux et un inférieur plus arrondi et plus fortement sclérotisé; en vue ventrale, ils se montrent comme deux grands ovales insérés sur une lame interne bien développée, légèrement divergents, mais avec leurs angles apicaux internes développés en triangles convergents. X^e segment entièrement membraneux et dépassant à peine le niveau de l'appendice supérieur. Edéage assez petit et grêle, sans épine médiane et avec une discontinuité de forme vers le milieu de sa longueur. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂: Sikkim, Karponang 23-VIII-1959 (CNC 17697).

Cette espèce ne m'est connue que par le type, capturé près d'un gros ruisseau torrentueux, au lit rocheux, algueux et très raide, vers 3 000 m d'altitude.

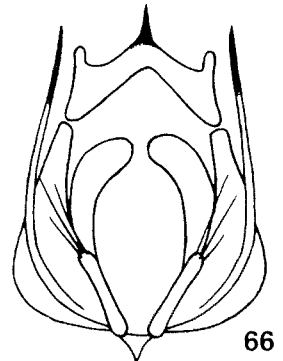
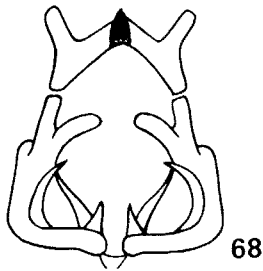
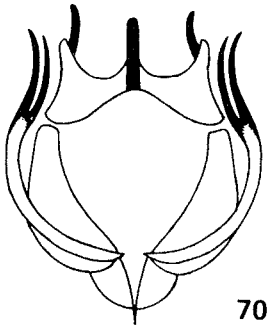
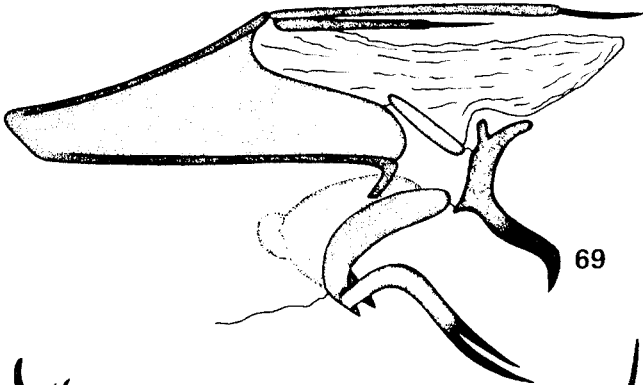
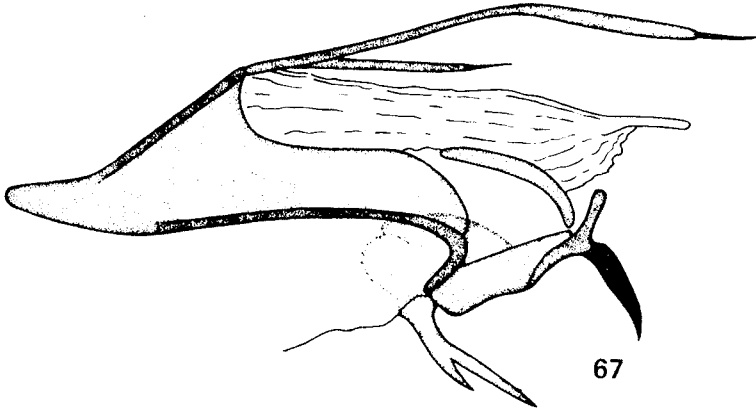
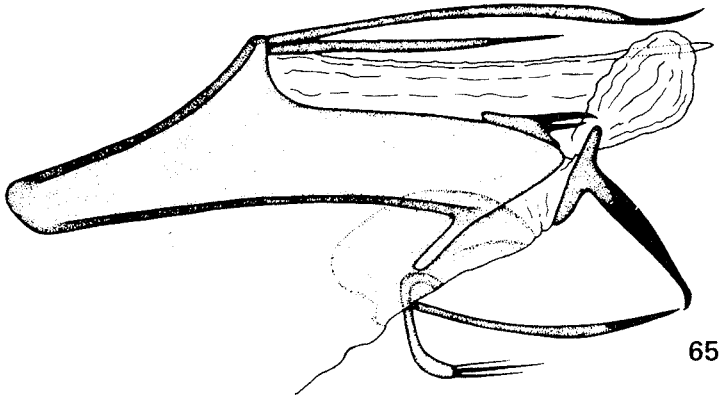
S. snufi est voisin de *snori* par la forme des appendices inférieurs, mais les épines dorsales sont insérées sur la partie dorsale du IX^e segment.

STACTOBIA THROR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 53-55): VIII^e segment court, avec le sternite pas plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur très peu marqué. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment avec sa face dorsale réduite à un pont étroit et situé à peu près au milieu de la longueur du segment; ceci fait que les parties antérieure et postérieure du segment sont de longueurs subégales, mais l'antérieure est en triangle effilé et la postérieure en lobe large, obtusément arrondi à son extrémité et sans apophyse

Figures 65-70. 65-66, *Stactobia tuor*: 65, génitalia ♂, vus de profil; 66, appendices, vus de dessous. 67-68, *Stactobia bifur*: 67, génitalia ♂, vus de profil; 68, appendices, vus de dessous. 69-70, *Stactobia bofur*: 69, génitalia ♂, vus de profil; 70, appendices inférieurs, vus de dessous.



ventrale apicale. Il y a une paire d'épines dorsales rectilignes, assez grêles, très effilées à leur extrémité, qui dépasse un peu celle du X^e segment. Appendice supérieur apparaissant, en vue latérale, comme un long et mince ergot, dirigé horizontalement vers l'arrière, légèrement arqué vers le bas et dépassant de loin toutes les autres pièces génitales; il est inséré sur une grande base ovale et très finement denticulée, à demi-cachée derrière le bord du IX^e segment; en-dessous, se trouve un lobe semi-membraneux et plissé longitudinalement en éventail. Appendices inférieurs apparaissant, en vue latérale, en triangles dont les trois cotés seraient concaves et deux des angles aigus et effilés; l'angle apical est en ergot épais mais aigu, rectiligne mais recourbé vers le haut à son extrémité; vs ventralement, les appendices inférieurs se montrent convergents l'un vers l'autre, contigus à leur extrémité et pourvus d'une petite ailette en position basale externe; ils sont accompagnés de deux paires de sclérites, une circulaire et une triangulaire; leur lame interne est très grande et remonte haut dans le IX^e segment. X^e segment presque entièrement réduit. Edéage large, aplati dorso-ventralement et avec une petite épine médiane interne ondulée. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure : 2,25 mm.

Holotype ♂ : Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Chug 15-VI-1961 (CNC 17698).

Cette espèce ne m'est connue que par un seul spécimen, capturé près d'un gros ruisseau aux eaux fortement agitées et au lit irrégulier de gros blocs rocheux, vers 2 300 m d'altitude.

S. thror est facile à reconnaître à la forme de ses appendices et à la réduction du X^e segment.

STACTOBIA THROHIR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 56-58) : VIII^e segment peu développé, avec le tergite très petit et encapuchonnant la partie dorsale du IX^e segment; sternite un peu plus long que haut et avec un faible prolongement ventral antérieur; vu de profil, il se montre triangulaire. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant presque le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment très long et grêle et fortement modifié: toute sa partie dorsale

apicale a disparu, ce qui fait que le segment a la forme d'un Y horizontal et élançé, dont les trois branches ont une taille et une disposition différentes. Il y a une paire d'épines dorsales très longues et grêles et spécialement effilées à leur extrémité après une légère discontinuité de forme; l'angle apical inférieur du segment est la partie la moins étroite de ce dernier; il est obtusément arrondi et sans apophyse ventrale apicale. Appendice supérieur apparaissant, en vue latérale, en une plaque rectangulaire assez large et recourbée vers le bas; il est pourvu d'une ailette basale supérieure et d'un lobe basal inférieur qui le relie aux appendices inférieurs. Ces derniers apparaissent, en vue latérale, comme deux ergots un peu recourbés vers le haut et également pourvus d'une ailette basale supérieure; en vue ventrale, ils se montrent comme deux triangles élançés, légèrement divergents et avec une lame interne très courte. X^e segment très grand, informe et ne dépassant que peu l'apex du IX^e segment. Edéage assez complexe et avec une très grande épine médiane interne, un peu contournée et dont la pointe est dirigée vers la base de l'organe.

Longueur de l'aile antérieure : 2,25-2,5 mm.

Holotype ♂ : Inde, Assam, Manipour, Sirohi Kashong 8-VI-1960 (CNC 17699).

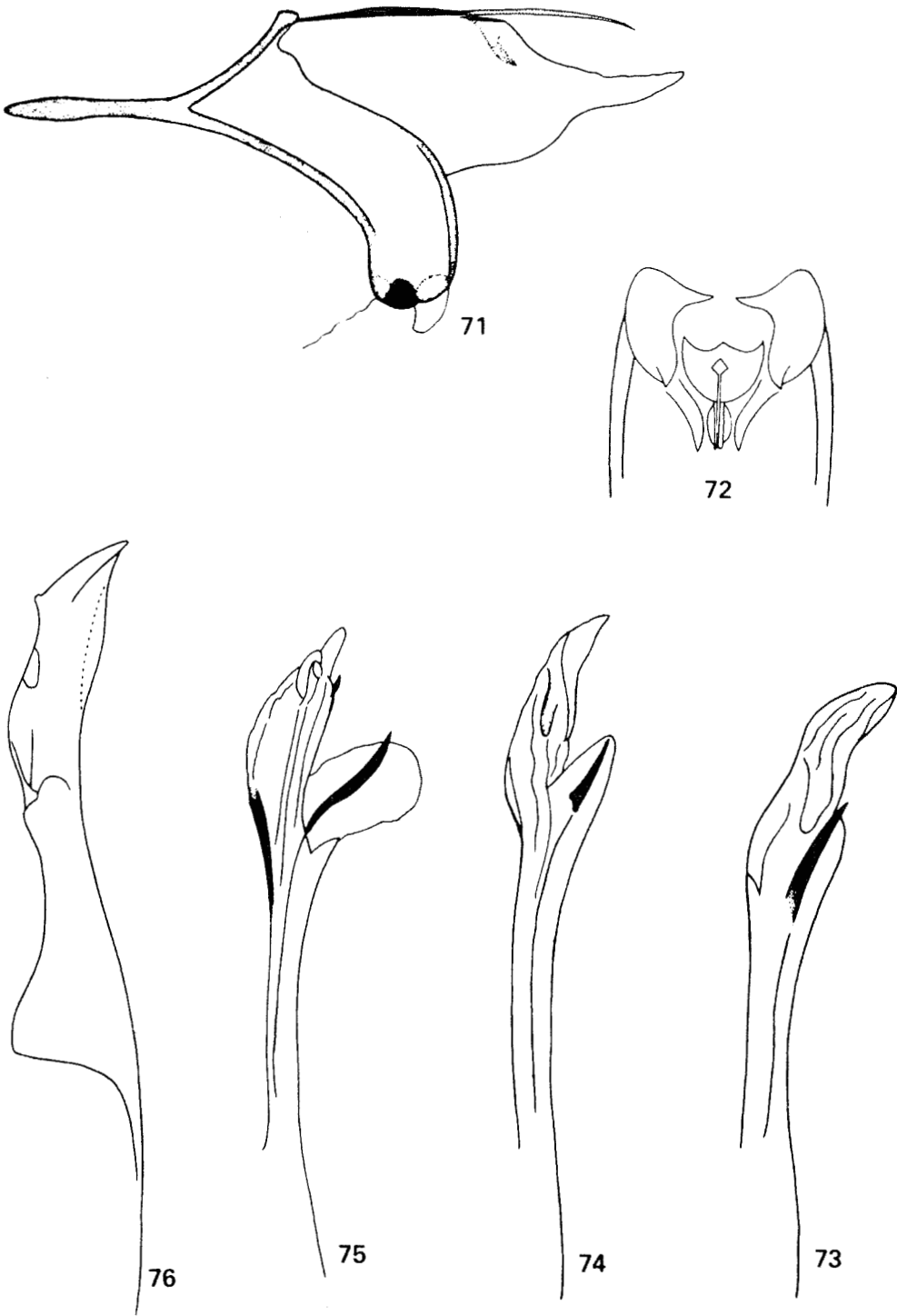
Cette espèce ne m'est connue que de deux localités, petits ruisseaux très agités roulant peu d'eau sur un large lit irrégulier, vers 2 000 m d'altitude.

S. thror est unique dans le genre par les modifications du IX^e segment, pratiquement réduit au squelette de ses épaissements marginaux. Comme il cohabite avec *tuor*, je ne désigne comme paratypes que les spécimens dont l'abdomen est préparé.

STACTOBIA HURIN sp. nov.

Espèce entièrement noire avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 59-61) : VIII^e segment assez peu développé, avec le tergite très petit et encapuchonnant la partie dorsale du IX^e segment; sternite apparaissant triangulaire, vu de profil, un peu plus court que haut et avec son prolongement antérieur ventral peu marqué. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau des trois-quarts de la longueur du VIII^e. IX^e segment de forme fortement modifiée; la face dorsale



Figures 71-76. 71-72, *Stactobia naili*: 71, génitalia ♂, vus de profil; 72, appendices, vus de dessous. 73, *Stactobia tuor*, édéage. 74, *Stactobia bifur*, édéage. 75, *Stactobia bofur*, édéage. 76, *Stactobia naili*, édéage.

est réduite à un pont transversal situé tout à la base du segment; la partie antérieure de ce dernier est réduite à un très court triangle et la partie postérieure est développée en une longue bande assez large, de disposition irrégulière et arquée vers le bas; l'angle apical inférieur est obtus et l'apophyse ventrale apicale présente. Sur le bord dorsal est insérée une paire de très longs bâtonnets, régulièrement grêles, plus longs que toutes les autres pièces génitales et terminés en une épine. Vu de profil, l'appendice supérieur apparaît comme un fort ergot légèrement ondulé, dirigé vers le bas, mobile et pouvant basculer vers le bas, entre les appendices inférieurs; il est accompagné de trois ailettes étroites, deux basales et une subbasale supérieure; il est relié au IX^e segment par un sclérite en longue bande; vu de dessous, il se montre comme une pièce en V renversé, avec le sommet prolongé par une forte pointe. Appendices inférieurs apparaissant grands et très obtus, vus de profil, fortement concaves vers l'inférieur et formant une grande cavité à l'apex du IX^e segment, pour l'insertion de l'appendice supérieur; vus de dessous, ils se montrent comme deux lobes simples, assez épais et divergents. X^e segment de taille moyenne et assez grêle. Édéage membraneux, mais non érectile à son extrémité et avec une faible épine médiane subapicale. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2,5 mm.

Holotype ♂: Inde, Pauri Garhwal, Dhur 8-9-IX-1958 (CNC 17700).

Cette espèce m'est connue du Pauri Garhwal, du Kumaon et du Kameng. Elle fréquente les ruisseaux petits et moyens et très agités. Je l'ai capturée au filet, aussi bien qu'à la lumière, d'avril à octobre, entre 1 500 et 2 300 m d'altitude.

S. hurin n'est voisin d'aucune autre espèce et est très caractéristique, spécialement par les modifications du IX^e segment.

STACTOBIA HUOR sp. nov.

Espèce entièrement noire avec le vertex brun. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 62-64): VIII^e segment moyennement développé, avec le sternite un peu plus court que haut et avec un très

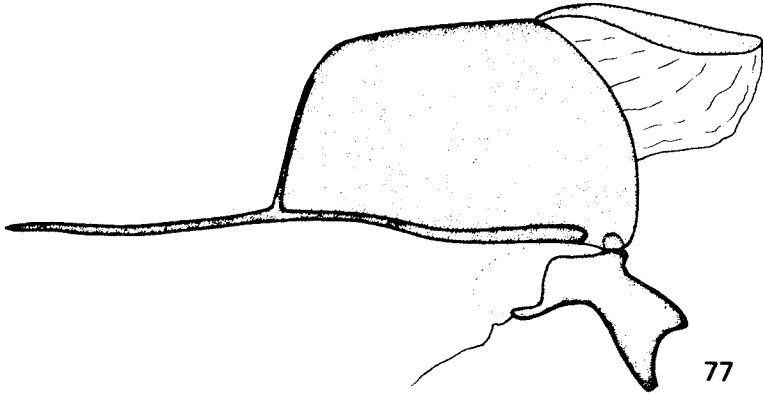
faible prolongement antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau des trois quarts du VIII^e. IX^e segment moyennement développé, avec sa face dorsale réduite à un pont assez court et situé au niveau du tiers apical de la longueur du segment; la partie antérieure est donc deux fois plus longue que la partie postérieure et cette dernière porte une grande apophyse ventrale apicale. Il y a une paire d'épines dorsales, petites, extrêmement grêles et peu sclérotisées. Appendice supérieur apparaissant, en vue latérale, comme une pièce quadrangulaire dont l'angle apical supérieur est étiré en un ergot fortement sclérotisé et recourbé vers le bas, l'angle basal inférieur en un angle aigu et moyennement chitineux et l'angle apical inférieur en une longue épine grêle, contournée, aiguë et fortement sclérotisée; en vue ventrale, l'appendice supérieur se montre comme une plaque transversale dont les angles latéraux supérieurs sont très étirés et chitineux, les angles latéraux inférieurs peu étirés et moyennement sclérotisés et dont le milieu du bord inférieur porte une pointe longuement triangulaire et fortement chitineuse; cet appendice est relié au IX^e segment par une longue pièce grêle. Appendices inférieurs très grands et avec une très grande lame interne; vus latéralement, ils apparaissent comme une grande pièce oblique vers le haut, tronquée à son extrémité et dont l'angle ventral apical serait fortement étiré en deux très longues et grêles épines étroitement accolées l'une à l'autre; la supérieure est de moitié plus courte que l'inférieure et fortement sclérotisée, celle-ci étant barbelée à son extrémité; vues de dessous, ces deux épines apparaissent un peu moins accolées. X^e segment long et membraneux. Édéage sans épine, légèrement et irrégulièrement plissé longitudinalement à son extrémité. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2,75 mm.

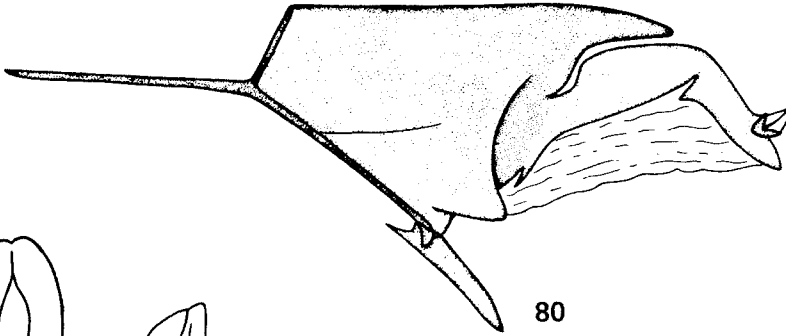
Holotype ♂: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Lungdur 14-III-1961 (CNC 17701).

Cette espèce m'est connue du Bengale occidental et du Kameng, où je l'ai capturée en mars, entre 850 et 2 200 m d'altitude près de petits et moyens ruisseaux plus ou moins agités et marécageux.

Figures 77-83. 77-79, *Stactobia smoli*: 77, génitalia ♂, vus de profil; 78, appendices inférieurs, vus de dessous; 79, édéage. 80-83, *Stactobia beren*: 80, génitalia ♂ vus de profil; 81, appendices inférieurs, vus de dessous; 82, apex des IX^e et X^e segments, vus de dessous; 83, édéage.



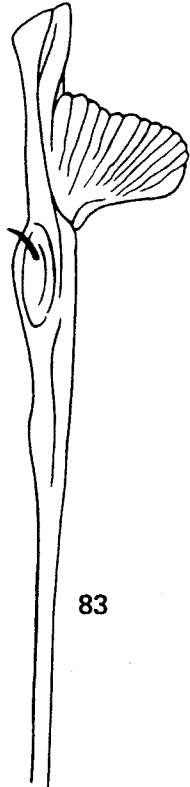
77



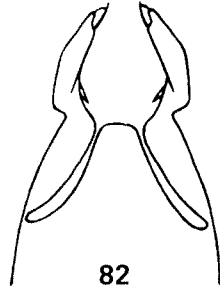
80



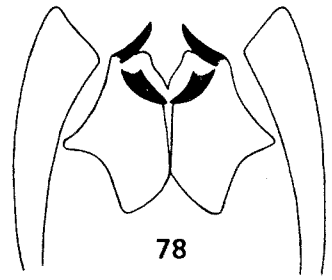
79



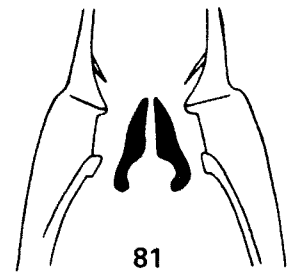
83



82



78



81

S. huor est très caractéristique par la forme relativement trapue des appendices supérieurs et inférieurs et les épines dorsales du IX^e segment réduites. C'est surtout de *tuor* qu'il se rapproche, par les longues épines grêles des appendices inférieurs.

STACTOBIA TUOR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 65-66, 73): VIII^e segment assez peu développé, avec le sternite nettement plus court que haut et presque pas prolongé antérieurement. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment très allongé et anguleux; sa face dorsale est en pont étroit et situé un peu avant la moitié de la longueur du segment; les deux parties de ce dernier sont de longueur presque égale; angle latéral apical en large triangle, avec une apophyse ventrale apicale longue et étroite. Il y a deux paires d'épines dorsales régulièrement grêles, rectilignes et de taille très inégale. Appendice supérieur apparaissant, en vue latérale, en long ergot grêle, un peu recourbé vers le bas à son extrémité et inséré sur une large base transversale; il est relié au IX^e segment par un sclérite allongé portant deux épines inégales; vu de dessous, il se montre en forme de V renversé, avec les extrémités développées en ailettes supérieures arrondies et l'angle médian formant un ergot. Appendices inférieurs apparaissant, vus de profil, comme deux branches grêles: une supérieure régulièrement fine et aiguë et une inférieure, plus épaisse, trois fois plus courte et arrondie à son extrémité qui porte un bouquet de trois soies; entre eux deux se trouve une grande concavité pour l'insertion de l'appendice supérieur, lorsqu'il bascule vers le bas; vue de face, cette concavité se montre tapissée par une paire de sclérites; une externe aux pièces subparallèles et une interne aux pièces arquées et convergentes. X^e segment membraneux et bien développé. Edéage avec une forte épine subapicale en forme d'ergot. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2,25 mm.

Holotype ♂: Inde, Assam, Manipour, Sihal Khulen 25-VI-1960 (CNC 17702).

J'ai capturé cette espèce près de petits et moyens ruisseaux très agités, du début de juin à la mi-juillet, entre 1 200 et 2 300 m d'altitude parfois en compagnie de *throhir*

et de *bofur*. Je ne désigne donc comme paratypes que les spécimens dont l'abdomen a été préparé.

S. tuor est très caractéristique par ses appendices inférieurs en branches grêles et irrégulières. C'est de *huor* qu'elle se rapproche surtout par ce même caractère.

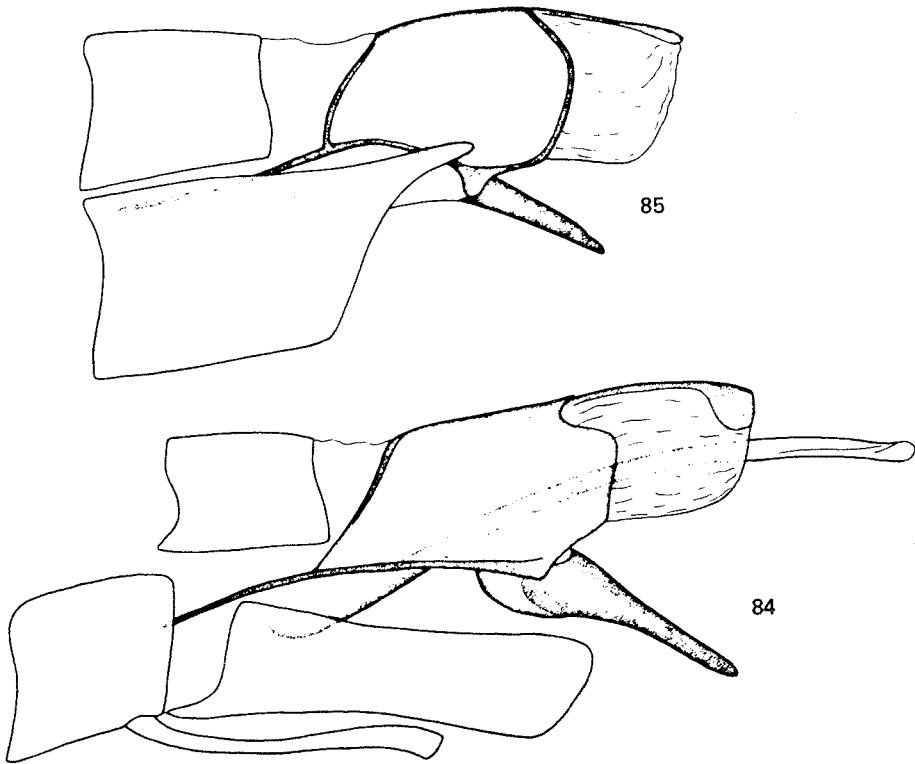
STACTOBIA BIFUR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 67-68, 74): VIII^e segment peu développé, avec le sternite plus court que haut et presque sans prolongement antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment assez grêle et peu développé; sa face dorsale est en pont étroit et situé nettement avant la moitié de la longueur du segment; partie antérieure en triangle assez grêle; partie postérieure avec l'angle apical tronqué et arrondi et une grande apophyse ventrale apicale grêle. Il y a deux paires d'épines dorsales, l'une atteignant le double de la longueur de l'autre, très grêles sur leur moitié basale et un peu épaissies sur leur moitié apicale. Appendice supérieur apparaissant, en vue latérale, comme un fort ergot très légèrement recourbé vers le bas, à base grêle et inséré sur une large plaque transversale; vu de face, il se montre comme un V renversé, dont les extrémités sont développées en ailettes assez anguleuses et le sommet prolongé en ergot; il est relié au IX^e segment par un long sclérite arqué. Appendices inférieurs apparaissant, en vue latérale, comme une pièce étroite, oblique vers le haut et en connexion avec l'appendice supérieur; de sa base se détache une branche clivée à son extrémité pour former deux épines légèrement divergentes, l'une atteignant plus du double de la taille de l'autre; l'espace situé entre les deux appendices est faiblement concave et se trouve limité par deux sclérites bifides dont les branches externes sont droites et faiblement convergentes et les branches internes fortement arquées l'une vers l'autre. X^e segment grand et terminé en un long lobe très grêle. Edéage simple et pourvu d'une épine subapicale contenue dans un lobe annexe à l'organe. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂: Inde, Assam, United Jaintia and Khasi Hills, Umlangshor 18-IV-1960 (CNC 17703).



Figures 84-85. 84, *Stactobia dori*, génitalia ♂, vus de profil. 85, *Stactobia nori*, génitalia ♂, vus de profil.

Cette espèce ne m'est connue que par un seul spécimen capturé vers 1200 m d'altitude au bord d'une moyenne rivière de jungle aux eaux turbides et tranquilles et au lit rocheux et graveleux.

S. bifur est voisin de *bofur* par ses appendices inférieurs clivés mais s'en distingue principalement par ce clivage effectué différemment.

STACTOBIA BOFUR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 69-70, 75): VIII^e segment peu développé, avec le sternite nettement plus court que haut, mais avec un net prolongement antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant ou même dépassant le bord apical du VIII^e, IX^e segment avec sa face dorsale en pont étroit et situé un peu après le milieu de la longueur du segment; sa partie latérale antérieure est net-

tement triangulaire et sa partie latérale apicale obtusément arrondie et avec une apophyse ventrale apicale nette. Il y a deux paires d'épines dorsales, de longueur très inégale, grêles et relativement peu développées. Appendice supérieur apparaissant, en vue latérale, comme une pièce verticale et bifide à son extrémité supérieure et dont l'angle apical inférieur est étiré en un fort ergot recourbé vers le bas; il est relié au IX^e segment par un sclérite allongé; vue de face, il se montre comme deux triangles adjacents par un angle et avec deux de leurs côtés concaves; ils forment une forte pointe médiane et deux latérales plus courtes. Appendices inférieurs apparaissant, en vue latérale, comme une pièce en croissant oblique vers le haut et dont l'angle inférieur porte une longue pièce contournée et clivée à son extrémité en deux branches sub-parallèles et de longueur un peu inégale; vus de face, les appendices inférieurs se montrent gracieusement arqués, d'abord

vers l'intérieur puis vers l'extérieur à leur extrémité; entre eux deux se trouve une concavité peu profonde et tapissée par deux sclérites longuement triangulaires et tronqués à leur extrémité. X^e segment grand et membraneux. Edéage assez complexe à son extrémité et pourvu d'une épine sub-apicale incluse dans un lobe annexe et d'un épaissement marginal, situé au même niveau.

Longueur de l'aile antérieure: 1,75 mm.

Holotype ♂: Inde, Assam, Manipour, Lihan 11-VIII-1960 (CNC 17704).

Cette espèce m'est connue par un grand nombre de spécimens capturés à une seule localité, gros ruisseau de jungle dense, aux eaux abondantes et très agitées, vers 1 000 m d'altitude. Comme il cohabite avec *tuor*, je ne désigne pas d'allotype et les seuls paratypes sont les spécimens dont l'abdomen a été préparé.

S. bofur est voisin du précédent par ses appendices inférieurs clivés mais s'en distingue par ces derniers fortement arqués sur eux-mêmes.

STACTOBIA NAILI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 71-72, 76): VIII^e segment bien développé, avec le sternite nettement plus long que haut et avec un faible prolongement antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du milieu de la longueur du VIII^e. IX^e segment assez peu développé et de forme fortement modifiée; sa face dorsale forme un pont étroit et situé avant le milieu de la longueur du segment; la partie antérieure est en court triangle dont le sommet est étiré en une apodème relativement très épaisse; la partie postérieure est régulièrement large, fortement recourbée vers le bas et sans apophyse ventrale inférieure. Il y a une paire d'épines dorsales, très longues, en grêles arêtes rectilignes, fortement sclérotisées sur leur moitié basale et membraneuses sur leur moitié apicale. Les appendices ne sont pas visibles de profil, car ils ont probablement basculé vers le bas et le haut et se trouvent cachés dans le IX^e segment, chez le seul spécimen connu. Par dessous, l'appendice supérieur n'est pas visible. Les appendices inférieurs apparaissent comme deux ovales parallèles, portant un angle sub-apical interne en large triangle dirigé vers l'intérieur; entre eux deux se trouve un sclérite de forme com-

plexe. X^e segment grand et fortement étiré en pointe, avec un sclérite en position dorsale médiane. Edéage grand, assez épais, portant une discontinuité médiane, formant un fort angle basal supérieur et sans épine. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 3,5 mm.

Holotype ♂: Inde, Bengale occidentale, Dilpa 20-VII-1959 (CNC 17705).

Cette espèce ne m'est connue que par un seul spécimen capturé près d'un gros ruisseau roulant des eaux très agitées et très froides sur un lit raide et très algueux, vers 1 900 m d'altitude.

S. naili est très isolé dans son groupe, par tous ses caractères.

Groupe de *nielseni*

Des quatre formes nouvelles décrites ici, *dori* et *nori* s'intègrent entre *risiana* et *radovanovici*. *Smoli* et *beren*, au contraire, sont plus originaux, l'un par la grande taille des appendices inférieurs et l'autre par la forme spécialisée du IX^e segment.

Comme Jacquemart (1973) et Marshall (1979) l'ont mal compris, les principaux caractères de ce groupe sont: l'augmentation de la taille, en longueur et en hauteur, du VIII^e sternite et la réduction du IX^e segment qui se trouve rejeté vers le haut; celui-ci possède une armature apicale de poils épaissis; la perte des appendices supérieurs, la sclérotisation dorsale du X^e segment et la gracilité de l'édéage qui est inerme.

À la suite de Marshall (1979), je classe aussi ici, avec quelques doutes, *bolzei* et *crassa*.

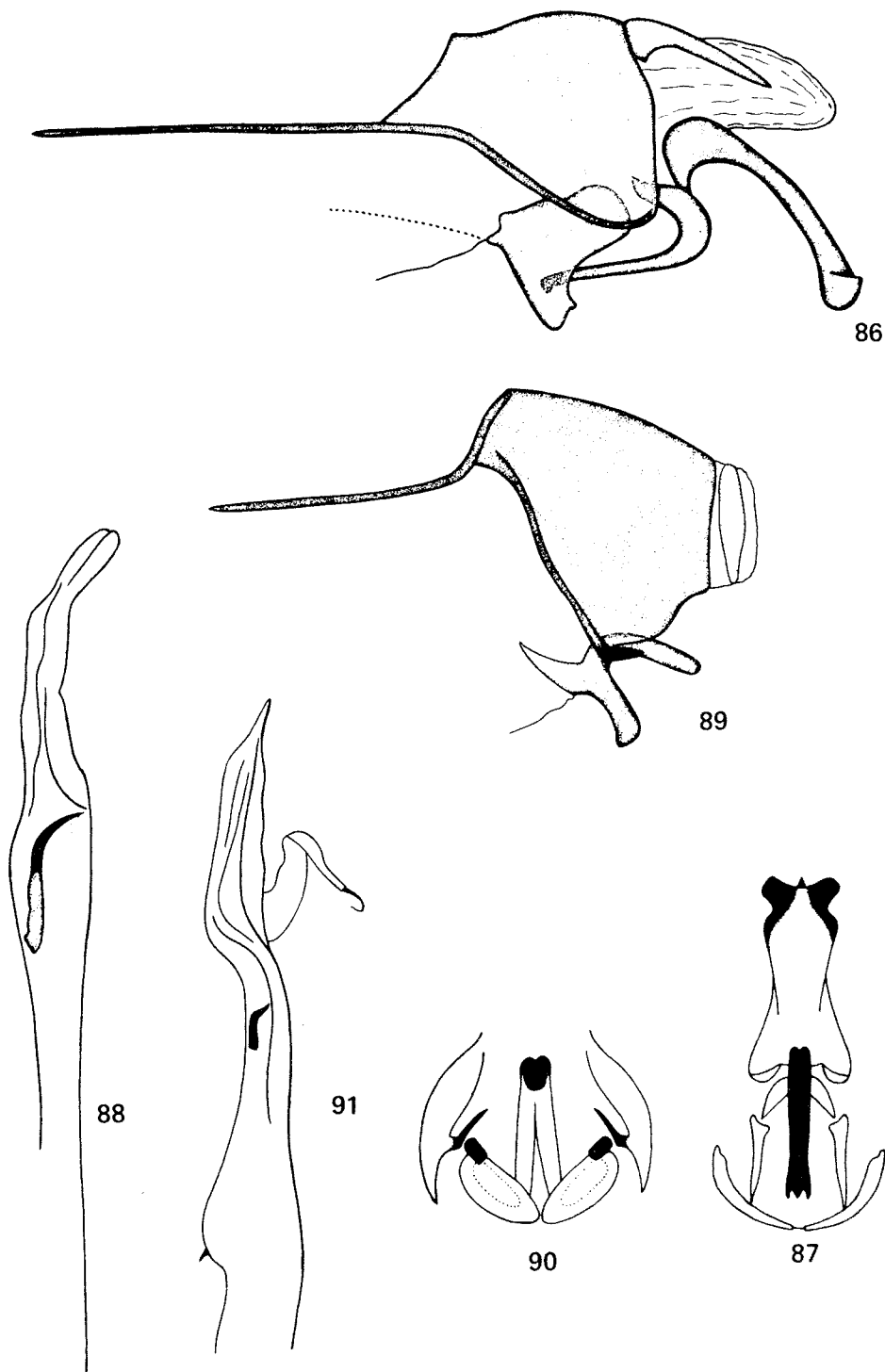
STACTOBIA NIELSENI Schmid

Un ♂ de Bilap (Pauri Garhwal) correspond très bien aux figures originales.

STACTOBIA SMOLI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 77-79): VIII^e sternite de grande taille, légèrement plus long que haut, ne doublant que faiblement le IX^e segment, portant des poils, épaissi à son extrémité et avec son prolongement ventral antérieur très court. Appendice ventral du VIII^e sternite atteignant le niveau du milieu de la longueur du VIII^e. IX^e segment à peine plus grand que le VIII^e tergite et nettement moins haut



Figures 86-91. 86-88, *Stactobia froki*: 86, génitalia ♂, vus de profil; 87, appendices, vus de dessous; 88, édéage. 89-91, *Stactobia calin*: 89, génitalia ♂, vus de profil; 90, appendices, vus de dessous; 91, édéage.

que le VIII^e sternite; il a une forme régulièrement convexe, avec ses bords latéral antérieur et latéral postérieur légèrement obliques vers le bas; ses apodèmes antérieures sont fortes et un peu plus courtes que lui-même. Appendices inférieurs apparaissant, en vue latérale, comme deux grandes et fortes pièces insérées sur une large base, allant en s'épaississant jusqu'à l'apex qui est nettement concave; vus de dessous, ils se montrent comme deux plaques pentagonales dont les deux côtés externes sont concaves et portent deux pointes apicales en ergots, divergentes entre elles, mais convergentes avec celles de l'appendice opposé. X^e segment de taille moyenne et avec sa face dorsale sclérotisée. Edéage grand, avec une discontinuité au niveau de son tiers apical et terminé en un ovale légèrement échancré à son sommet. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 1,25 mm.

Holotype ♂: Inde, Assam, United Jaintia and Khasi Hills, Lakadong 4-I-1960 (CNC 17706).

Cette très petite espèce m'est connue des Khasi Hills, où je l'ai capturée en décembre et janvier, parfois en abondance au même endroit, au filet et à la lumière, entre 200 et 650 m d'altitude, près de petits et moyens ruisseaux plus ou moins agités et bordés ou non de gîtes madicoles. Tous les spécimens ne sont pas étiquetés comme paratypes.

S. smoli est caractéristique et bien différent des autres de son groupe par ses appendices inférieurs grands, proéminents et concaves à leur bord inférieur.

STACTOBIA BEREN sp. nov.

Espèce noire, avec le vertex blanc et les ailes antérieures avec d'assez nombreux poils clairs irrégulièrement clairsemés. Antennes de 18 articles. Chez le ♂, elles sont relativement très longues, avec les articles environ quatre fois plus longs qu'épais. Chez la ♀, elles sont du tiers plus courtes et nettement plus grêles, ce qui fait que les articles sont de même proportions que chez le ♂. Pattes relativement très longues et grêles, surtout chez le ♂. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 80-83): VIII^e segment bien développé, avec le tergite une fois et demie plus long que haut et le sternite deux fois et demie plus long que haut; ce

dernier montre un prolongement ventral antérieur net, porte une rangée apicale de soies épaissies et double le IX^e segment sur le tiers basal de ce dernier. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du tiers apical du VIII^e. IX^e segment relativement grand et haut et de forme assez particulière; il est approximativement quadrangulaire avec sa face dorsale très longue et un long prolongement dorsal apical libre, dominant le X^e segment; vu latéralement, il montre deux angles en position latérale inférieure vers le milieu de sa propre longueur, le premier étant pourvu d'une courte apophyse ventrale latérale. Les apodèmes antérieures sont plus courtes que le segment lui-même. Appendices inférieurs apparaissant, en vue latérale comme deux forts éperons effilés, dirigés très obliquement vers le bas et insérés sur le 1^{er} des angles latéraux du IX^e segment; vus de dessous, ils se montrent légèrement convergents et avec une concavité basale interne. X^e segment pas très grand, mais avec toute sa partie dorsale sclérotisée; en vue latérale, cette sclérotisation apparaît comme une bande issue du IX^e segment, mais en discontinuité avec lui, de forme complexe, arquée vers le bas, formant un guide à l'édéage et portant un curieux tubercule en position dorsale subapicale; vues de dessus, ces branches se montrent paires et assez contournées. Edéage très grêle, un peu épaissi sur son tiers apical, armé d'une petite épine subapicale et d'un lobe membraneux développé en éventail.

Longueur de l'aile antérieure: 2-3,5 mm.

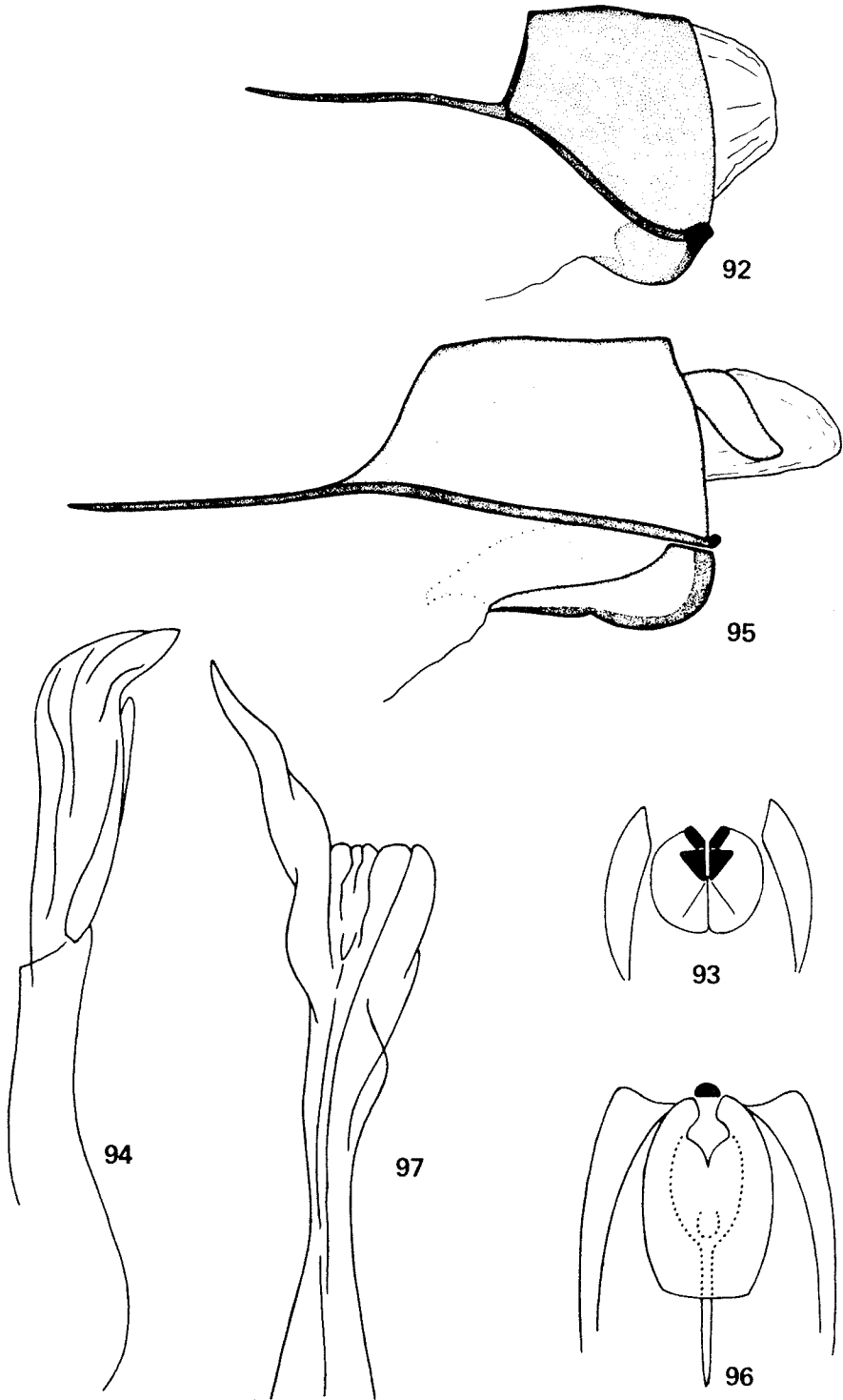
Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Gigaon 31-III-1961 (CNC 17707).

Cette espèce m'est apparue commune et abondante au Kameng, de mi-mars à fin août, entre 950 et 2 300 m d'altitude; commune en début de saison, elle se raréfie progressivement au cours de cette dernière. Elle fréquente les sources marécageuses et les petits, moyens et gros ruisseaux à cours variés. On la capture au filet aussi bien qu'à la lumière ou courant sur ou sous les pierres.

S. beren est très caractéristique par tous ses caractères.

STACTOBIA DORI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex clair. Ailes extrêmement étroites et effilées.



Figures 92-97. 92-94, *Stactobia loni*: 92, génitalia ♂, vus de profil; 93, appendices, vus de dessous; 94, édéage. 95-97, *Stactobia gloin*: 95, génitalia ♂, vus de profil; 96, appendices, vus de dessous; 97, édéage.

Génitalia ♂ (fig. 84): VIII^e sternite très allongé, environ quatre fois plus long que haut, débutant bien avant le IX^e segment et se terminant au même niveau que ce dernier; son prolongement ventral antérieur est bien marqué et il porte des poils épaissis à son extrémité. Appendice ventral du VII^e sternite dépassant le niveau de la moitié du VIII^e. IX^e segment assez petit, en pentagone irrégulier et anguleux, renforcé sur ses bords antérieur et latéraux et sans apophyse ventrale apicale. Ses apodèmes antérieures sont courtes et très grêles. Appendices inférieurs insérés au niveau du tiers apical du IX^e segment, en forts éperons rectilignes, non effilés et avec leur base nettement renflée inférieurement; vus de dessous, ils apparaissent accolés l'un à l'autre et légèrement divergents. X^e segment de taille moyenne et avec sa face supérieure nettement sclérotisés, surtout à son extrémité. Edéage long, régulièrement grêle et sans particularité.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Uttar Pradesh, Rishikesh 25-31-III-1958 (CNC 17708).

Cette espèce m'est connue des Provinces Unies, des Pauri et Teri Garhwals, du Kumaon, du Sikkim et des Khasi Hills. Je l'ai communément capturée de fin mars à fin octobre, entre 300 et 1 500 m d'altitude, près de sources et de petits ruisseaux agités, généralement bordés de gîtes madicoles.

S. dori est très voisin de *radovanovici*, dont il se distingue par ses appendices inférieurs moins longs et insérés moins basalement, et de *nori* dont on le reconnaît au VIII^e sternite beaucoup plus allongé et sans pointe apicale supérieure. Comme il cohabite avec ce dernier, je ne désigne comme paratypes que les spécimens dont l'abdomen est préparé.

STACTOBIA NORI sp. nov.

Espèce entièrement noire, à vertex blanc. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 85): VIII^e sternite de taille assez considérable, pas beaucoup plus long que haut, ne doublant le IX^e segment vers

le bas que sur une courte longueur, mais avec ses angles apicaux supérieurs fortement étirés en une longue pointe grêle; vu de dessous, son bord apical apparaît fortement et très largement échancré; son bord apical est garni d'une rangée de forts poils épaissis. Appendice ventral du VII^e sternite peut-être brisé chez les spécimens étudiés, mais plus probablement absent, car la face ventrale du VII^e sternite ne montre pas de discontinuité pour son insertion. IX^e segment petit, avec tous ses angles arrondis et renforcé sur ses bords antérieur, apical et inférieur; il est aussi long que ses apodèmes antérieures et avec une nette apophyse ventrale apicale. Appendices inférieurs insérés au niveau du tiers apical du IX^e segment et en forts éperons rectilignes, régulièrement étroits, légèrement divergents et sans renflement basal inférieur. X^e segment de taille moyenne et avec sa face dorsale un peu sclérotisée. Edéage long, régulièrement grêle et sans particularité. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 1,75 mm.

Holotype ♂: Inde, Pauri Garhwal, Pauri Kal 21-23-IV-1958 (CNC 17709).

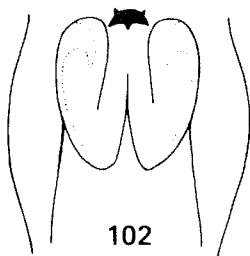
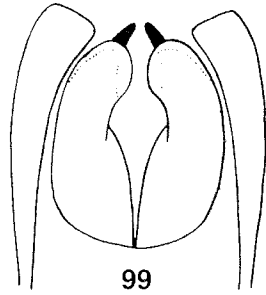
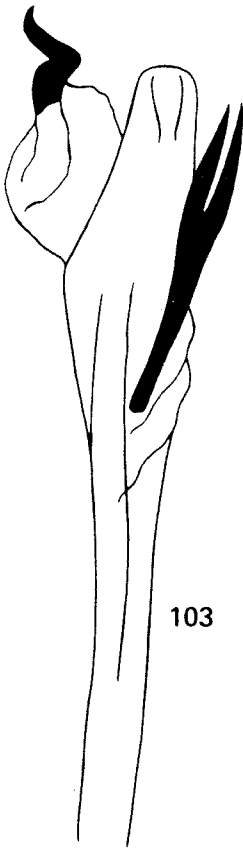
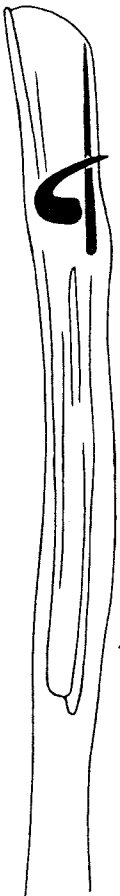
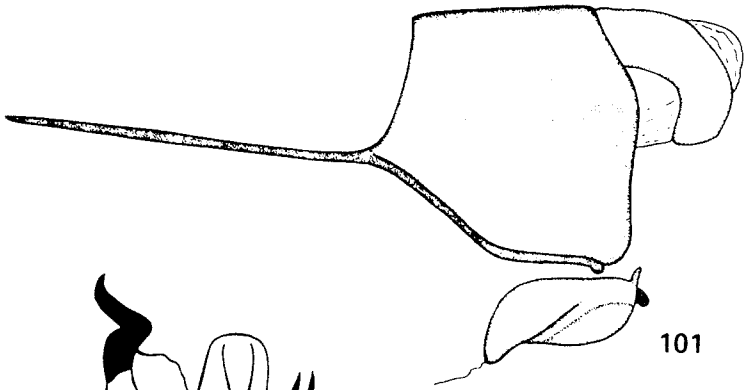
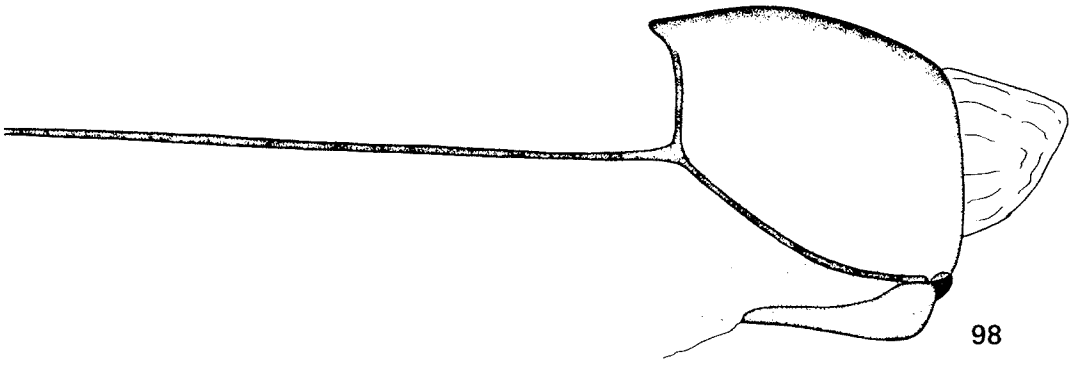
Cette espèce m'est connue de trois localités du Teri Garhwal et du Kumaon, où je l'ai capturée en avril, juin et octobre, entre 1 000 et 1 500 m d'altitude, près de petits et moyens ruisseaux agités, bordés ou non de gîtes madicoles. Elle cohabite avec *dori*.

S. nori est très voisin de *dori* dont il se distingue principalement par la forme et les proportions du VIII^e sternite.

STACTOBIA RADOVANOVICI Schmid

J'ai capturé cette espèce à plusieurs localités des Pauri et Teri Garhwals, en avril et août, entre 600 et 1 500 m d'altitude, près de petits ruisseaux très agités et de gîtes madicoles.

Je puis ajouter à la description originale que le VIII^e sternite et le IX^e segment peuvent s'écarter considérablement, tels une gueule béante, ce qui dégage les appendices inférieurs et leur permet probablement de remplir leur fonction. Un spécimen entièrement préparé possède un éperon aux tibias antérieurs.



Espèces isolées

STACTOBIA FROKI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex foncé. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 86-88): VIII^e segment pas spécialement développé, avec le sternite pas plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur atteignant les deux tiers de sa propre longueur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment apparaissant en rectangle très irrégulier, vu latéralement, un peu plus long que haut, avec ses angles latéraux antérieurs étirés, ses angles apicaux inférieurs largement arrondis et ses apodèmes antérieures un peu plus longues que lui-même. Appendices supérieurs fusionnés l'un à l'autre en une pièce impaire de développement considérable et d'une forme rappelant celle d'un chien de fusil, étant insérée sur le IX^e segment au milieu de sa longueur; vue latéralement elle apparaît comme deux pièces grêles, fortement recourbées vers le bas, l'une étant insérée sur la base de l'autre en un angle d'environ 130°; vue de face, la pièce supérieure se montre large, de forme complexe et terminée par deux ailettes latérales et une minuscule pointe médiane, toutes trois fortement sclérotisées; vue de face, la pièce inférieure apparaît régulièrement grêle et terminée par trois petites dents subapicales égales. Appendices inférieurs assez grands, apparaissant obtusément triangulaires, vus de profil, et avec leur bord postérieur concave; vus de face, ils se montrent à parois minces, concaves vers l'intérieur et emboitant l'extrémité inférieure de l'appendice supérieur. X^e segment assez grand et avec ses sclérites latéraux longs, grêles et avec leur extrémité décollée de son substrat. Édéage simple et grêle, avec son extrémité membraneuse et grêle et contenant une seule épine, mince et recourbée, en position médiane.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Lifakpo 15-III-1961 (CNC 17718).

Cette espèce ne m'est connue que de deux localités du Kameng, gros ruisseaux très agités, au lit irrégulier et très algueux,

en jungle très dense, entre 950 et 1 700 m d'altitude, où je l'ai capturée à mi-mars et à mi-mai.

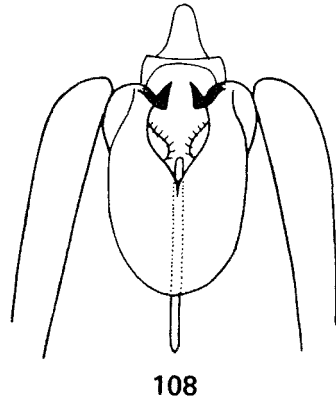
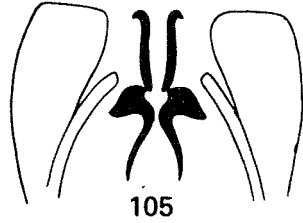
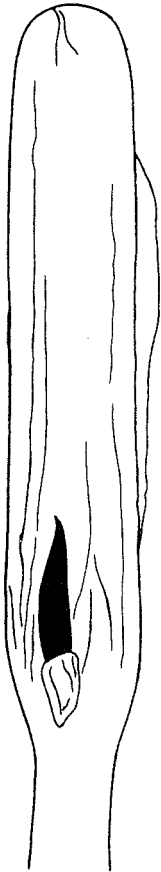
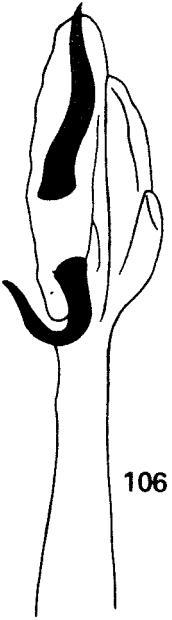
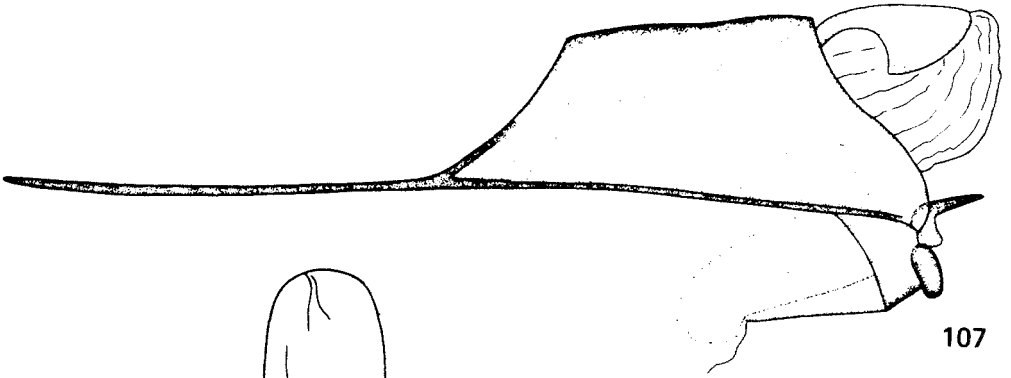
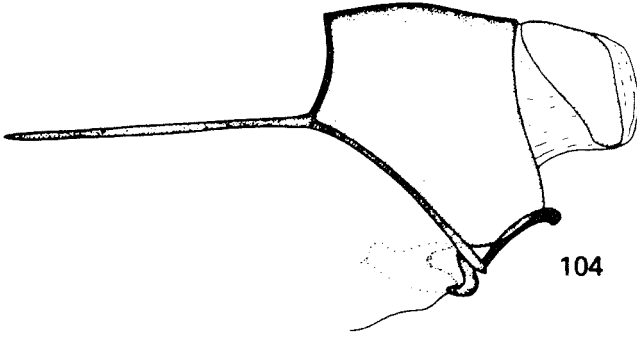
S. froki est unique dans le genre par la taille et la conformation de l'appendice supérieur. Par les sclérites latéraux du X^e segment partiellement libres et l'épine de l'édéage en position médiane, il se rapproche des espèces du groupe de *huor*.

STACTOBIA CALIN sp. nov.

Espèce noire, avec le vertex blanc et deux taches claires, inconstamment présentes aux ailes antérieures. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 89-91): VIII^e segment bien développé, avec le sternite environ deux fois plus long que haut et un faible prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite n'atteignant pas le niveau de la moitié de la longueur du VIII^e. IX^e segment assez bien développé, mais de forme quelque peu modifiée; vu de profil, il apparaît un peu plus court que haut, avec son bord latéral inférieur en position presque verticale et la partie inférieure de son bord apical en position presque horizontale; apodèmes antérieures à peine plus longues que le segment et en position très élevée; renforcement latéral du segment bien développé et avec son extrémité formant une épine grêle, aiguë et libre. Appendices supérieurs apparaissant, en vue latérale, comme un cylindre régulier et simple; en vue ventrale, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre pour former une pièce simple et environ 4 fois plus longue qu'épaisse; ils n'ont pas de contact avec le IX^e segment, mais semblent issus de la base des appendices inférieurs. Ces derniers apparaissent, en vue latérale, comme des cylindres aussi longs que l'appendice supérieur, un peu plus épais que lui et avec leur angle apical inférieur un peu proéminent; en vue ventrale, ils se montrent comme deux pièces ovales, fortement divergentes et à sommet fortement sclérotisé, situées tout près de l'épine du IX^e segment. X^e segment petit, formant un faible prolongement au IX^e et avec ses sclérites latéraux grêles et verticaux. Édéage surtout membraneux et peu sclérotisé; sa base forme un grand talon arrondi et armé d'une petite épine externe; son extrémité est grêle,

Figures 104-109. 104-106, *Stactobia nalin*: 104, génitalia ♂, vus de profil; 105, appendices, vus de dessous; 106, édéage. 107-109, *Stactobia beor*: 107, génitalia ♂, vus de profil; 108, appendices, vus de dessous; 109, édéage.



pointue et accompagnée d'un lobe latéral très grêle, flexible et portant une fine épine apicale recourbée; il y a une seule épine interne de petite taille.

Longueur de l'aile antérieure: 3 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Chug 15-IV-1961 (CNC 17710).

Cette espèce m'est connue du Pauri Garhwal, du Bengale occidental et du Sikkim, où je l'ai capturée en petit nombre. En Kameng, je l'y ai trouvée nettement plus commune. Elle peuple des biotopes très variés: sources plus ou moins marécageuses, petits, moyens et gros ruisseaux plus ou moins agités et moyennes rivières, entre 1 300 et 2 300 m d'altitude et vole du début d'avril à fin août. Elle vient occasionnellement à la lumière.

S. calin est facile à reconnaître à la forme modifiée du IX^e segment et spécialement à l'insertion des apodèmes, de même qu'à ses appendices formant un ensemble tripartite assez mobile.

STACTOBIA LONI sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 92-94): VIII^e segment bien développé, mais avec le sternite guère plus long que haut. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau de la moitié du VIII^e. IX^e segment court, un peu plus haut que long et avec toute sa partie latérale nettement et largement arrondie; apodèmes antérieures grêles et de même longueur que le segment lui-même; épaisissements latéraux bien développés et ne formant pas d'apophyse apicale. Appendices supérieurs apparemment absents. Appendices inférieurs apparaissant, en vue latérale, en demi-ovales irréguliers et atteignant un peu plus de la moitié de la longueur du IX^e segment; vus ventralement, ils se montrent accolés ou fusionnés l'un à l'autre et forment une pièce subcirculaire, avec deux paires de sclérotisations. X^e segment peu développé et sans sclérites latéraux. Édéage de grande taille, membraneux, plissé et inerme. ♀ inconnue.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂: Inde, Assam, United Jaintia and Khasi Hills, Mawpran 9-IV-1960 (CNC 17711).

Cette espèce ne m'est connue que par deux spécimens capturés près d'une moyen-

ne rivière de jungle dense roulant peu d'eau sur un très large lit de gros blocs rocheux, près de gîtes madicoles, vers 700 m d'altitude.

S. loni se reconnaît au IX^e segment et aux appendices inférieurs de forme arrondie et à l'édéage inerme.

STACTOBIA GLOIN sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes très étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 95-97): VIII^e segment bien développé, avec le sternite environ deux fois plus long que haut et avec le prolongement ventral antérieur assez long. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du milieu du VIII^e. IX^e segment apparaissant très développé en vue latérale, environ deux fois plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures plus courtes que lui-même; ses bords latéraux sont rectilignes avec un fort renforcement et l'angle apical inférieur droit et sans apodème. Appendices supérieurs fusionnés l'un à l'autre en un minuscule bouton. Appendices inférieurs apparaissant presque aussi longs que le IX^e segment, en vue latérale, et très obtusément arrondis à leur extrémité; en vue ventrale, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre sur le deux tiers de leur longueur et forment une pièce longuement ovale. X^e segment pas très grand et avec ses sclérites latéraux assez larges. Édéage de grande taille, entièrement membraneux, sans épines et avec un de ses angles apicaux fortement étiré en un lobe membraneux.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

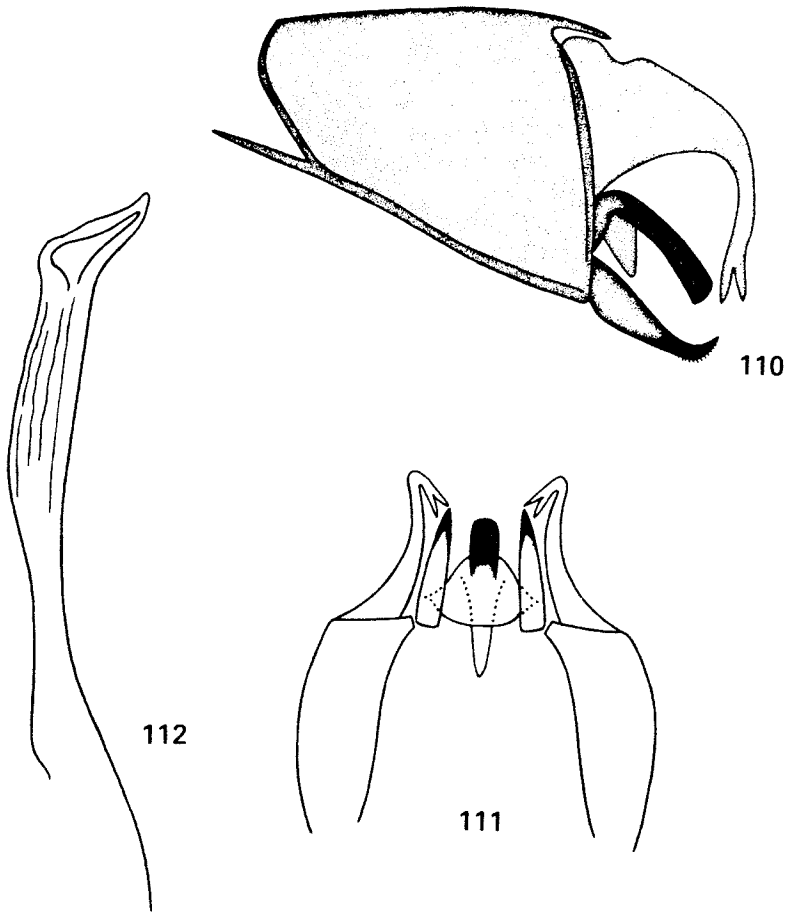
Holotype ♂: Inde, Teri Garhwal, Pau Kal 21-23-IV-1958. Allotype ♀: Inde, Teri Garhwal, Ampata 8-10-IV-1958 (CNC 17712).

Cette espèce m'est connue de plusieurs localités des Teri et Pauri Garhwals, où je l'ai capturée près de petits et moyens ruisseaux très agités, parfois bordés de gîtes madicoles et aussi près de moyennes rivières, entre 1 000 et 1 900 m d'altitude, en avril et en septembre, au filet et à la lumière.

S. gloin se reconnaît principalement à l'obtusité des appendices inférieurs et à la forme de l'extrémité de l'édéage.

STACTOBIA GROLIN sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes très étroites et effilées.



Figures 110-112, *Stactobia loki*: 110, génitalia ♂, vus de profil; 111, appendices, vus de dessous; 112, édéage.

Génitalia ♂ (fig. 98-100): VIII^e segment bien développé, avec le sternite deux fois plus long que haut et avec un fort prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du quart apical du VIII^e. IX^e segment apparaissant très obtus, vu de profil, de forme générale arrondie, légèrement plus long que haut et avec ses apodèmes antérieures très grêles et 2,5 fois plus longues que lui-même; le bord latéral du segment est convexe et l'angle apical inférieur très obtus et sans prolongement. Appendices supérieurs apparaissant minuscules et peu visibles, de profil; vus de dessous, ils apparaissent comme deux triangles convergents. Appendices inférieurs apparaissant longs, bas et peu saillants, vus de profil, et pres-

que aussi longs que le IX^e segment; vus de dessous, ils se montrent comme deux ovales recourbés l'un vers l'autre. Édéage long et grêle, très simple et armé de deux épines subapicales, l'une grêle et rectiligne et l'autre plus épaisse et recourbée.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, United Jaintia and Khasi Hills, Pynter 20-I-1958 (CNC 17713).

Cette espèce m'est connue de deux gîtes madicoles situés à 200 m d'altitude.

S. grolin est caractéristique par ses appendices inférieurs longs et bas et par la forme et la disposition des deux épines phaliques.

STACTOBIA DAIN sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Éperon des pattes antérieures absent. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 101-103): VIII^e segment relativement court, avec le sternite pas plus long que haut, mais avec son prolongement ventral antérieur relativement long. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant presque le niveau de l'extrémité du VIII^e. IX^e segment apparaissant bien développé, vu de profil, irrégulièrement quadrangulaire, aussi long que haut et avec ses apodèmes antérieures un peu plus longues que lui-même; ses épaississements latéraux se terminent un peu avant l'angle apical latéral du segment, qui est droit. Appendices supérieurs situés entre les appendices inférieurs et apparemment plus en contact avec le IX^e segment; vus latéralement, ils apparaissent comme de minuscules boutons; vus ventralement, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre pour former une pièce en demi-ovale et armée de trois petites pointes. Appendices inférieurs situés bien en-dessous du IX^e segment, en forme d'ovales irréguliers et atteignant les deux tiers de la longueur de ce segment; vus ventralement, ils se montrent comme deux ovales partiellement accolés. X^e segment assez petit et avec ses sclérites latéraux grands et recourbés vers le bas. Édéage long et grêle, nettement renflé et membraneux à son extrémité et portant deux grandes épines: une sub-apicale grêle, rectiligne et profondément clivée et une apicale plus épaisse et tordue sur elle-même.

Longueur de l'aile antérieure: 1,75 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, United Jaintia and Khasi Hills, Mawkap 18-III-1960 (CNC 17714).

Cette espèce m'est apparue commune et abondante dans les Khasi et les Lushai Hills, alors que je ne l'ai pas rencontrée dans l'État de Manipour. Je l'ai capturée entre 50 et 1 200 m d'altitude, de décembre à mars et en octobre, ce qui indique qu'elle vole probablement toute l'année. Elle fréquente surtout les ruisseaux de grandeur moyenne, plus ou moins agités, mais aussi les moyennes rivières, petits ruisseaux, ruisselets et gîtes madicoles.

S. dain est facile à reconnaître aux deux grandes épines de l'édéage.

STACTOBIA NALIN sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex brun. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 104-106): VIII^e segment bien développé, avec le sternite un peu plus long que haut et avec son prolongement ventral antérieur assez long. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant presque le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment apparaissant un peu plus court que haut, vu de profil, irrégulièrement pentagonal et avec ses apodèmes antérieures un peu plus longues que lui-même; ses renforcements latéraux sont grêles et leur extrémité est proéminente et dépasse le bord ventral du segment. Appendices supérieurs très longs, grêles et recourbés vers le bas et l'extérieur à leur extrémité. Appendices inférieurs apparaissant très petits, vus de profil; vus de dessous, ils montrent une forme complexe et inattendue. X^e segment de taille moyenne et avec ses sclérites latéraux en grands triangles. Édéage avec son extrémité très volumineuse et pourvue de deux très fortes épines: une sub-apicale recourbée sur elle-même et une apicale plus épaisse et légèrement ondulée.

Longueur de l'aile antérieure: 1,75 mm.

Holotype ♂ et allotype ♀: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Lungdur 14-III-1961 (CNC 17715).

Cette espèce m'est connue des Khasi Hills et du Kameng, où je l'ai capturée près de petits et moyens ruisseaux très agités, au lit de gros blocs rocheux, en mars, avril et mai, entre 900 et 1 200 m d'altitude.

S. nalin se reconnaît facilement à la forme du IX^e segment, aux appendices supérieurs grêles et aux deux grandes épines phalliques.

STACTOBIA BEOR sp. nov.

Espèce entièrement noire, avec le vertex blanc. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 107-109): VIII^e segment bien développé, avec le sternite deux fois plus long que haut et avec un long prolongement ventral antérieur. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau de l'apex du VIII^e. IX^e segment apparaissant très développé, vu latéralement, deux fois et demie plus long que haut, avec ses angles latéraux antérieurs étirés et les apo-

dèmes antérieures aussi longues que lui-même; ses angles apicaux inférieurs sont bombés, mais sans apophyse. Appendices supérieurs apparaissant comme une pointe effilée et pourvue d'un angle inférieur net, vus de profil; vus de dessous, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre pour former une pièce à large base et à extrémité en triangle arrondi. Appendices inférieurs apparaissant de forme complexe, vus latéralement, dépassant la moitié de la longueur du IX^e segment et terminés par un bouton ovale; vus de dessous, ils se montrent fusionnés l'un à l'autre sur la moitié de leur longueur, avec leur extrémité convexe vers l'extérieur et leur angle apical interne formant une pointe nettement coudée au milieu de sa longueur. X^e segment grand et avec ses sclérites latéraux larges, mais amincis à leur base. Édéage de très grande taille, aplati dorso-ventralement, arrondi et simple à son extrémité et contenant une épine basale, courte et épaisse.

Longueur de l'aile antérieure: 2 mm.

Holotype ♂: Inde, Assam, NEFA, Kameng Frontier Division, Dirang Dzong 9-IV-1961 (CNC 17716).

Cette espèce m'est connue de quelques localités du Pauri Garhwal, Bengale occidentale, Kumaon et Kameng. Je l'ai capturée près de gros ruisseaux roulant des eaux fraîches sur un lit de gros blocs rocheux, entre 1 500 et 1 800 m d'altitude, au début d'avril, mi-août et mi-septembre.

S. beor est caractéristique par la longueur du IX^e segment, la forme des appendices et surtout par son édéage plat et contenant une forte et courte épine basale.

STACTOBIA LOKI sp. nov.

Espèce brune, pas très foncée, avec le vertex blanc et des poils clairs, parsemés, aux ailes antérieures. Ailes moyennement étroites et effilées.

Génitalia ♂ (fig. 110-112): VIII^e segment pas très bien développé; tergite nettement réduit; sternite pas plus long que haut et apparaissant subcirculaire, vu de dessous. Appendice ventral du VII^e sternite atteignant le niveau du tiers apical du VIII^e. IX^e segment montrant une forme assez particulière, vu de profil, avec sa partie antérieure réduite en hauteur et les apodèmes antérieures obliques, très courtes et situées dans le prolongement du bord latéral du segment; le bord apical est vertical et l'angle apical

inférieur simple et aigu; la partie dorsale apicale forme une petite languette recouvrant la base du X^e segment. Appendices supérieurs grands et proéminents, très chitineux, dirigés vers le bas et avec une languette basale inférieure; vus de dessous, ils apparaissent entièrement fusionnés l'un à l'autre et former un court cylindre inséré sur une base étalée. Appendices inférieurs grands, proéminents, en ergots simples, faiblement recourbés vers le haut, largement distants l'un de l'autre et encadrant les appendices supérieurs. X^e segment grand, entièrement mais faiblement slérotisé, sans partie membraneuse et de forme très particulière; il est entièrement clivé et forme deux branches recourbées à angle droit vers le bas, s'amincissant considérablement vers le milieu de leur longueur et simple, ou bifide, à leur extrémité. Édéage pas très grand, relativement grêle, inerme et un peu coudé avant son extrémité.

Longueur de l'aile antérieure: 2-2,5 mm.

Holotype ♂: Inde, Teri Garhwal, Pau Kal 21-23-IV-1958 (CNC 17717).

Cette espèce m'est connue d'une série de localités des Pauri et Teri Garhwals et du Kumaon, où je l'ai trouvée, en général en spécimens isolés, du début d'avril au début de juin et en septembre, entre 800 et 1 800 m d'altitude. Elle semble fréquenter des biotopes très variés: grandes rivières aux eaux très rapides, moyennes rivières agitées, aux eaux claires et froides ou, au contraire, aux eaux assez chaudes et turbides, ruisseaux, ruisselets et gîtes madicoles.

S. loki est une espèce unique dans le genre par la forme des deux derniers segments et des appendices.

STACTOBIA MORETTII Schmid

J'ai à nouveau rencontré cette espèce à trois localités du Pauri Garhwal et du Kumaon, où je l'ai capturée près de petits et moyens ruisseaux très agités, en mai, juillet et septembre, entre 1 800 et 2 200 m d'altitude. Connaissant aujourd'hui beaucoup plus d'espèces et disposant de plus de matériel, je juge préférable de retirer *morettii* du groupe de *nielseni* où je l'avais placée avec quelques doutes en 1959. Le IX^e segment peu réduit en hauteur, la taille normale du VIII^e sternite et la grande épine phallique justifient cette nouvelle classification parmi les espèces isolées.

Liste des espèces

Je ne cite que les synonymes reconnus depuis 1959. Seules les espèces décrites depuis cette date sont pourvues de références bibliographiques.

GROUPE DE *FURCATA*

furcata Mosely. Corse, Var, Italie, Espagne, Portugal.

kimminsi Schmid. Iran septentrional.

beatensis Mosely. Pyrénées, Sicile.

maclachlani Kimmins. France, Allemagne, Espagne, Yougoslavie, Roumanie.

S. botosaneanui Schmid 1959 in Misc. Zool., 1 : 19.

S. delamarei Coinaud & Jacquemart 1961 in Vie Milieu, 12 : 537.

caspersi Ulmer. Bulgarie, Italie, Grèce, Israël.

S. eretziana Botosaneanu & Gasith 1971 in Isr. J. Zool., 20 : 96.

moselyi Kimmins. France, Italie, Suisse, Allemagne.

intermedia Gonzalez & Terra. Espagne, Portugal.

S. intermedia Gonzalez & Terra 1981 in Nouv. Rev. Ent., 11 : 203.

malacantosa Schmid. Espagne.

maculata Vaillant. Algérie, Sardaigne.

fuscicornis Schneider. Italie, Sicile.

ericae Malicky. Sardaigne.

S. ericae Malicky 1981 in Entomofauna, Z. Ent., 2 (27) : 337.

freyi Nybom. Canaries.

gomerina Botosaneanu. Canaries.

S. gomerina Botosaneanu 1981 in Ent. Ber., 41 : 188.

storai Nybom. Ténériffe, Canaries.

nybomi Schmid. Madère.

atra Hagen. Madère.

algira Vaillant. Algérie.

monnioti Jacquemart. Chypre, Crète, Rhodes.

S. monnioti Jacquemart 1963 in Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg., 39 (13) : 1.

S. monnioti; Jacquemart 1973 in Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg., 49 (4) : 3.

S. jacquemarti Malicky 1977 in Nachricht. Bayer. ent., 26 (4) : 67.

margalita Botosaneanu. Israël.

S. margalita Botosaneanu 1974 in Isr. J. Ent., 9 : 168.

eatonilla MacLachlan. Pyrénées, Alpes centrales, Jura, Italie.

GROUPE DE *MARTYNOVI*

dwalur sp. nov. Bengale occidentale (fig. 2-4).

balur sp. nov. Khasi hills (fig. 5-6).

martynovi Schmid. Himalaya du Pakistan.

balin sp. nov. Bengale occidentale, Sikkim (fig. 7-9).

dwalin sp. nov. Pauri Garhwal (fig. 10-12).

gimli sp. nov. Pauri Garhwal (fig. 13-15).

gwili sp. nov. Kameng (fig. 16-18).

forsslundi Schmid. Iran septentrional.

malickyi Mey. Tien-Shan.

S. malickyi Mey 1981 in Dt. Ent. Z., 28 (I-III) : 56.

mayeri Schmid. Iran septentrional.

S. decosteri Jacquemart 1965 in Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg., 41 (33) : 6.

marlieri Schmid. Iran septentrional.

urania Malicky. Chypre.

S. urania Malicky 1976 in Z. Arb. Öst. Ent. 27 (3-4) : 93.

thorin sp. nov. Pauri Garhwal (fig. 19-21).

thrain sp. nov. Sikkim (fig. 22-24).

klapaleki Schmid. Himalaya et Karakoram du Pakistan, Tien-Shan.

S. olgae Mey 1981 in Dt. Ent. Z., 28 (I-III) : 57.

olgae Martynov. Tien-Shan (fig. 28-30).

tjederi Schmid. Himalaya du Pakistan, Pauri Garhwal.

fischeri Schmid. Ceylan.

durin sp. nov. Bengale occidentale (fig. 25-27).

döhleri Schmid. Himalaya et Karakoram du Pakistan.

ulmeriana Schmid. Himalaya du Pakistan.

schmidi Kimmins. Népal, Pauri et Teri Garhwal, Kumaon (fig. 31).

S. schmidi Kimmins 1964 in Bull. Br. Mus. nat. Hist. Ent., 15 (2) : 47.

GROUPE DE *THROLI*

ori sp. nov. Sikkim (fig. 32-34).

oin sp. nov. Pauri Garhwal (fig. 35-37).

noldi sp. nov. Kumaon (fig. 38-40).

teldi sp. nov. Kumaon (fig. 41-43).

throli sp. nov. Sikkim (fig. 44-46).

GROUPE DE *HUOR*

snori sp. nov. Bengale occidentale, Sikkim, Kameng (fig. 47-49).

snufi sp. nov. Sikkim (fig. 50-52).

quadrispina Kimmins. Birmanie septentrionale.

thror sp. nov. Kameng (fig. 53-55).

throhir sp. nov. Manipour (fig. 56-58).

hurin sp. nov. Pauri Garhwal, Kumaon, Kameng (fig. 59-61).

huor sp. nov. Bengale occidentale, Kameng (fig. 62-64).

tuor sp. nov. Manipour (fig. 65-66, 73).

bifur sp. nov. Khasi Hills (fig. 67-68, 74).

bofur sp. nov. Manipour (fig. 69-70, 75).

nailli sp. nov. Bengale occidentale (fig. 71-72, 76).

GROUPE DE *VAILLANTI*

vallanti Schmid. Guinée africaine.

aurea Mosely. Ruwenzori.

GROUPE DE *NIELSENI*

- nielseni** Schmid. Iran, Bélouchistan, Indou-Kouch et Himalaya du Pakistan, Pauri Garhwal.
fahjia Mosely. Aden.
pacatoria Dia & Botosaneanu. Liban.
S. pacatoria Dia & Botosaneanu 1980 in *Bijdr. Dierk.* 50 (2) : 369.
smoli sp. nov. Khasi Hills (fig. 77-79).
beren sp. nov. Kameng (fig. 80-83).
risiana Schmid. Bélouchistan et Himalaya du Pakistan.
dori sp. nov. Provinces Unies, Pauri et Teri Garhwals, Kumaon, Sikkim, Khasi Hills (fig. 84).
nori sp. nov. Pauri Garhwal, Kumaon (fig. 85).
radovanovici Schmid. Bélouchistan et Indou-Kouch du Pakistan, Pauri et Teri Garhwals.
bolzei Jacquemart. Iran.
S. bolzei Jacquemart 1965 in *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 41 (33) 8.
crassa Ulmer. Java.

ESPÈCES ISOLÉES

- froki** sp. nov. Kameng (fig. 86-88).
calin sp. nov. Pauri Garhwal, Bengale occidentale, Kameng (fig. 89-91).
loni sp. nov. Khasi Hills (fig. 92-94).
gloin sp. nov. Pauri et Teri Garhwals, Kumaon (fig. 95-97).
grolin sp. nov. Khasi Hills (fig. 98-100).
dain sp. nov. Khasi Hills (fig. 101-103).
nalin sp. nov. Khasi Hills, Kameng (fig. 104-106).
beor sp. nov. Kumaon, Pauri Garhwal, Bengale occidentale, Kameng (fig. 107-109).
loki sp. nov. Pauri et Teri Garhwals, Kumaon (fig. 110-112).
morettii Schmid. Himalaya du Pakistan, Pauri Garhwal, Kumaon.

Références

Seuls les ouvrages parus depuis 1959
sont cités ici

- BOTOSANEANU, L., 1974. Quatre nouvelles espèces palestiniennes de Trichoptères — *Isr. J. Ent.*, 9 : 159-174.
 BOTOSANEANU, L., 1981. On some Trichoptera collected by Mrs Drs A.C. Ellis and R.W.N. Ellis on Gomera (Canary Islands) — *Ent. Ber.*, 41 : 186-190.
 BOTOSANEANU, L. & A. GASITH, 1971. Contributions taxonomiques et écologiques à la connaissance des Trichoptères d'Israël — *Isr. J. Zool.*, 20 : 89-129.
 COINEAU, Y. & S. JACQUEMART, 1961. Un Trichoptère hydroptilide nouveau des Pyrénées orientales — *Vie Milieu*, 12 : 537-563.
 DIA, A. & L. BOTOSANEANU, 1980. Une *Stactobia* nouvelle du Liban, ses stades aquatiques et leurs constructions — *Bijdr. Dierk.*, 50 (2) : 369-374.
 GONZALEZ, M.A. & L.S. TERRA, 1981. Una nueva especie del genero *Stactobia* en la Peninsula Iberica — *Nouv. Rev. Ent.*, 11 (2) : 203-206.
 JACQUEMART, S., 1963. Un Trichoptère nouveau de Chypre : *Stactobia monnioti* n. sp. — *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 39 (15) : 1-9.
 JACQUEMART, S., 1965. Résultats de l'expédition belge au Moyen-Orient. Sept. Trichoptères nouveaux de Turquie et d'Iran — *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 41 (33) : 1-19.
 JACQUEMART, S., 1973. Descriptions de deux Trichoptères hydroptilides nouveaux et de l'imago de *Stactobia monnioti* Jacquemart — *Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg.*, 49 (4) : 1-16.
 KIMMINS, D.E., 1964. On the Trichoptera of Nepal — *Bull. Br. Mus. nat. Hist. Ent.*, 15 (2) : 35-55.
 MALICKY, H., 1975 (1976). Beschreibung von 22 neuen west-palaearctischen Köcherfliegen — *Z. Arb. Gem. ost. Ent.*, 27 (3-4) : 89-104.
 MALICKY, H., 1977. Weitere neue und wenig bekannte mediterrane Köcherfliegen — *Nachr. Bayer. Ent.*, 26 (4) : 65-77.
 MALICKY, H., 1981. Weiteres neues über Köcherfliegen aus dem Mittelmeergebiet — *Entomofauna Z. Ent.*, 2 (27) : 335-356.
 MARSHALL, J. E., 1979. A review of the genera of the Hydroptilidae — *Bull. Br. Mus. nat. Hist. Ent.*, 39 (3) : 135-239.
 MEY, W., 1981. Die von R. Jung und A. Muller in Mittelasien gesammelten Köcherfliegen — *Dt. ent. Z.*, 28 (I-III) : 55-66.
 MORETTI, G. P. & F. CIANFICCONI, 1981. First list of Italian Trichoptera — *Proc. 3rd Int. Symp. Trich. Ser. Ent.*, Junk, The Hague, 20 : 199-211.
 SCHMID, F., 1959. Le genre *Stactobia* McL. — *Misc. Zool.*, 1 (2) : 1-56.
 SCHMID, F., 1980. Les insectes et arachnides du Canada. Partie 7. Généra des Trichoptères du Canada et des États adjacents. — *Agric. Can. Publ. n° 1692*, 296 p.

SEED AND SEEDLING CHARACTERS IN *VACCINIUM* § *MYRTILLUS*

S.P. VANDER KLOET

Department of Biology, Acadia University
Wolfville, Nova Scotia B0P 1X0

Résumé

L'étude des graines et de la morphologie des jeunes plants de sept espèces de *Vaccinium* § *Myrtillus* indique que la sculpture de l'arille varie peu entre espèces et que les tigelles primaires sont revêtues d'épaisses feuilles vertes, glandulaires sur le dos et possédant des dents acérées. Chez *V. parvifolium*, ces feuilles peuvent persister jusqu'à la quatrième année. La morphologie commune des arilles et des jeunes plants n'indique pas nécessairement que ce groupe a récemment évolué. Cependant, la germination des graines reflète la sélection de l'habitat.

Abstract

A survey of seed and seedling morphology of seven species of *Vaccinium* § *Myrtillus* revealed that seed coat sculpture showed little interspecific variation and that the primary shoots bore similar thick, sharply serrate dorsally glandular green leaves. In *V. parvifolium* such leaves may persist until the plants are four years old. These shared seed coat morphologies and juvenile features do not necessarily mean that the section has recently evolved. Seed germination, however, reflects habitat selection.

Introduction

Compared to *Vaccinium* § *Cyanococcus* A. Gray (the blueberries) and *Vaccinium* § *Oxycoccus* (Hill) Koch (the cranberries), relatively little is known about seed size and shape, seed germination, and seedling morphology of the North American taxa of *Vaccinium* § *Myrtillus* Dumortier. To that end I collected from 124 shrubs at least six ripe berries during the fruiting seasons of 1974, 1979, 1980, 1981 and 1982; the collections represented *V. myrtillus* L., *V. ovalifolium* Smith, *V. caespitosum* Michx., *V. membranaceum* Douglas, *V. scoparium* Leiburg ex Coville, and *V. deliciosum* Piper. Vouchers are in ACAD.

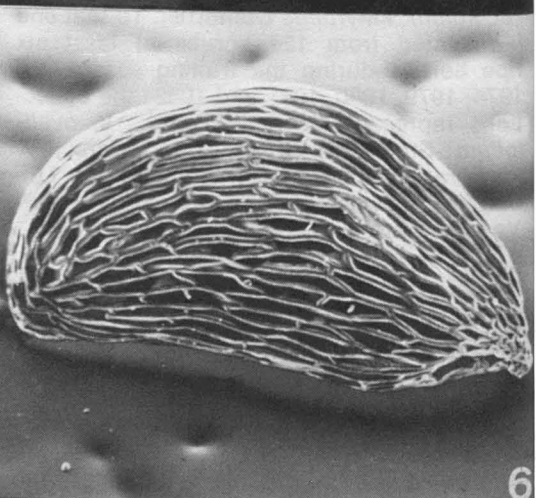
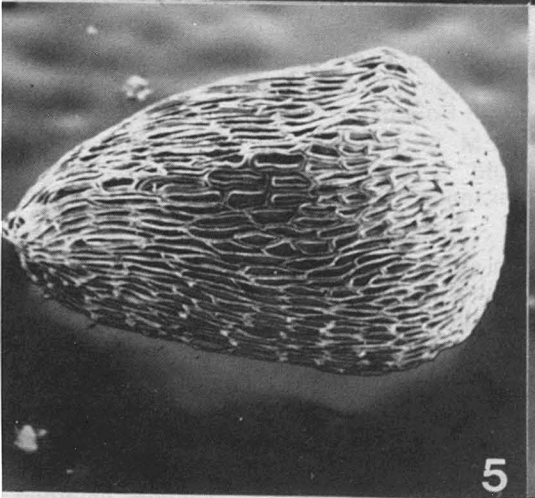
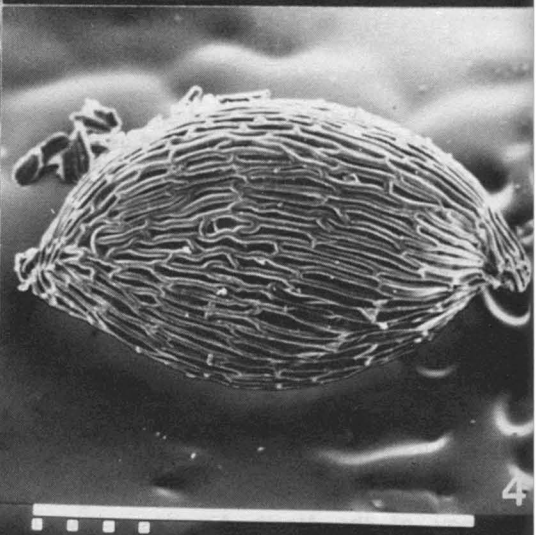
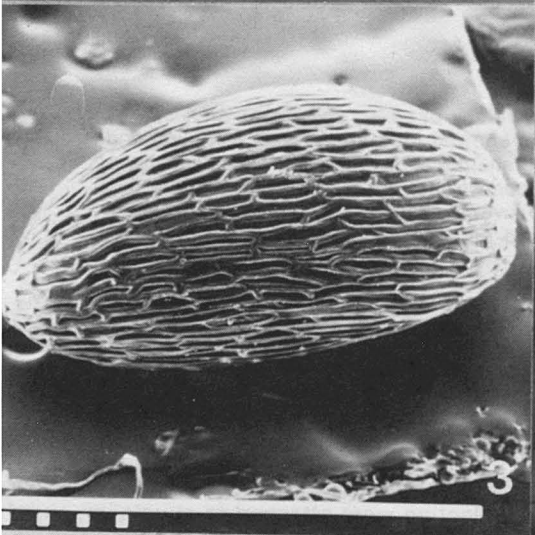
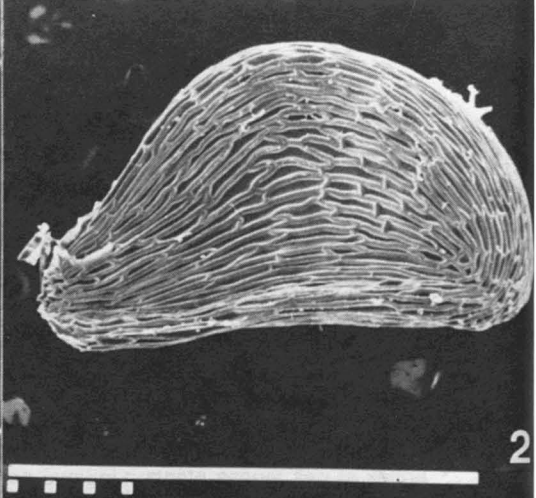
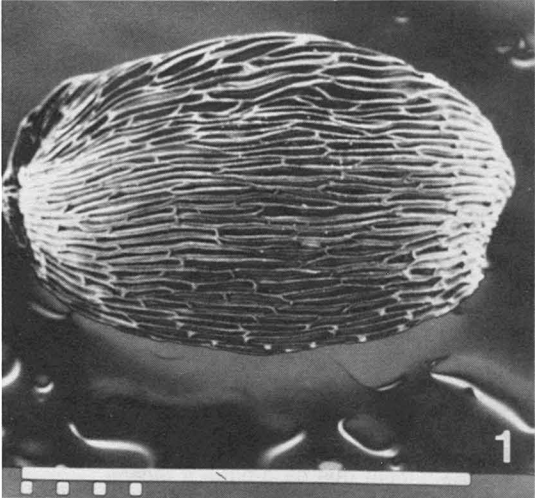
Methods

Berries were measured to the nearest millimetre. Seeds were washed from the berries, air dried, and the large, plump, brown seeds were separated from the small, pale or collapsed ones, and each batch was counted. From the plump seeds, 10 were

randomly selected and weighed individually to 0.001 mg on a Cahn Model 4100 electronic balance. Means and standard deviations were calculated for seeds from each accession number and expressed as mg/100 seeds.

Also a few of the plump seeds from each collection were attached to aluminium stubs with silver conductive paint and layered with gold in a vacuum evaporator. Specimens were observed with a JEOL JSM-255 scanning electron microscope (SEM) and photographed with Polaroid P/N 55 film. Figures 1-9 show SEM photographs of whole-seed mounts and seed-coat surfaces of the species examined.

The remaining seeds were either stored in sealed jars at 2°C for at least 6 months and then placed in pots on a 1:1 peat-sand mixture in a misting chamber in the greenhouse or germinated fresh on a 1:1 peat-sand mixture in a misting chamber. Stored seeds were germinated under 14 hours of light at 28 ± 5°C and 10 hours of darkness at 13 ± 2°C. Fresh seeds were germinated under a similar regime or at temperatures of 22 ± 3°C/5 ± 2°C. When the cotyledons emerged,



pots were removed from the misting chamber, placed on greenhouse benches and watered daily, if necessary. Days to emergence of radicles, cotyledons and first leaves, and percentage of germination were recorded. Three months after germination, five or more vigorous seedlings were pricked off. Each was set out in a 10 cm clay pot, and watered when necessary.

Seedling leaves and twigs were examined under a dissecting microscope and several leaves were examined with the scanning electron microscope as well. Samples were prepared and air-dried according to Albrigo's (1972) procedures.

Provenance of seeds

Collection numbers are those of the author unless indicated otherwise.

Vaccinium caespitosum Michx.

Newfoundland: St. Anthony, Tower Hill, 527874, 627874. Nova Scotia: Kings County: Gaspereau, Black River Valley, 116975, 126777. New Brunswick: Charlotte County: St. David's Ridge, 412881, 512881, 123882, 223882 and 323882. Québec: Argenteuil County: Beaven Lake, near Arundel, 12776 and 12882. Alberta: near Seebe, along Hwy 1, 22.3 km E of jct with Hwy 40, 125879; Jasper, Whistler Mt., 1700 msm, 153979. British Columbia: Eagle Pass, 1200 msm, along Hwy 1, 200 m W of the Craigellachie Historic Marker on the CPR, 728879, 828879; Valemount, 1200 msm, along Hwy 5, 5.6 km S of Jct Hwy 5 and 16, 73979; Hwy 5 at Blue River, 1000 msm, 50 m behind Sandman Hotel, 23979, 33979; Vancouver Island, Forbidden Plateau, Paradise Meadows, 1590 msm, 92979, 102979, 152979, and 232979.

Vaccinium deliciosum Piper

British Columbia: Manning Province Park, near Blackwell Peak, 1700 msm, 121780, 221780 and 323780; North Vancouver, Mt. Seymour Provincial Park, 1100 msm, 115780, 215780, 315780, 415780, 515780, 615780, 715780, 529879, 729879 and 1129879. Vancouver Island, Forbidden Plateau, Paradise Meadows, 1590 msm, 142979, 212979, 222979.

Vaccinium membranaceum Douglas

Alberta: Jasper, Whistler Mt., 2100-1750 msm, 103979, 133979. British Columbia: Hwy 1 at Rogers Pass, 1320 msm, 628879; North Vancouver, Mt. Seymour Provincial Park, 1000-1100 msm, 429879, 829879, 929879 and 1329879; Hwy 5 at Blue River, 1000 msm, 500 m behind the Sandman Motel, 53979; Vancouver Island, Forbidden Plateau, Paradise Meadows, 1590 msm, 42979 and 132979. Washington: King County: North Bend, Mt. Si, 1300 msm, 626780, 926780.

Vaccinium myrtillus L.

Alberta: Banff National Park, Lake Louise, Mirror Lake-Lake Agness Environs, 1800-2000 msm, 325879, 425879, 525879 and 825879; Banff National Park, Moraine Lake, trail towards Larch Valley, 1857-1950 msm, 727879 and 827879. U.K. England: Dumbartonshire: Bowling, Glen Arbuck, McAllister s.n. in 1977; West Yorkshire; Ryecroft moor near Kelston, McAllister s.n. in 1977.

Vaccinium ovalifolium Smith

Newfoundland: St. Anthony: Tower Hill, 228874, 328874 and 428874. British Columbia: Hwy 1 at Roger's Pass, 1320 msm, 1227879; North Vancouver, Mt. Seymour Provincial Park, 600-1100 msm, 129879, 629879, 1229879, 1115780, 1215780 and 1415780; Hwy 5 at Blue River, 1000 msm, 500 m

TABLE I

Comparison of fruit and seed features in the North American taxa of *Vaccinium* § *Myrtillus*

Taxon	n	Berry diameter (mm)	Large seeds/berry	Seed weight (mg/100)	Imperfect seeds berry
<i>V. myrtillus</i>	37	8 ± 1	20 ± 11	25 ± 4	18 ± 7
<i>V. membranaceum</i>	86	10 ± 1	19 ± 9	30 ± 3	12 ± 6
<i>V. caespitosum</i>	115	8 ± 1	10 ± 3	22 ± 2	41 ± 15
<i>V. deliciosum</i>	102	10 ± 1	20 ± 6	32 ± 4	19 ± 11
<i>V. ovalifolium</i>	110	9 ± 1	26 ± 9	29 ± 15	33 ± 17
<i>V. scoparium</i>	84	5 ± 1	5 ± 4	13 ± 3	9 ± 5
<i>V. parvifolium</i>	155	8 ± 2	18 ± 6	33 ± 5	26 ± 10

± = one standard deviation.

Figures 1-6. Scanning electron micrographs of *Vaccinium* seeds × 55. 1. *V. membranaceum*, Vander Kloet 1329879 (ACAD). 2. *V. scoparium*, Vander Kloet 225879 (ACAD). 3. *V. deliciosum*, Vander Kloet 1129879 (ACAD). 4. *V. caespitosum*, Vander Kloet 92979 (ACAD). 5. *V. parvifolium*, Vander Kloet 229879 (ACAD). 6. *V. myrtillus*, Vander Kloet 82789 (ACAD).

behind Sandman Motel, 43979; Vancouver Island, Forbidden Plateau, Paradise Meadows, 1590 msm, 22979, 62979 and 202979. Washington: King County, North Bend, Mt. Si, 1300 msm, 436780, 267780 and 826780.

Vaccinium parvifolium Smith

British Columbia: Hwy 1 at Eagle Pass, 1600 msm, 200 m W of the Craigellachie Historic Marker, 228879, 328879. Vancouver, University of British Columbia Forest Lands, 112780, 212780 and 312780; North Vancouver, Mt. Seymour Provincial Park, 600 msm, 1315780, 229879; Vancouver Island, Shirley District, Block 70, Muir Creek Logging Company, 431879; Vancouver Island, 4.1 km NW of River Jordan, 631879, 731879,

831879 and 931879; Vancouver Island, Forbidden Plateau, Paradise Meadows, 12979. Washington: King County: North Bend, Mt. Si, 600-900 msm 126780, 226780, 326780, and 726780; Thurston County: 7 mi W of Tumwater, along SR8, 227780, 327780 and 427780; Pacific County: South Bend, 727780; Island County: Whidbey Island, near Oak Harbor, 128780, 228780 and 328780.

Vaccinium scoparium Leiburg ex Coville

Alberta: Banff National Park, Lake Louise, Mirror Lake-Lake Agness Environs, at 200-1800 msm, 225879 and 725879; Banff National Park, Moraine Lake, towards Larch Valley at 1857-1950 msm, 126879, 226879, 927879 and 1027879; Jasper, Whistler Mt. at 3200-2000 msm, 173979 and 183979.

TABLE II

Germination characteristics of *Vaccinium* § *Myrtillus*
Seeds freshly extracted from berries and sown under a regime of 14 hours light at $28 \pm 5^\circ\text{C}$ and 10 hours darkness at $13 \pm 2^\circ\text{C}$ *

Taxon	Number of seeds sown	Percent germination	Days to first radicle emergence	Days to first cotyledon	Days to first true leaf
<i>V. parvifolium</i>	144	21	27 ± 3	44 ± 7	58 ± 7
<i>V. ovalifolium</i>	177	75	13 ± 2	23 ± 3	36 ± 3
<i>V. deliciosum</i>	153	81	13 ± 2	24 ± 2	37 ± 3
<i>V. membranaceum</i>	95	93	12 ± 2	22 ± 2	37 ± 4
<i>V. scoparium</i>	43	17	22 ± 14	29 ± 9	51 ± 8
<i>V. caespitosum</i>	167	53	16 ± 2	33 ± 4	47 ± 5
<i>V. myrtillus</i>	48	83	10 ± 3	21 ± 4	36 ± 3

± = one standard deviation.

* Five replicates were sown for each species.

TABLE III

Germination characteristics of *Vaccinium* § *Myrtillus*.
Seeds dried, stored at 2°C for 6 to 12 months, and sown under a regime of 14 hours light at $28 \pm 5^\circ\text{C}$ and 10 hours darkness at $13 \pm 2^\circ\text{C}$ *

Taxon	Number of seeds sown	Percent germination	Days to first radicle emergence	Days to first cotyledon	Days to first true leaf
<i>V. parvifolium</i>	412	19	23 ± 1	41 ± 1	55 ± 6
<i>V. ovalifolium</i>	1253	87	14 ± 2	24 ± 3	36 ± 2
<i>V. deliciosum</i>	472	88	14 ± 1	23 ± 2	36 ± 2
<i>V. membranaceum</i>	696	82	11 ± 2	19 ± 2	35 ± 3
<i>V. scoparium</i>	158	56	18 ± 12	27 ± 10	47 ± 7
<i>V. caespitosum</i>	187	77	11 ± 1	20 ± 1	30 ± 2
<i>V. myrtillus</i>	697	76	13 ± 4	25 ± 4	39 ± 2

± = one standard deviation.

* Ten replicates were sown for each species.

Figures 7-12. Scanning electron micrographs of *Vaccinium* seeds and glands. Seeds, $\times 55$; glands, $\times 330$. 7. *V. myrtillus*, McAllister s.n. (ACAD). 8. *V. ovalifolium*, Vander Kloet 629879 (ACAD). 9. *V. myrsinites*, Vander Kloet ABS-SW11 (ACAD). 10. *V. parvifolium*, abaxial leaf blade of 2nd year leaf, Vander Kloet 731879 (ACAD). 11. *V. myrtillus*, 1st year leaf, McAllister s.n. (ACAD). 12. *V. ovalifolium*, 1st year leaf, Vander Kloet 132979 (ACAD).

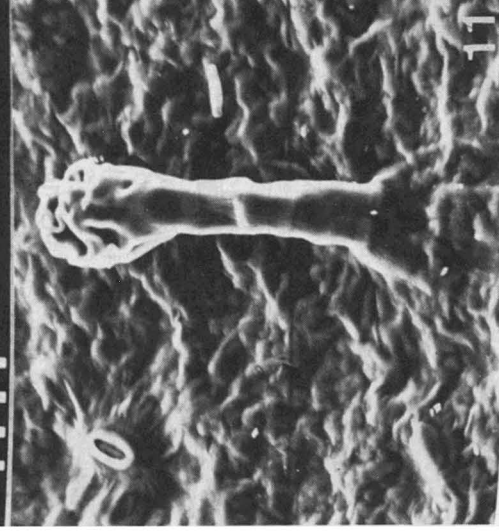
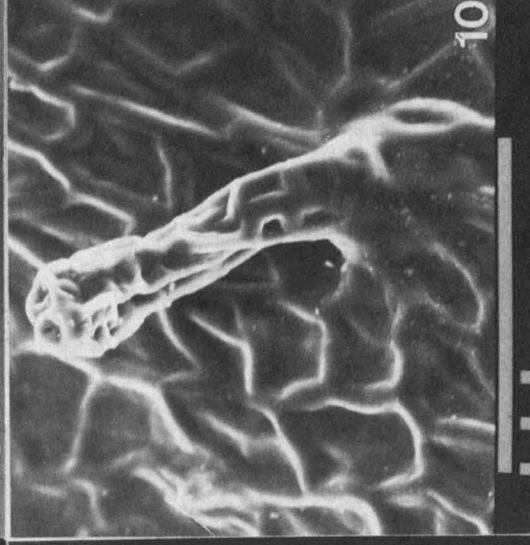
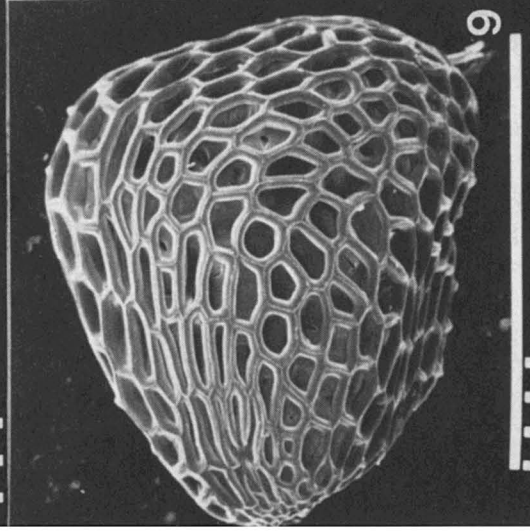
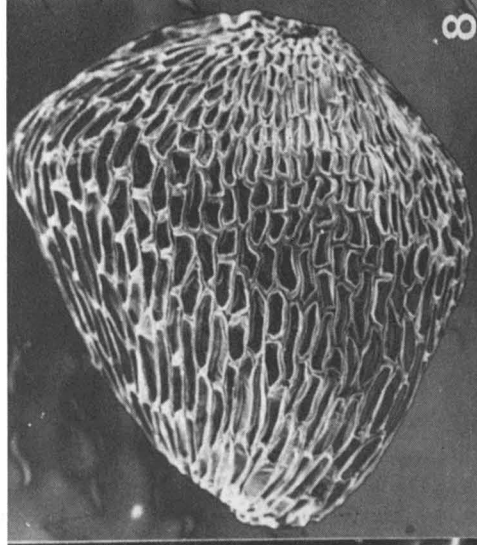
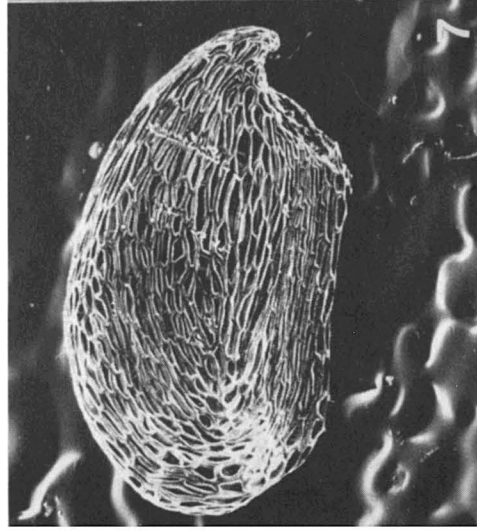


TABLE IV

Germination characteristics of *Vaccinium* § *Myrtillus*
 Seeds freshly extracted from berries and sown under a regime of 14 hours light at
 $22 \pm 3^\circ\text{C}$ and 10 hours darkness at $5 \pm 2^\circ\text{C}^*$

Taxon	Number of seeds sown	Percent germination	Days to first radicle emergence	Days to first cotyledon	Days to first true leaf
<i>V. parvifolium</i>	116	47	38 ± 9	55 ± 5	76 ± 3
<i>V. ovalifolium</i>	91	42	24 ± 8	52 ± 7	75 ± 5
<i>V. deliciosum</i>	87	53	39 ± 11	49 ± 14	72 ± 14
<i>V. membranaceum</i>	140	36	34 ± 15	45 ± 12	77 ± 10
<i>V. scoparium</i>	40	25	79 ± 17	87 ± 22	107 ± 19
<i>V. caespitosum</i>	98	59	58 ± 15	69 ± 16	87 ± 17
<i>V. myrtillus</i>	33	40	35 ± 11	51 ± 8	70 ± 5

\pm = one standard deviation.

* Five replicates were sown for each species.

British Columbia. Manning Provincial Park, near Blackwell Peak at 1900 msm, 421780, 521780 and 621780.

Results

Mature seeds of *Vaccinium* § *Myrtillus* range from 0.7 to 1.6 mm long and are light brown to reddish-brown in color. Viable seeds are rounded, triangular, or elliptical in outline. The hilum is often quite pronounced (Figs. 4-7). Every berry also contains a number of small, pale, seeds, or large collapsed seeds (Table I). These seeds contain no embryos or poorly developed embryos; nor do they germinate when sown in the misting chamber and thus were classified as inviable.

Except for *V. ovalifolium* (Fig. 8), the seed coat morphology for the North American taxa examined is remarkably uniform (Figs. 1-6). The reticula are pronounced and the

interstitial areas are long and narrow. These features are also found in European populations of *V. myrtillus* (Fig. 7) as well as *V. uliginosum* of *V. § Vaccinium* (Warr, 1981). In *V. ovalifolium* (Fig. 8), the interstitial areas range from elongate to irregular in shape. In general, the seed coat sculpture of *V. § Myrtillus* differs markedly from that found in *V. § Cyanococcus* (Fig. 9) where the interstitial areas are circular or irregularly polygonal.

Production of viable seed per berry is also quite variable (Table I) ranging from a low of 5 ± 4 for *V. scoparium*, a subalpine species, to a high of 26 ± 9 for *V. ovalifolium*. In fine, *V. § Myrtillus* produces more but smaller viable seeds/berry than either *V. § Cyanococcus* (Vander Kloet, 1983a) or *V. § Oxycoccus* (Vander Kloet, 1983b).

Under a regime of warm nights, seeds sown fresh or after storage showed no difference in rate or tempo of germination (Tables II and III). Only *V. parvifolium* showed

TABLE V

Development of mature foliage in *Vaccinium* § *Myrtillus*.

Taxon	Primary shoot 1 st year	1 st set of eophylls usually 2 nd year	3 rd set of eophylls usually 2 nd year	5 th set of eophylls usually 3 rd year	7 th set of eophylls usually 3 rd year
<i>V. myrtillus</i>	juvenile	mature			
<i>V. caespitosum</i>	juvenile*	mature			
<i>V. membranaceum</i>	juvenile	\pm mature	mature		
<i>V. deliciosum</i>	juvenile	\pm mature	mature		
<i>V. scoparium</i>	juvenile	\pm mature	mature		
<i>V. ovalifolium</i>	juvenile	\pm mature	\pm mature		
<i>V. parvifolium</i>	juvenile	juvenile	juvenile	mature \pm mature	mature

* First 3 or 4 leaves only, subsequent leaves, if produced, are usually \pm oblanceolate and the lower third of the leaf margin obscurely serrate, i.e., these are a transition to mature foliage.

TABLE VI

Distribution of *Vaccinium* § *Myrtillus* from specimens examined at ACAD, BM, DAO, GH, K, MICH, NY, UBC, US, V

Taxon	Principal range	Disjunct populations
<i>V. myrtillus</i> <i>V. caespitosum</i>	Circumboreal (Europe-Asia) Circumboreal (North America-Rocky Mountains)	Interior Rocky Mountains* Mexico
<i>V. ovalifolium</i>	Pacific Rim (Japan-Oregon)	South Dakota, shores of Lake Superior, NE Québec, Cape Breton and Newfoundland
<i>V. membranaceum</i> <i>V. scoparium</i>	Rocky Mountains (NWT-Utah) Rocky Mountains (BC-Colorado)	Lake Superior (N Michigan) none
<i>V. parvifolium</i>	Pacific Coast (Alaska-N California)	none
<i>V. deliciosum</i>	Pacific Coast (BC-N California)	Interior Rocky Mountains
<i>V. geminiflorum</i>	Central America	none
<i>V. yatabei</i>	Central Japan	none
<i>V. shikokianum</i>	North-central Japan	none

* Greenland population an ancient introduction.

reduced viability after storage. However cool nocturnal temperatures delay and usually reduce germination in all species tested, especially in the subalpine *V. scoparium* and the boreal *V. caespitosum* (Table IV). These germination data suggest that all species but *V. scoparium* and *V. caespitosum* have the capacity to become established during moist cool autumns.

Young, emerging shoots bore green, elliptical, thick leaves whose margins were sharply serrate and whose blades were glandular beneath (Figs. 10-12). Subsequent eophylls of *V. myrtillus* and *V. membranaceum* show little change, except that the leaf blades become larger, thinner and strictly deciduous. *Vaccinium caespitosum*, *V. deliciosum* and *V. scoparium* show a gradual transition to mature foliage in their second and third sets of eophylls: leaves become thinner and deciduous, pale or glaucous, have fewer or no glandular hairs and their shape tends to change to oblanceolate, obovate, or narrowly elliptical respectively.

In *V. ovalifolium*, the transition to mature foliage may be abrupt (Fig. 13) or gradual: in the latter case, the eophylls have leaf margins that may be serrate and abaxial leaf blades that may be glandular. Indeed several plants retain these glandular hairs on the lower surfaces of the leaves as well as serration of the leaf margin in subsequent innovations. Such plants have often been referred to *V. alaskaense* Howell.

These observations not only explain some of the variations observed in the *V. ovali-*

folium-V. alaskaense complex but also the anomalous plants referred to *V. scoparium* by Calder & Taylor (1968, p. 471-472).

Finally in *V. parvifolium*, the mature leaf form may not be expressed until the plant is three or four years old and up to 50 cm tall (Table V). Both Camp (1942) and Szczawinski (1962) were aware of this phenomenon in *V. parvifolium* and the latter made allowances for it in his diagnostic key to *Vaccinium* § *Myrtillus*.

These homogenous juvenile features, in conjunction with little variation in seed shape and sculpture, and the lack of morphological differentiation between sibling species in the "caespitosa" and "myrtillus" complexes (Camp, 1942), might suggest a homogenous group of rather recent origin but the distributional data militate against it. Table VI shows that several species are almost circumboreal, several have disjunct populations, the remnants of a former circumboreal range, while the rest are rather narrow endemics. In short, the distributional data suggest an ancient group undergoing secondary radiation along the Pacific Rim.

References

- ALBRIGO, L.G., 1972. Distributions of stomatic and epicuticular wax on oranges as related to stem and rind breakdown and water loss. — J. Am. Soc. Hort. Sci., 97:220-223.
- CALDER, J.A. & R.L. TAYLOR, 1968. Flora of the Queen Charlotte Islands, Part 1. — Monogr. Canada Dept. Agric., Queen's Printer, Ottawa, Ontario, no. 4, 659 p.

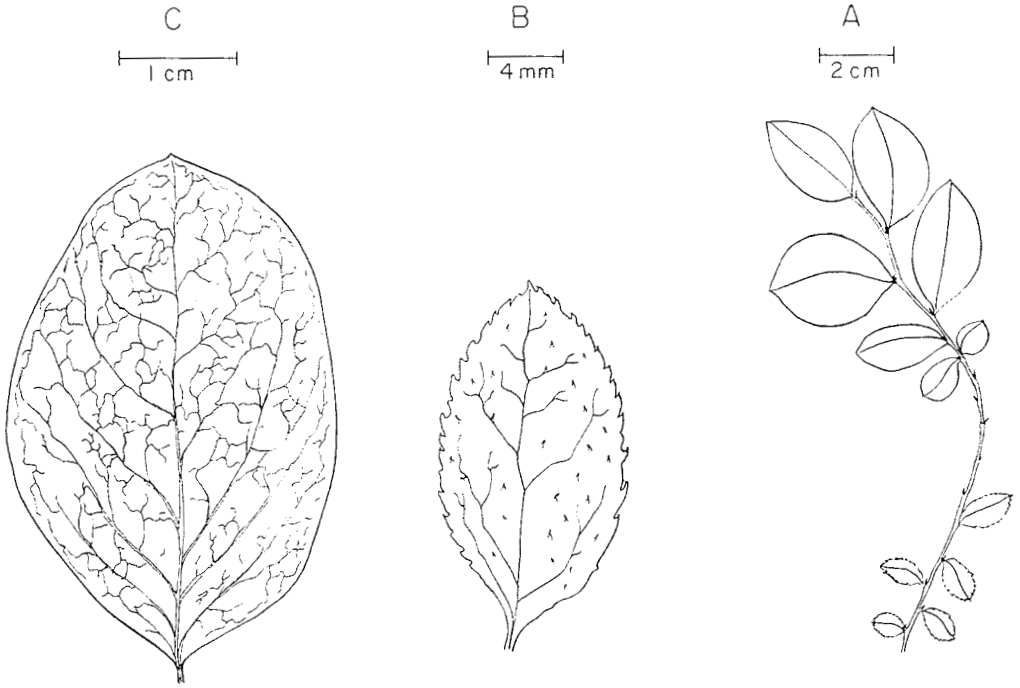


Figure 13. Twigs from *Vaccinium ovalifolium*, ex *Vander Kloet 72979* (ACAD), showing the primary shoot and the subsequent innovation. A. Branch. B. Lower surface of juvenile leaf — note serrations and glandular hairs. C. Lower surface of mature leaf.

CAMP, W.H., 1942. A survey of the American species of *Vaccinium* subgenus *Euvaccinium*. — *Brittonia*, 4 : 203-242.

SZCZAWINSKI, A.F., 1962. The heather family of British Columbia. — *British Columbia Prov. Mus. Handbook no. 19*, Queen's Printer in the right of British Columbia, 205 p.

VANDER KLOET, S.P., 1983a. The taxonomy of *Vaccinium* § *Cyanococcus*: a summation. — *Can. J. Bot.*, 61 : 256-266.

VANDER KLOET S.P., 1983b. The taxonomy of *Vaccinium* § *Oxycoccus*. — *Rhodora*, 85 : 1-43.

WARR, H.J., 1981. Variation in *Vaccinium uliginosum* L. in northeastern North America. — M. Sc. thesis, Acadia Univ., Wolfville, N.S., 62 p.

PLANTES VASCULAIRES NOUVELLES POUR LE QUÉBEC: ADDITIONS, ÉCHAPPÉES DE CULTURE ET ÉPHÉMÉROPHYTES

J. CAYOJETTE, J.-P. BERNARD, C. ROY

Département de phytologie et Herbar Louis-Marie,
Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation,
Université Laval, Québec G1K 7P4

et

M. DUBÉ

Département de biologie, Faculté des sciences et de génie,
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Les auteurs mentionnent 38 taxons nouveaux à la flore vasculaire du Québec. Ils sont regroupés en trois catégories. 1) Des plantes adventices ou indigènes qui constituent des additions à la flore du Québec: *Amaranthus powellii*, *Arabidopsis thaliana*, *Helianthus grossiserratus*, *Lolium persicum*, *Matricaria recutita*, *Nonea versicolor*, *Plagiobothrys scouleri* var. *penicillatus*, *Puccinellia nuttalliana*, *Solidago* × *erskinei*, *Verbascum virgatum* et *Wolffia borealis*. À ce groupe s'ajoutent quatre formes: *Agalinis tenuifolia* f. *albiflora*, *Arctium minus* f. *pallidum*, *Rubus idaeus* var. *aculeatissimus* f. *succineus* et *Spiraea tomentosa* f. *albiflora*. 2) Des plantes échappées de culture: *Antirrhinum orontium*, *Astragalus cicer*, *Bidens pilosa* var. *radiata*, *Bromus sitchensis* var. *marginatus*, *Campanula latifolia*, *Campanula medium*, *Chrysanthemum* × *superbum*, *Cotoneaster acutifolia*, *Cotoneaster racemiflora*, *Dianthus plumarius*, *Elaeagnus angustifolia* var. *orientalis*, *Lycium halimifolium*, *Rosa multiflora*, *Sanguisorba minor*, *Trifolium pannonicum* et *Veronica latifolia*. 3) Des plantes éphémères: *Amsinckia menziesii*, *Apera interrupta*, *Bothriochloa pertusa*, *Deschampsia calycina*, *Linaria maroccana*, *Picris echioides* et *Ventenata dubia*. L'établissement et la persistance des taxons des deux dernières catégories sont discutés.

Abstract

Thirty-eight taxa new to the vascular flora of Québec are reported. They are presented in three groups. 1) Naturalized and native plants which are true additions to the vascular flora of Québec: *Amaranthus powellii*, *Arabidopsis thaliana*, *Helianthus grossiserratus*, *Lolium persicum*, *Matricaria recutita*, *Nonea versicolor*, *Plagiobothrys scouleri* var. *penicillatus*, *Puccinellia nuttalliana*, *Solidago* × *erskinei*, *Verbascum virgatum*, and *Wolffia borealis*. To this group belong the four following forms: *Agalinis tenuifolia* f. *albiflora*, *Arctium minus* f. *pallidum*, *Rubus idaeus* var. *aculeatissimus* f. *succineus*, and *Spiraea tomentosa* f. *albiflora*. 2) A group of plants escaped from cultivation: *Antirrhinum orontium*, *Astragalus cicer*, *Bidens pilosa* var. *radiata*, *Bromus sitchensis* var. *marginatus*, *Campanula latifolia*, *Campanula medium*, *Chrysanthemum* × *superbum*, *Cotoneaster acutifolia*, *Cotoneaster racemiflora*, *Dianthus plumarius*, *Elaeagnus angustifolia* var. *orientalis*, *Lycium halimifolium*, *Rosa multiflora*, *Sanguisorba minor*, *Trifolium pannonicum*, and *Veronica latifolia*. 3) Some ephemerophytes: *Amsinckia menziesii*, *Apera interrupta*, *Bothriochloa pertusa*, *Deschampsia calycina*, *Linaria maroccana*, *Picris echioides*, and *Ventenata dubia*. The establishment and the persistence of the taxa of the last two groups are discussed.

Introduction

Depuis une dizaine d'années, des chercheurs de l'Herbier Louis-Marie de l'Université Laval, Québec (QFA) et de l'Herbier du Québec (QUE) ont accumulé un certain nombre de récoltes de plantes nouvelles pour le Québec. L'un de nous (J.-P. B.) a trouvé plusieurs de ces plantes nouvelles sur le campus de l'Université Laval, en étudiant la flore de la Cité universitaire (Bernard, en préparation). Les autres se situent à divers endroits au Québec. Des recherches entreprises dans les principaux herbiers du Québec (QFA, QUE, MT, MTMG, SFS), d'Ottawa (CAN, DAO) et de l'est des États-Unis (GH, NY, US) ont permis de compléter l'information pertinente à ces plantes.

Il en résulte une liste de 38 taxons composée de plantes adventices ou indigènes, de plantes échappées de culture et d'éphémérophytes. Chaque taxon est regroupé selon ces catégories et son statut de plante nouvelle pour le Québec est discuté. On ne peut prétendre que toutes ces plantes font partie intégrante de la flore vasculaire du Québec. Certaines sont bien établies voire même envahissantes, d'autres en voie d'établissement et quelques-unes n'ont persisté qu'une année. Enfin, certaines d'entre elles sont trop peu documentées pour qu'on puisse en préciser la persistance.

On peut regrouper ces taxons en trois catégories: 1) Plantes adventices et établies dans divers milieux rudéraux ou naturels, incluant un hybride et des formes mineures. 2) Plantes échappées de culture semblant en voie d'établissement ou sans données pertinentes sur ce point. 3) Plantes éphémères qui n'ont persisté que durant une saison ou sans données précises sur ce point.

Les plantes sont présentées en ordre alphabétique sous chaque catégorie. Les acronymes des herbiers, à moins d'indication contraire, sont de Holmgren *et al.* (1981).

Plantes adventices ou indigènes

Ce groupe comprend plusieurs plantes de milieux rudéraux typiques pour des plantes introduites: bords de route, remblais de chemin de fer, cours de triage, terrains abandonnés, bordures de champ cultivé et plantations. Ce sont: *Amaranthus powellii*, *Arabis thaliana*, *Helianthus grossiserratus*, *Lolium persicum*, *Matricaria recutita*, *Nonea versicolor*, *Plagiobothrys scouleri* var.

penicillatus, *Puccinellia nuttalliana* et *Verbascum virgatum*. Ces plantes sont bien établies et constituent sans aucun doute des additions à la flore du Québec. *Amaranthus powellii* est même déjà une plante nuisible dans les cultures du sud du Québec. D'autres sont connues de plusieurs localités ou forment plusieurs colonies dans une même localité. Des données indiquent également que ces plantes persistent d'année en année dans une même localité ou se sont ressemées avec succès. À ce groupe s'ajoute *Wolffia borealis* qui aurait été apporté par des oiseaux aquatiques ou des embarcations sportives. Enfin l'hybride spontané entre *Solidago canadensis* et *S. sempervirens* (*S. × eriskinei*) est mentionné pour la première fois au Québec.

Amaranthus powellii S. Watson

(*A. retroflexus* L. var. *powellii* (S. Watson) Boivin)

(*A. retroflexus* L. var. *pseudoretroflexus* (Thell.) Boivin)

Comté de Missisquoi: Venise-en-Québec, sur la bordure rocailleuse et broussailleuse du côté nord du vieux quai, 16 août 1976, J.-P. Bernard B76-684 (QFA). Clarenceville, près de la route nationale reliant Clarenceville à Venise-en-Québec, près des limites de cette dernière localité, plant de 4 pieds de hauteur près d'un garage au voisinage d'une maison, 18 août 1976, J.-P. Bernard B76-701 (QFA). Venise-en-Québec, au nord du terrain de golf, près du terrain de jeu, 19 août 1976, J.-P. Bernard B76-707 (QFA). Bedford, mauvaise herbe dans le jardin de Gérard Bernard à un mille au sud de la ville, 21 août 1976, J.-P. Bernard B76-729 (QFA). — Comté de Québec: Sainte-Foy, Université Laval, mauvaise herbe dans la première plate-bande en partant de l'ouest sur l'ancien tronçon de l'avenue Saint-Cyrille, 31 août 1976, J.-P. Bernard B76-740 [2 récoltes], B76-741, B76-742 (QFA). Eodem, 24 septembre 1976, J.-P. Bernard B76-778 (QFA). En bordure du gazon à l'ouest du Pavillon Vachon, 24 octobre 1976, J.-P. Bernard B76-807a (QFA). [Les 5 derniers numéros: *sub nom. A. hybridus* L. révisés par B. Boivin à *A. retroflexus* var. *pseudoretroflexus*.] — Comté de Missisquoi: Venise-en-Québec, sur le sable exondé et sec au sud du vieux quai, 31 août 1977, J.-P. Bernard B77-745 (QFA). — Comté de Québec: Sainte-Foy, Université Laval, sur la plate-bande en écusson sur la Place de l'Université, 12 septembre 1977, J.-P. Bernard B77-772 (QFA). Eodem, sur plates-bandes de l'ancienne avenue Saint-Cyrille, 20 septembre 1977, J.-P. Bernard B77-842 (QFA). — Comté de Missisquoi: Saint-Armand, en bordure d'un sentier, 22 septembre 1977, J.-P. Bernard (B77-872) et C. Roy (QFA). Venise-en-Québec, dans un ancien dépôt situé en bordure de la route 202, 16 juillet 1980, J.-P. Bernard B80-269 (QFA). — Comté de Saint-Hyacinthe: Saint-

Damase, 260 rang Saint-Louis, champ derrière la maison, en bordure d'un champ de betterave, terre meuble, bien drainée, 2 août 1982, C. Boily 77 (QFA) [Toutes ces récoltes sauf la dernière, *sub nom.* *A. retroflexus* var. *pseudoretroflexus*].

Cet *Amaranthus* est considéré par certains auteurs comme une variété d'*A. retroflexus* L. var. *powellii* (Boivin, 1966a; Scoggan, 1978a) ou var. *pseudoretroflexus* (Boivin, 1968). Il est plus couramment désigné comme une espèce distincte (Fernald, 1950; Sauer, 1967; Weaver & McWilliams, 1980). *A. powellii* se distingue d'*A. retroflexus* par la glabrescence de presque toutes ses parties, par ses lobes du calice aigus ou acuminés plutôt qu'obtus ou arrondis et souvent mucronés et son inflorescence plus mince et moins dense (Boivin, 1968). Il a habituellement trois étamines, alors qu'il y en a généralement cinq chez *A. retroflexus* (Scoggan, 1978a). Une espèce voisine, *A. hybridus* L., a aussi cinq étamines (Weaver & McWilliams, 1980). Indigène dans l'ouest des deux Amériques, *A. powellii* est présent dans l'est de l'Amérique du Nord depuis le début du siècle et est devenu une plante nuisible depuis 1940 (Sauer, 1967). Il s'est répandu aussi en Europe centrale et nordique (Sauer, 1967; Suominen, 1979). Au Canada, il est connu de la Colombie-Britannique jusqu'en Saskatchewan, dans le sud de l'Ontario et de l'Île-du-Prince-Édouard (Scoggan, 1978a). La récente carte de répartition de Weaver & McWilliams (1980) n'indique que les localités de Colombie-Britannique et de l'Ontario. Les récoltes citées plus haut montrent bien qu'il est répandu dans plusieurs localités du sud du Québec; des études récentes faites dans cette région (Néron, Doyon & Bouchard, en prép.; Deschênes, 1983, p. 13) indiquent qu'il est en voie de devenir une plante nuisible au même titre qu'*A. retroflexus*. Ailleurs en Amérique et en Europe, l'*A. powellii* forme fréquemment des hybrides avec *A. retroflexus* et *A. hybridus* lorsque les trois taxons occupent les mêmes habitats (Sauer, 1967). D'ailleurs certaines récoltes du sud du Québec semblent intermédiaires entre *A. retroflexus* et *A. powellii*.

Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.

Comté de Montcalm: Parc du Mont Tremblant, Lac Monroe, terrain de campement récemment remué en marge de la forêt, 16 juin 1962, Rolland-Germain 7783 (MT). — Comté de Québec: Sainte-Foy, terrain de l'Université Laval, Mercator 256 826, alt. 102 m, Jardin Van den Hende, bordure nord-ouest du jardin, près du

Tamarix odessana Stev cv. 'Pink Cascade', 18 mai 1978, C. Roy et M. Boivin C-58-78 (QFA). Eodem, au nord-est de *Tamarix parviflora* avec *Taraxacum officinale*, *Capsella bursa-pastoris* et *Viola tricolor*, 9 mai 1979, C. Roy et M. Boivin 820-79 (QFA). Eodem, près des conifères, 24 mai 1979, R. Néron s.n. (QUE). Eodem, espèce pionnière dominante entre les plantations espacées d'arbres et d'arbustes, deux colonies d'environ 5 m de diamètre couvrant à 50% le sol sablo-graveleux de schistes effrités, avec *Viola arvensis*, *Veronica peregrina*, *V. persica*, *Thlaspi arvense* et *Capsella bursa-pastoris*, 29 mai 1979, G. Baillargeon et R. Néron 2213 (QFA). Eodem, 30 mai 1979, G. Baillargeon et R. Néron 2217 (QFA). Eodem, 1^{er} juin 1980, R. Néron s.n. (QUE).

Cette crucifère annuelle qui ressemble quelque peu à un petit *Arabis* à siliques cylindriques, provient d'Eurasie, et est maintenant largement répandue en Amérique du Nord (Rollins, 1981). Cette éphémérophyte serait présente en Ontario depuis 1913 (Rousseau, 1971). Groh & Frankton (1949) la signalent à Kingston (Ontario). Son introduction en Colombie-Britannique serait plus récente (Boivin, 1966a; Scoggan, 1978a). Seymour (1969) mentionne sa présence pour la plupart des États de la Nouvelle-Angleterre. On peut la retrouver dans les lieux vagues, abandonnés, dans les champs secs et en bordure des routes. C'est une espèce qui semble préférer les milieux ouverts, sur sols sablonneux secs ou se réchauffant rapidement, riches en éléments nutritifs mais sans calcaire (Hanf, 1970). La plupart des récoltes faites au Québec corroborent ces données. Rollins (1981) dit qu'on la retrouve également dans les jardins. En 1978, cette espèce est apparue spontanément dans le secteur nord-ouest du jardin Van den Hende sur le campus de l'Université Laval. Elle s'y maintient très bien actuellement et tend même à se répandre dans les environs.

Helianthus grossiserratus Martens

Comté de Portneuf: Saint-Augustin-de-Desmaures 46°45'10"N., 71°24'30"O., alt. 200', à 0,3 km à l'ouest du viaduc du chemin du Lac, le long du boulevard Charest, côté sud, deux colonies d'environ 3 m observées depuis 1980, l'une parmi des *Pinus banksiana* d'environ 1 m de hauteur récemment plantés aux abords de l'autoroute et l'autre parmi *Typha latifolia* à quelques 20 m de la première colonie, loam argileux, 4 septembre 1981, C. Roy C-133-81 (QFA) [Vérifié par B. Boivin, 1981]. Eodem, 17 septembre 1982, C. Roy C-162-82 (QFA).

D'après Boivin (1967a, p. 452), la graphie correcte de l'épithète spécifique de cet

Helianthus serait *grossiserratus* et non pas *grosserratus* comme on le rencontre dans la plupart des flores. Cette espèce très voisine de *H. nuttallii* T. & G., en diffère principalement par ses feuilles plus larges, grossièrement dentées et surtout alternes sur la tige (Long, 1966). Cronquist (1980) considère ce tournesol comme indigène dans le Midwest américain et introduit dans le sud-est. Seymour (1969) le mentionne pour quelques États de la Nouvelle-Angleterre dont le Maine, le Connecticut, le New Hampshire et le Massachusetts. Il n'est connu au Canada qu'en Ontario au nord de Cochrane (Boivin, 1966b; Scoggan, 1979); Rousseau (1971) signale que cette hémigiophyte y est connue depuis 1895. *H. grossiserratus* est considéré par certains comme une plante ornementale (Heiser, 1976). Dans notre cas, l'origine cultivée ou non de cette espèce n'est pas évidente. Elle se propage dans les milieux riches et humides: abords routiers, lisières des champs et bosquets. Les colonies mentionnées plus haut se maintiennent encore très bien en 1982 et des plants transplantés en 1981 dans un jardin ont abondamment fleuri l'année suivante.

Lolium persicum Boiss. & Hohen. ex Boiss.
(= *L. dorei* Boivin var. *dorei*)

Comté de Québec: Sillery, en bordure du remblai du chemin de fer à l'est de la côte à Gignac, 22 juin 1977, J.-P. Bernard (B76-375) et C. Roy (QFA) [Identifié *L. dorei* par B. Boivin].

McNeill & Dore (1976) ont déjà attiré l'attention sur des travaux de Bor (1968, 1970) sur les *Lolium* du Proche-Orient qui montrent que *Lolium persicum*, par l'amplitude de sa variation, comprend à la fois le type eurasiatique et les populations introduites en Amérique du Nord. C'est ce qui explique qu'ils aient relégué *L. dorei* Boivin à la synonymie de *L. persicum*. Cette graminée annuelle eurasiatique est introduite en Amérique du Nord depuis la Colombie-Britannique jusqu'en Ontario et vers les États américains adjacents du Montana et des Dakotas (Boivin, 1967b; Hitchcock, 1969; Scoggan, 1978b). Elle cause des ennuis dans les provinces des prairies, particulièrement dans les champs de graminées commerciales cultivées pour la graine (Frankton & Mulligan, 1974).

Les quelques individus récoltés à Sillery ont été trouvés aux abords d'une voie ferrée. Dore & McNeill (1980) ont signalé un cas similaire en Ontario. Selon Baillargeon (1981, p. 184), le *L. persicum* (sub nom. *L. dorei*)

de Sillery est encore de naturalisation incertaine. Il est susceptible de se retrouver de nouveau principalement dans des zones industrielles (voies ferrées, cours de triage, élévateurs à grains, etc.).

Matricaria recutita L.
(= *M. chamomilla* L. auct.)
(= *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert)

Comté de Bellechasse: Saint-Michel, environ 3 km à l'est de la sortie de Saint-Michel, bord de route, forme une étroite bande juste à côté du pavage, 29 juin 1975, P. Morisset 75-17 (QFA, Herbar P. Morisset). *Eodem*, sortie Saint-Michel et La Durantaye, sur l'autoroute 20, multitude d'individus formant une mince bande sur les graviers à la limite du pavage de la voie rapide, 19 juin 1981, G. Ayotte 81-12 (QFA). — Comté de Québec: Sainte-Foy, mauvaise herbe dans les jardinières déposées sur des aires de stationnement sur le campus de l'Université Laval, 27 juillet 1982, J.-P. Bernard B82-122a (QFA).

Les problèmes de nomenclature chez cette composée ont été traités par Toman & Starý (1965) et Rauschert (1974) qui démontrent que *M. chamomilla* L. est un *nomen ambiguum*. C'est l'épithète *recutita* qui prendrait alors la place. Toman et Starý préfèrent quand même conserver *M. chamomilla* alors que Rauschert subdivise le genre et crée *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert. Cette dernière opinion est retenue dans *Flora Europaea* (Kay, 1976). Notre position est intermédiaire et nous adoptons *M. recutita*, nom déjà utilisé par Hultén (1971) par exemple.

Au Canada, *M. recutita* est connu avec certitude pour toutes les provinces, sauf l'Île-du-Prince-Édouard et le Québec (Boivin 1966b; Hultén, 1971: carte, p. 229; Scoggan, 1979). Dans l'édition révisée de la *Flore Laurentienne* de Marie-Victorin (1964), Rouleau le mentionne bien comme adventice au Québec, mais les seuls spécimens identifiés à cette espèce (sub nomine *M. chamomilla*) et déposés à MT (Îles de la Madeleine, Île du Havre Aubert, au bord de l'étang, dans le gravier, 16 août 1956, S. Brisson 5470) et qui pouvaient appuyer cette affirmation, ont été récemment révisés par B. Boivin à *M. maritima* L.

Les nouvelles récoltes signalées ici régularisent le statut de cette espèce au Québec et nous renseignent sur sa persistance.

M. recutita peut ressembler superficiellement à *M. maritima* L. et à *Anthemis cotula* L. Boivin (1972a) en donne les traits

distinctifs : cette camomille ne porte pas de bractée sur le réceptacle, contrairement à *A. cotula*, et ne présente aucune glande au centre des lobes de la corolle comme chez *M. maritima*.

Nonea versicolor (Steven) Sweet

Comté de Québec : Sainte-Foy [emplacement non précisé], 12 août 1932, *FF. Régis Stanislas et Romuald s.n.* (Herbier du Centre Marie-Victorin, Québec; voir Boivin, 1980, p. 89-90). Sainte-Foy, Université Laval, 11 septembre 1964, *J.-C. Desrochers 101* (QFA). *Eodem*, champs, 11 septembre 1964, *J.-C. Forest 87* (QFA). *Eodem*, à proximité des haies et sur le gazon au sud de la Maison Gingras, 18 juillet 1975, *J.-P. Bernard B75-355* (QFA). *Eodem*, sur de la terre de remplissage au nord du Pavillon Biermans-Moraud, 14 juin 1976, *J.-P. Bernard B76-273* (QFA). *Eodem*, 23 juin 1976, *J.-P. Bernard B76-398* (QFA). *Eodem*, 28 juin 1976, *J.-P. Bernard B76-439* (QFA). *Eodem*, 5 juillet 1976, *J.-P. Bernard B76-468* (QFA). *Eodem*, au nord du viaduc de la Cité universitaire à l'est de la route du Vallon, sur de la terre de remplissage, 28 juin 1976, *J.-P. Bernard B76-413* (QFA). Sainte-Foy, vers le sud-ouest, près du trottoir bordant la rue Nérée-Tremblay, 6 août 1976, *J.-P. Bernard B76-615* (QFA). *Eodem*, sur terre de remplissage au nord-ouest du cimetière Belmont, 26 juillet 1977, *J.-P. Bernard B77-490* (QFA). — Comté de Charlevoix : Saint-Urbain, bordure de champ, 5 septembre 1977, *F. Tremblay 66* (QFA). — Comté de Québec : Sainte-Foy, Université Laval, à quelques dizaines de pieds du coin sud de la Maison du Dictionnaire biographique du Canada [Maison Omer-Gingras] et du bosquet de lilas, parmi gazon partiellement dénudé, 5 individus seulement, 26 juin 1978, *M. Boivin et C. Roy 523-78* (QFA), *Eodem*, à environ 25 pieds du coin sud de la Maison du Dictionnaire biographique du Canada, parmi gazon négligé, 18 juillet 1979, *M. Boivin et C. Roy 887-79* (QFA).

L'identification de cette boraginacée au *N. versicolor* fut surtout faite par comparaison avec des spécimens européens conservés sous ce nom à l'Herbier Louis-Marie (QFA). Nous entretenons quelques doutes sur son identité, car les descriptions consultées, celles de Chater (1972a) et de Popov (1974) conviennent mal à nos spécimens ainsi qu'aux spécimens européens de l'herbier. Chez tous ces spécimens, les tiges sont très ramifiées et les corolles mesurent de 12 à 13 mm de longueur, ce qui coïncide avec la description de *N. versicolor* par Chater; cependant, la forme et la position des graines dans le calice sont plutôt celles d'une espèce voisine, *N. rosea* (Bieb.) Link dont les

tiges sont à peine ramifiées et les corolles atteignent de 15 à 18 mm de longueur. Chez ces deux espèces, les fleurs sont rose foncé à bleues; elles sont d'abord presque dressées, mais les fruits sont pendants.

Les *Nonea* sont des espèces propres à l'Eurasie. Le *N. versicolor* n'a jamais été signalé pour l'Amérique. *N. vesicaria* (L.) Reichenb. l'a été pour l'Alberta (Scoggan, 1979; Boivin, 1966b) et l'est des États-Unis (Fernald, 1950; Gleason, 1952). *N. rosea* et *N. lutea* (Desr.) DC. se rencontrent aussi dans l'est américain (Fernald, *l.c.*; Gleason, *l.c.*).

Les récoltes de *N. versicolor* sont abondantes dans la ville de Sainte-Foy et sur le campus de l'Université Laval. Il est signalé depuis 1932, mais on ne sait rien de l'habitat de cette première station. Depuis 1964, les récoltes furent plus régulières. Au début de 1976, au cours des travaux de voirie pour élargir la route du Vallon à Sainte-Foy, de la terre fut prélevée près de la Maison Omer-Gingras sur le campus de l'Université Laval et servit à combler des dépressions de terrain et à construire des talus; des colonies de *N. versicolor* apparurent par la suite sur plusieurs nouveaux emplacements. Sa dispersion est donc en progression dans les environs de la ville de Sainte-Foy.

Plagiobothrys scouleri (Hook. & Arn.) I.M. Johnston var. *penicillatus* (Greene) Cronquist

Comté de Drummond : Drummondville, colonie dense de 1 m de diamètre, sur sol noir sablonneux, en marge de champs abandonnés dans une zone semi-industrielle, 3 juin 1979, *M. Dubé MD79-62* (QFA). — Comté de Missisquoi : Venise-en-Québec, sur la lisière du terrain de golf ensemençé au printemps avec de la semence de *Lolium* et d'*Agrostis*, 23 juin 1979, *J.-P. Bernard 79-91* (QFA). — Comté de Chambly : Saint-Hubert, sur l'emplacement d'un ancien jardin, présence d'individus de l'an dernier, 27 juin 1981, *M. Dubé 81-1* (QFA). — Comté de Lac Saint-Jean est : Parc des Laurentides, ponceau du ruisseau en aval du lac de la Reine, au km 56 de la route 169, gazon roulé et sol rapporté, envahi par de nombreuses adventices, 14 juillet 1981, *C. Roy et G. Ayotte 749-81* (QFA). — Comté de Montmorency : Saint-Tite-des-Caps, sur la terre de Napoléon Lachance, parmi gazon négligé près du chalet, avec *Trifolium* spp., *Festuca rubra*, *Agrostis* spp., *Plantago major*, *Chrysanthemum leucanthemum*, etc., petite colonie de 50 cm de diamètre, individus grêles et dispersés, 24 juillet 1983, *C. Roy (C-191-83)* et *M.-H. Roy* (QFA).

Indigène dans l'ouest du pays, cette boraginacée annuelle se rencontre jusqu'au

Manitoba; la variété typique est cependant restreinte au sud-ouest de la Colombie-Britannique (Scoggan, 1979). Aux États-Unis, elle atteint le Minnesota (Boivin, 1972b). Récemment, Hinds (1981) l'a mentionnée pour le Nouveau-Brunswick, d'après une récolte faite en 1978.

Selon Cronquist (1959a), le var. *penicillatus* possède des corolles de 2 mm et moins de largeur (surtout en deçà chez nos spécimens), alors que celles de la variété typique mesurent de 2 à 4 mm. Les nucules observées sur les quatre spécimens suffisamment avancés, de même que sur une part d'une autre récolte de Hinds en 1980 (Fredericton, Hinds 3206, QFA), montrent une surface très irrégulière, parsemée de minuscules protubérances absentes chez le var. *scouleri* d'après l'illustration du *Vascular Plants of the Pacific Northwest* (1959, part 4, p. 242).

Les limites de l'aire de cette espèce dans l'est du Canada ne sont pas encore connues; sa dispersion semble liée, au moins en partie, à l'utilisation de semences pour le gazon.

Puccinellia nuttalliana (Schultes) Hitchc.

Comté de Charlevoix: Île aux Coudres, grève du côté nord de l'île, 12 juillet 1963, L. Cinq-Mars 63-662 (QFA, SFS) [Vérifié par E. Lepage]. — Comté de Québec: Sillery, en bordure du remblai du chemin de fer à l'est de la côte à Gignac, 22 juin 1976, J.-P. Bernard (B76-376) et C. Roy (QFA) [Vérifié par E. Lepage]. — Comté de l'Île de Montréal: Pointe-Saint-Charles, le long de la rue Saint-Patrick, à proximité du canal Lachine, dans une petite cour de triage desservant des manufactures, 28 août 1977, J.-P. Bernard B77-732 (QFA). Montréal, angle Ave. Christophe-Colomb et Boul. Métropolitain, terrain vague, dépôt à neige, avec *P. distans*, 29 juin 1982, S.G. Hay 82011 (MT).

Cette graminée dont le nom correct est bien *P. nuttalliana* selon l'opinion de McNeill & Dore (1976), n'est pas toujours facile à distinguer de *P. distans* (L.) Parl. Certains auteurs, comme Boivin (1981), l'incluent sous *P. distans*. Dore & McNeill (1980) mentionnent que le *P. nuttalliana* se distingue du *P. distans* principalement par ses glumes aiguës et ses lemmas étroits et de couleur vert pâle, caractères observés chez nos spécimens.

Cette graminée est introduite dans l'est des États-Unis, dans les États du Vermont, de New York et du Maine (Gleason, 1952). Selon Scoggan (1978b) et Dore & McNeill

(1980), elle est indigène dans l'ouest canadien et américain, mais introduite le long des chemins de fer en Ontario. Deux des premières récoltes québécoises, citées plus haut, ont été trouvées à proximité de voies ferrées. Celle de l'île aux Coudres était déjà signalée comme nouvelle pour le Québec dans le manuscrit de Cayouette (1979) sur la flore du Saguenay.

Solidago × *erskinei* Boivin
(*S. canadensis* L. × *sempervirens* L.)

Comté de Kamouraska: La Pocatière, près du quai à l'extrémité de la route qui traverse au-dessus de la route 20, terrain de remplissage, prairie herbacée où dominent plusieurs espèces de *Solidago*, en présence des parents présumés, 17 août 1978, J. Cayouette J78-216 (QFA).

Cet hybride décrit par Boivin (1967c, p. 647) à partir d'une récolte de l'Île-du-Prince-Édouard (Erskine, 1961) a également été signalé pour la Nouvelle-Écosse (Roland & Smith, 1969). Il n'a pas été mentionné ailleurs. Cette plante est intermédiaire entre les parents, quant à plusieurs caractères. L'examen du type conservé à DAO (*D. Erskine* 1634, Wood Islands, Queens Co., P.E.I., Sept. 2, 1952) révèle une plante à feuilles charnues, longuement atténuées chez les inférieures, à capitules assez gros (4-6 mm diam.), ce qui constitue des caractères le rapprochant du *S. sempervirens*. Mais cette plante ressemble aussi au *S. canadensis* par ses feuilles trinervées et serrées à la marge, et les capitules nombreux portés sur une panicule très ouverte. La présente récolte de La Pocatière est constituée de 10 individus provenant de 3 ou 4 touffes différentes poussant avec les espèces parentes. Chaque individu provient de l'une ou l'autre de ces touffes, mais n'a pas été identifié à chacune des touffes. Il est clair, à l'examen détaillé de ces individus, qu'il en existe certains qui sont plus près du *S. sempervirens* et d'autres plus près du *S. canadensis*. Ceux qui ressemblent davantage au *S. sempervirens* ont des feuilles plus longues, plus larges, les basilaires étant plus longuement atténuées, et des capitules plus gros (6-7 mm de diamètre); les individus qui se rapprochent du *S. canadensis* ont des feuilles plus courtes, plus étroites, moins longuement atténuées et des capitules moyens (3-5 mm de diamètre). D'autres individus combinent des caractères de l'un ou de l'autre parent. Tous ont des feuilles charnues et dentées. Un spécimen (*J. Cayouette* J80-102, QFA)

provenant de cette population hybride fut gardé en culture, fructifia et conserva plusieurs de ces caractères intermédiaires. La colonie de La Pocatière est maintenant détruite par la construction récente d'une voie d'accès à l'autoroute. On devrait trouver d'autres colonies hybrides surtout aux abords de construction routières longeant les rivages maritimes. Les habitats du *S. canadensis* et du *S. sempervirens* sont alors rapprochés, sinon mis en contact, et l'hybridation est possible.

Verbasicum virgatum Stokes

Comté de Québec : Sainte-Foy, Université Laval, champs abandonné à l'ouest du P.E.P.S., quelques plants ici et là, 5 juillet 1971, G. Boucher et C. Roy 281 (QFA). *Eodem*, sur un talus pierreux derrière le P.E.P.S., 21 septembre 1973, J. Cayouille (73-771) et R. Gauthier (QFA, SFS). *Eodem*, prairie envahie par les mauvaises herbes, 10 juillet 1974, E. ZeMeka Z32 (QFA). *Eodem*, talus négligé, 7 août 1974, J.-P. Bernard B407 (QFA, SFS). *Eodem*, sur un terrain vague au nord du viaduc enjambant la route du Vallon à l'ouest du Pavillon de la Médecine dentaire, 22 août 1978, J.-P. Bernard B78-585 (QFA) [Véifiés par B. Boivin].

Cette scrofulariacée est indigène dans l'ouest de l'Europe (Ferguson, 1972). Elle est introduite en Amérique du Sud, et à quelques endroits des États-Unis (Fernald, 1950). Au Canada, Boivin (1966b) et Scoggan (1979) la signalent comme introduite le long des routes et dans les lieux incultes en Nouvelle-Écosse et en Ontario. L'Herbier DAO contient une récolte faite par I.J. Bassett et F.J. Beales en 1967 le long d'une voie ferrée à Hope, C.B.

Plusieurs des récoltes citées plus haut avaient été identifiées d'abord au *V. blattaria* L. espèce voisine de *V. virgatum*. *V. blattaria* a des pédicelles plus longs que les calices et les fruits, alors qu'ils sont plus courts chez *V. virgatum* (Scoggan, 1979). Les fleurs paraissent presque sessiles chez cette dernière espèce.

Découvertes il y a plus d'une dizaine d'années sur le campus de l'Université Laval, les colonies de *V. virgatum* ont subi plusieurs fluctuations en raison des constructions; une d'elles a survécu et persiste encore à l'heure actuelle.

Wolffia borealis (Engelm.) Landolt & Wildi
(= *W. punctata* Griseb.)

Comté de Pontiac : Allumette Township, Conc. 2, Allumette Island, Ottawa River, covering a

pond of an acre or more behind a beaver dam, August 19, 1962, J.M. Gillett 11776 (DAO) [*Wolffia* sur l'étiquette originale; comprenant un mélange de *Wolffia arhiza* Wimm., *W. borealis* (sub nom. *W. punctata*), *Lemna minor* L. et *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., identifié par B. Boivin en 1967]. — Comté de Gatineau: canton de Hull, Hull, étang à fond limono-argileux (0 à 30 cm d'eau), contenant *Potamogeton foliosus*, *Lemna trisulca*, *Spirodela polyrhiza*, *Wolffia columbiana* [arhiza], environs nord du lac Leamy, près [du] chemin de service du parc, 1^{er} août 1978, P. Forest 1344 (CAN) [L'échantillon comprend surtout du *W. arhiza* et très peu de *W. borealis*]. — Comté de Missisquoi: Philipsburg, (45°01'45"N.-73°04'20"O.) plantes flottantes couvrant la surface du marais «Streit Pond», à sa partie nord-est près du barrage de castor de la décharge, avec *Lemna minor* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. et *Wolffia arhiza* Wimm. [= *W. columbiana* Karst], 15 août 1978, J.-P. Bernard (B78-550) et C. Roy (QFA) [Véifiés par B. Boivin].

D'après Landolt & Wildi (1977), les populations nordiques de *W. punctata* seraient mieux dénommées *W. borealis*. C'est l'opinion que nous suivons ici. Wynne-Edwards (1941) a déjà signalé cette espèce pour Verdun, en banlieue de Montréal. Toutefois Dore (1957, p. 14) fait le commentaire suivant à propos de cette récolte: «...was collected in a small pond in waste ground at Crawford Park. The material of this latter collection preserved at the National Herbarium, although meager and encrusted with the dry preservative, however, appears on examination to consist only of *W. columbiana*.» Nous avons examiné la récolte déposée à CAN et nous corroborons les propos de Dore. Le double de cette récolte dans l'Herbier Marie-Victorin (MT) n'avait jamais été étudié ni annoté. La fiole comprend 18 frondes dont la moitié ont la forme globuleuse caractéristique de *W. arhiza* tandis que le reste est constitué de fragments non identifiables. Il semble bien que la récolte de Wynne-Edwards n'est composée que d'une seule espèce de *Wolffia*, soit *W. arhiza*. Le texte de Dore (1957) n'est pas très clair sur la présence de *W. borealis* au Québec. Il écrit en page 10: «Two of the three species of *Wolffia* recognized for North America, *W. punctata* Grisebach and *W. columbiana* Karsten, are present in southern Ontario and adjacent southwestern Quebec.» Par contre sur la carte de distribution qu'il présente (p. 13), seul *W. arhiza* (*punctata*) est indiqué au Québec. La mention de Raymond (1950) est présument basée sur celle de Wynne-Edwards (Scoggan, 1978b). Soper (1962) et Cody (1980) mentionnent également

le *W. borealis* pour le Québec sur la foi des sources précédentes. Boivin (1967b) le signale également pour le Québec, mais il se fie lui aussi uniquement sur les mentions antérieures; peu après, la même année, il a révisé correctement la récolte de Gillett qu'il n'avait pas examinée avant la publication de l'*Énumération*.

Les récoltes que nous citons ici constituent donc les premières mentions certaines de sa présence au Québec. À Philipsburg, cette espèce croît entremêlée à *W. arhiza*, *Lemna minor* et *Spirodela polyrhiza*, dans un étang de grande dimension situé à moins d'un kilomètre de la frontière américaine, dans une zone classée comme sanctuaire d'oiseaux. Les oiseaux aquatiques ou des embarcations sportives seraient vraisemblablement responsables de son introduction à cet endroit. Des cas semblables de dissémination ont déjà été signalés en Ontario (Dore, 1957) et au Massachusetts (Eaton, 1958). Countryman (1968) a observé que les échantillons de *Wolffia* prélevés dans un étang de l'État du New Hampshire contenaient environ 95% de *W. arhiza* (*columbiana*), et 5% de *W. borealis*. La situation est sensiblement la même à Philipsburg et à Hull.

Cette espèce se retrouve depuis le nord-est des États-Unis jusque vers les États de la côte du Pacifique (Landolt & Wildi, 1977; Landolt, 1981). Au Canada, elle est présente en Ontario méridional (Scoggan, 1978b) et en Colombie-Britannique (Češka & Češka, 1980).

FORMES MINEURES

Les formes qui suivent n'ont jamais été signalées au Québec. Il s'agit de variations dans la couleur des fleurs et des fruits chez trois plantes indigènes, *Agalinis tenuifolia* f. *albiflora*, *Rubus idaeus* var. *aculeatissimus* f. *succineus*, *Spiraea tomentosa* f. *albiflora* et une plante introduite *Arctium minus* f. *pallidum*.

Agalinis tenuifolia (Vahl) Raf. var. *tenuifolia* f. *albiflora* (Britt.) House

Comté de Missisquoi: Veni[s]e, Province Point, baie Missisquoi, 5 septembre 1941, A. Blain et S. Baril s.n. (MT) [Sub nom. *Gerardia tenuifolia* Vahl f. *albiflora* Britton]. — Comté de Vaudreuil: île Perrot, champ sablonneux, lieu inculte à régénérescence de *Betula*, 31 août 1966, G. Bernard 66668 (MT) [Deux récoltes]. *Eodem*, prairie herbacée abandonnée, sol humifère (ca.

9 cm) sur fond sablonneux, 11 septembre 1967, G. Bernard 67544 (MT). — Comté de Missisquoi: Venise-en-Québec, en bordure d'une carrière exploitée pour son schiste noir émietté, près d'une mare d'eau, 29 août 1979, J.-P. Bernard B79-479 (QFA) [Véifié par B. Boivin].

Une note apparaissant sur l'étiquette de la récolte de G. Bernard (67544) à l'île Perrot indique qu'environ 40% des spécimens d'*A. tenuifolia* sont albinos. Par contre, à Venise-en-Québec (J.-P. Bernard B79-479), un seul plant de cette forme à fleurs blanches fut récolté au milieu d'une colonie d'individus typiques à fleurs violacées. Jusqu'à maintenant, cette forme n'avait été signalée au Québec que dans une thèse sur la flore de l'île Perrot, dans l'archipel de Montréal (Bernard, 1970, p. 282). L'auteur ajoute en commentaire: «Dans son *Énumération des plantes du Canada*, Boivin (1966-1967) ignore l'*Agalinis tenuifolia* f. *albiflora* bien que Blain et Baril l'aient récolté, en 1941, à Venise (comté Missisquoi). Cette dernière et les nôtres sont les seules que nous connaissions». Notre récolte complète les données actuelles sur cette plante au Québec. Aux États-Unis, cette forme est connue pour le New Jersey (Britton, 1890) et l'État de New York (House, 1923).

Arctium minus (Hill) Bernh. f. *pallidum* Farw.

Comté de Sherbrooke: Sherbrooke, près d'une ancienne grange, 11 août 1966, S. Brisson 66153 (SFS). — Comté de Québec: Sainte-Foy, Université Laval, dans la cour arrière d'un bâtiment de la Centrale d'énergie, 12 août 1975, J.-P. Bernard B75-611 (QFA). *Eodem*, sur l'emplacement d'une ancienne remise démolie dans la plantation Lemieux, 6 septembre 1978, J.-P. Bernard B78-616 (QFA).

Cette forme à fleurs blanches fut décrite par Farwell (1921) d'après des récoltes faites au Michigan. Steyermark et al. (1957) la mentionnent ensuite pour l'Illinois. Au Canada, Boivin (1966b) et Scoggan (1979) la signalent seulement pour l'Île-du-Prince-Édouard.

Rubus idaeus L. var. *aculeatissimus* Regel & Tiling f. *succineus* (Rehder) Boivin

Comté de Chicoutimi: canton Ferland, Ferland, à l'état naturel dans un champ de framboisiers, orée de la forêt, sur la propriété de Henri-Paul Gagnon, fruits blancs, 15 août 1976, G. Savard 230 (SFS, DAO, QFA) [Identifié par B. Boivin, 1977].

Il s'agit ici du framboisier sauvage à fruits blancs ou presque à maturité. Nous adoptons

ici le traitement taxonomique de Boivin (1955) qui subordonne le f. *succineus* au var. *aculeatissimus* qui représente le var. *strigosus* de la plupart des auteurs nord-américains. Rehder (1942) explique que la désignation de var. *albus* ou f. *albus* pour ce taxon est invalide et introduit en remplacement l'épithète *succineus*.

Cette forme rare a déjà été mentionnée pour le comté de King en Nouvelle-Écosse et peut-être pour l'Île-du-Prince-Édouard (Scoggan, 1978a; sub nom. *R. idaeus* var. *strigosus* f. *albus*). Fernald (1919) et Pease (1964) la signalent également pour le New Hampshire (f. *albus*).

La présente mention nous a été signalée par M. Samuel Brisson de l'Herbier de l'Université de Sherbrooke; elle a été mentionnée dans un journal de Chicoutimi (Le Quotidien, samedi 15 septembre 1979).

Spiraea tomentosa L. f. *albiflora* Macbr.

Comté de Missisquoi: Venise-en-Québec, clairière au sud du terrain de golf, fleurs blanches, 9 août 1982, J.-P. Bernard B82-190 (QFA).

Cette forme à fleurs blanches a été décrite par Macbride (1915) d'après des spécimens des États du Massachusetts et du New Hampshire. Au Canada, elle n'a été signalée qu'une seule fois, soit au Nouveau-Brunswick (Boivin, 1966c; Scoggan, 1978a). Il s'agit d'une ancienne mention de Fowler (1885). Notre récolte de Venise-en-Québec serait la deuxième station connue au Canada.

Plantes échappées de culture

Ce groupe comprend des plantes qui s'échappent spontanément de plantations ornementales ou expérimentales. Les plantes cultivées pour l'ornementation qui se sont ressemées ou propagées autour des plants-mères sont *Cotoneaster acutifolia*, *C. racemiflora*, *Dianthus plumarius*, *Elaeagnus angustifolia* var. *orientalis*, *Rosa multiflora* et *Veronica latifolia*. Le statut des plantes ornementales suivantes n'est pas bien connu. Il s'agit de plantes qui ont été trouvées dans des milieux rudéraux sans que leurs lieux de culture originaux soient connus. Ce sont: *Antirrhinum orontium*, *Bidens pilosa* var. *radiata*, *Campanula latifolia*, *C. medium*, *Chrysanthemum* × *superbum*, et *Lycium halimifolium*. D'autres ont été retrouvées autour de parcelles expérimentales ou plantations de plantes fourragères: *Astragalus*

cicer, *Bromus sitchensis* var. *marginatus* et *Trifolium pannonicum*. Enfin, dans le cas de *Sanguisorba minor*, cultivé pour le fourrage, on ne peut préciser ici l'origine de colonie introduite.

Il est difficile d'admettre que toutes ces plantes doivent être considérées comme faisant partie de la flore vasculaire du Québec. Il y a sans doute une bonne indication qu'elles sont en voie d'établissement et qu'elles sont bien adaptées au climat du Québec méridional. D'ailleurs la liste de plantes horticoles ou fourragères qui ont un potentiel de persistance ou de propagation spontanée autour des plants-mères pourrait s'allonger considérablement si des recherches étaient faites dans ce sens. Mais à partir de quel moment une plante échappée de culture devient-elle partie intégrante de la flore d'un territoire donné? Il y a très peu de données sur le sujet dans les flores et dans les listes floristiques locales, régionales ou faites à l'échelle d'un grand territoire. On se fie à l'opinion d'un botaniste s'il a recueilli lui-même une plante échappée de culture, mais comment interpréter la récolte d'un amateur si les renseignements fournis sur l'étiquette sont laconiques? Plusieurs des plantes échappées de culture mentionnées ici sont présentes dans les listes floristiques des autres provinces (Boivin, 1966-1967; Scoggan, 1978a, 1978b, 1979). Nous les signalons pour le Québec avec les nuances qui s'imposent. À notre avis, *Antirrhinum orontium*, *Rosa multiflora*, *Trifolium pannonicum* et *Veronica latifolia* sont bien établis. Les plantes suivantes sont en voie d'établissement: *Astragalus cicer*, *Bromus sitchensis* var. *marginatus*, *Cotoneaster acutifolia*, *C. racemiflora*, *Dianthus plumarius* et *Elaeagnus angustifolia* var. *orientalis*. Les données sur l'établissement et la persistance des autres plantes de ce groupe sont incomplètes. Leur mention pour le Québec dépendra du jugement des floristes et incitera les botanistes à en découvrir de nouvelles colonies. Il s'agit de *Bidens pilosa* var. *radiata*, *Campanula latifolia*, *C. medium*, *Chrysanthemum* × *superbum*, *Lycium halimifolium* et *Sanguisorba minor*.

Antirrhinum orontium L.

Comté de Québec: Sainte-Foy, sur le gazon bordant le terrain d'expérimentation de la Faculté d'agriculture de l'Université Laval aux confins de la propriété de la Maison générale des Sœurs du Bon-Pasteur, 23 août 1974, J.-P. Bernard B665 (QFA, DAO) [Vérifié par B.R.

Baum et B. Boivin]. *Eodem*, à l'orée d'un bosquet, derrière le Pavillon Vandry, 12 août 1975, J.-P. Bernard B75-622 (QFA).

Selon Scoggan (1979), en Amérique du Nord, cette scrofulariacée européenne s'échappe occasionnellement des jardins sur le bord des chemins et dans les lieux vagues. On l'a retrouvée en Alaska, en Colombie-Britannique et en Ontario. Pennell (1935) la mentionne pour l'Île-du-Prince-Édouard, mais aucune référence à cette province n'a été donnée par Fernald (1950), Gleason (1952), Erskine (1961) et Boivin (1966b). Au Gray Herbarium, il existe un spécimen de l'Île-du-Prince-Édouard étiqueté: Charlottetown, P.E.I., weed in garden, 1 plant, Aug. 11, 1914, M. L. Fernald & H. St. John 11176, (GH). Aux États-Unis, Pennell (1935) la cite pour les États de New York, de la Pennsylvanie et du Kentucky. Mohlenbrock & Evans (1974) la signalent pour l'Illinois.

Astragalus cicer L.

Comté de Québec: Sainte-Foy, une colonie dans un brise-vent aux limites de la propriété de la Maison généralice des Sœurs du Bon-Pasteur et de celui du terrain d'expérimentation de la Faculté d'agriculture de l'Université Laval, 21 juillet 1974, J.-P. Bernard B342. *Eodem*, 6 août 1974, J.-P. Bernard B375 (QFA; récoltes à distribuer) [Vérfié par B. Boivin].

Cette fabacée d'origine européenne est signalée par Boivin (1967d) comme mauvaise herbe rare dans les champs cultivés au Manitoba et en Alberta. Sur le campus de l'Université Laval, elle se serait échappée des parcelles expérimentales de plantes fourragères. Aux États-Unis, elle est connue de l'État de Washington et probable au Nevada (Scoggan, 1978a). Hitchcock (1961) n'en fait pas mention pour les États de la côte du Pacifique.

Bidens pilosa L. var. *radiata* Sch.-Bip.

Comté de Charlevoix: Petite-Rivière-Saint-François, sentier, 12 août 1971, J.J. Desgagné s.n. (QFA). [Vérfié par B. Boivin, 1977].

Ce bident à rayons blancs ou jaune pâle est très rare au Canada. Boivin (1966b) a signalé la seule récolte au pays jusqu'à maintenant, soit à Pointe Pelée au sud-ouest de l'Ontario. Selon Rousseau (1971), ce serait une éphémérophyte. Cette composée originaire d'Amérique tropicale est une mauvaise herbe jusqu'au Massachusetts (Fernald, 1950), mais ne semble pas persister longtemps plus au nord. Bailey *et al.* (1976) signa-

lent que seule la variété *radiata* est cultivée comme plante ornementale. Notre récolte est une deuxième mention canadienne et nous n'avons pas de données sur sa persistance.

Bromus sitchensis Trin. var. *marginatus* (Nees) Boivin

Comté de Québec: Sainte-Foy, sur un terrain herbeux et négligé avoisinant le terrain d'expérimentation de la Faculté d'agriculture de l'Université Laval, grande colonie d'environ une centaine d'individus, 22 juillet 1975, J.-P. Bernard B75-403 (QFA; récoltes à distribuer) [Vérfié par M.E. Barkworth et B. Boivin].

La taxonomie de cette graminée est problématique. Hitchcock (1935) la traite sous *B. marginatus* Nees. Scoggan (1978b) la place sous *B. carinatus* Hook. & Arn. var. *marginatus* (Nees) Hitchc., tandis que Hitchcock (1969) la considère synonyme du *B. carinatus* typique. Nous suivons ici l'opinion de Boivin (1981) qui subordonne le var. *marginatus* au *B. sitchensis* Trin.

Au Canada, cette espèce est indigène en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique, et introduite au Manitoba et en Ontario (Scoggan, 1978b; Boivin, 1981). Aux États-Unis, Hitchcock (1935) la dit indigène dans les régions de l'ouest américain jusqu'au nord du Mexique et introduite ailleurs, surtout dans l'Iowa, l'Illinois, le Maine et en Alaska.

Sur le campus de l'Université Laval, cette espèce se serait échappée d'une parcelle d'expérimentation de plantes fourragères. La colonie a été largement détruite vers 1977, lors de la construction d'un tronçon routier. Une seule touffe a subsisté par la suite dans les environs.

Campanula latifolia L.

Comté de Lotbinière: Saint-Antoine-de-Tilly, au bord d'un champ, 22 juin 1953, A. Gagnon 3619 [2 parts] (QFA).

Selon Fernald (1950), cette campanule ressemble au *C. trachelium* L., mais s'en distingue par ses feuilles ovées-lancéolées, des pédoncules uniflores et la corolle qui est plus grande (4 à 5 cm de longueur chez *C. latifolia*; 2,5 à 3,5 cm chez *C. trachelium*).

Cette espèce échappée de culture n'a jamais été signalée pour le Québec ni même pour le Canada (Scoggan, 1979). Elle n'est pas non plus dans la liste de Shetler (1963). Tout récemment, elle a été mentionnée au Maine pour le comté d'Oxford, qui est adja-

cent au Québec (Campbell & Eastman, 1978, 1980). Auparavant, elle n'avait jamais été signalée ailleurs au Maine (Bean *et al.*, 1966) ni en Nouvelle-Angleterre (Seymour, 1969).

Campanula medium L.

Comté de Lévis : Saint-Nicolas, Anse aux Phares, en bordure de la route, 28 juin 1971, J.-G. Perras 71-186 (QFA).

Cette campanule originaire d'Europe s'échappe rarement de culture. Au Canada, elle se rencontre en Colombie-Britannique, en Ontario et au Nouveau-Brunswick (Scoggan, 1979). Elle n'est pas mentionnée pour la Nouvelle-Angleterre (Seymour, 1969) ni ne se retrouve dans l'énumération de Shetler (1963). Sa découverte remonte à quelques années et nous ne savons pas si la colonie persiste encore à l'endroit de récolte.

Chrysanthemum × *superbum* Bergmans ex J. Ingram

Comté de Québec : Sainte-Foy, en bas de la côte Ross, taillis près de la voie ferrée, 25 juillet 1973, J. Cayouette (73-613) et J.-P. Bernard (QFA).

Cette marguerite échappée de culture a l'aspect général d'un gros *C. leucanthemum* L., mais s'en distingue par ses grands capitules (jusqu'à 9 cm de diamètre), ses tiges presque pas ramifiées et ses feuilles à peine échanquées. Elle est souvent cultivée sous le nom de *C. maximum* Ramond, mais d'après Bailey et ses collaborateurs (1976), la plupart du matériel cultivé sous le nom de *C. maximum* représenterait l'hybride *C. × superbum* (prob. *C. lacustre* × *maximum*). Dans son traitement du genre *Leucanthemum* en Europe, Heywood (1976) place *L. maximum* (Ramond) DC. dans le complexe de *L. vulgare* Lam. (*C. leucanthemum* L.) et également *L. maximum* auct. comme synonyme de *L. adustum* (Kock) Gmel. et de *L. heterophyllum* (Willd.) DC. Notre récolte de Sainte-Foy ne correspond pas à ces deux derniers taxons qui ont des petits capitules (3,5 à 6 cm de diamètre) mais se rapproche du *L. maximum* (Ramond) DC. *sensu* Heywood par ses grands capitules (7 à 9 cm). Selon Heywood (1976), *L. maximum* est aussi cultivé comme plante ornementale mais d'après Villard (1971, p. 169), le *L. maximum* serait exclusivement une endémique des Pyrénées et ne se retrouverait pas dans des formes horticoles de la marguerite. Il a pu cependant être à l'origine de certaines marguerites cultivées comme par exemple la récolte que

nous signalons ici. Voilà pourquoi nous préférons suivre l'opinion de Bailey et de ses collaborateurs (1976). Kucyniak (1945) avait, pour le Québec, signalé une espèce cultivée et parfois échappée de culture, le *C. uliginosum* Pers. (*C. serotinum* L. dans Bailey *et al.* (1976)). Cette espèce ressemble au *C. × superbum* mais s'en distingue facilement par des ramifications sous chacun des capitules et par des feuilles fortement serrées.

Le *C. × superbum* n'a jamais été rapporté pour le Québec, ni même pour le Canada (Boivin, 1966b; Scoggan, 1979). Il est absent de la liste des plantes vasculaires d'Amérique du Nord de Kartesz & Kartesz (1980).

Notre récolte située tout près d'une voie ferrée provient peut-être de graines ou de souches jetées à partir de déchets de jardin. Nous n'avons pas depuis revu l'espèce à cet endroit, l'emplacement ayant été nivelé.

Cotoneaster acutifolia Turcz.

Comté de Québec : Sainte-Foy, Université Laval, spontané dans l'ancienne plantation de Joseph Vandal située au nord du campus, 22 juin 1982, J.-P. Bernard B82-42 (QFA). *Eodem*, spontané sous une haie plantée à l'est du Pavillon des Sciences de l'administration, 22 juin 1982, J.-P. Bernard B82-46 (QFA). *Eodem*, sous une haie au nord-est du Pavillon Vandy, 22 juin 1982, J.-P. Bernard B82-51b (QFA). Sainte-Foy, spontané sous les haies bordant le trottoir de l'entrée principale de l'École Notre-Dame du Sacré-Coeur située sur le boulevard Neilson, 22 juin 1982, J.-P. Bernard B82-41b (QFA). Université Laval, sous une haie au nord-est du Pavillon Vandy, 24 juillet 1982, J.-P. Bernard B82-110 (QFA).

Cette rosacée asiatique est fréquemment utilisée pour former des haies et des massifs. Elle est introduite au Canada depuis l'Alberta jusqu'en Ontario (Scoggan 1978a; Boivin, 1966c; Stevenson, 1965). Nos récoltes sont les premières au Québec à être signalées comme échappées de culture. Nous avons observé que dans les environs de Sainte-Foy, c'est l'un des arbustes ornementaux qui se resseme le plus facilement; il a aussi la faculté de marcotter naturellement quand les rameaux traînent sur le sol dans une plantation abandonnée.

Cotoneaster racemiflora (Desf.) K. Koch

Comté de Québec : Sainte-Foy, Université Laval, quelques jeunes individus spontanés sous une haie plantée de cette espèce au sud-est du Pavillon des Sciences de l'administration,

fruits rouges, 22 juin 1982, J.-P. Bernard B82-45 (QFA).

Le *Cotoneaster racemiflora* ressemble superficiellement au *C. melanocarpa* Lodd., qui a déjà été signalé pour les provinces des Prairies (Stevenson, 1965; Scoggan, 1978a), mais la couleur des fruits le distingue aisément: rouge chez *C. racemiflora*, noire chez *C. melanocarpa* (Rehder, 1940). Le *C. racemiflora* est d'origine asiatique. Il est employé dans les aménagements en haie et massif sur le campus de l'Université Laval. Même s'il se ressème naturellement, les pousses spontanées sont exposées continuellement à l'élimination par les travaux d'entretien et par la coupe du gazon. À notre connaissance, c'est la première fois que cet arbuste est mentionné comme échappé de culture en Amérique.

Dianthus plumarius L.

Comté de Duplessis: Rivière Moisie, camping Fernand Val, au bord de la rivière, en bordure de la sapinière, non loin de chalets, échappé de culture et persistant, 28 juillet 1979, J. Cayouette (J79-251) et M. Dubé (QFA).

Selon Maguire (1950), cet œillet vivace originaire du centre et du sud-est de l'Europe, s'échappe parfois des jardins et s'établit localement à quelques endroits en Nouvelle-Angleterre. Seymour (1969) le mentionne pour trois États voisins du Québec: Vermont, New Hampshire et Maine. Dans ce dernier État, il a été récemment signalé pour le comté d'Oxford, adjacent aux Cantons de l'Est (Campbell & Eastman, 1978, 1980). Au Canada, il a été signalé en Nouvelle-Écosse par Scoggan (1978a) et en Ontario (Ottawa, Rockcliffe Park) par Rousseau (1971), qui le qualifie d'éphémérophyte. Il n'avait pas encore été mentionné pour le Québec; il en existe bien quelques spécimens dans les herbiers, mais sans indication qui puisse laisser croire à un statut d'échappé de culture. La récolte précitée provient de la Côte-Nord du Saint-Laurent, à un endroit et sous un climat assez inattendus pour un taxon apparemment thermophile. Il semblait bien persister à travers les *Cornus canadensis* et les *Polytrichum* spp.

Elaeagnus angustifolia L. var. *orientalis* (L.) Kuntze

Comté de Richmond: Danville, en milieu habité, dans un talus de remplissage colonisé par *Aster simplex*, *Asclepias syriaca*, échappé de culture, 31 juillet 1975, J. Cayouette 75-124

(QFA). — Comté de Québec: Sainte-Foy, Université Laval, dans un coin d'une pépinière abandonnée près de la Centrale d'énergie, 12 août 1975, J.-P. Bernard B75-608 (QFA) [2 récoltes].

Cet arbuste à feuilles argentées est fréquemment cultivé comme plante de haie et il en existe quelques récoltes dans les herbiers du Québec qui sont classées comme cultivés. Il n'a pas été signalé encore au Québec comme plante échappée de culture et les récoltes mentionnées plus haut ne laissent aucun doute sur leur statut. Dans le cas de la première récolte, l'arbuste poussait dans un talus au bord d'un ruisseau en compagnie de *Populus alba* L., à partir de repousses provenant de déchets de plantes cultivées; il en est de même pour la récolte de Sainte-Foy. Au Canada, il est présent en Colombie-Britannique, en Alberta, du Manitoba au sud de l'Ontario dans les comtés de York, de Middlesex et de Lincoln (Scoggan, 1979). Il est absent des Maritimes. En Nouvelle-Angleterre, il a été trouvé au Vermont (Seymour, 1969) et au Maine (Bean et al., 1966). Ces mentions canadiennes et américaines ne précisent pas le statut variétal de l'arbuste. Nos récoltes s'identifient clairement au var. *orientalis* (L.) Kuntze par des feuilles elliptiques ou oblongues-ovées, souvent arrondies à la base, alors qu'elles sont étroites et cunéaires chez la variété typique (Rehder, 1940). Au moment de la récolte, les arbustes ne portaient ni fleurs ni fruits.

Lycium halimifolium Mill.

(= *L. chinense* Mill.)

Comté de Papineau: Montebello, plante prise à Buckingham en 1969 en un lieu inculte et plantée au jardin Charlebois, 51 rue Notre-Dame, Montebello, 28 septembre 1971, J. E. Charlebois 1328 (QUE) [Identifié par R. Cayouette].

Cette solanacée arbustive originaire d'Asie et du sud-est de l'Europe est couramment cultivée aux États-Unis et au Canada et se retrouve parfois le long des routes, dans les champs et les terrains vagues. Plusieurs auteurs distinguent le *Lycium halimifolium* du *L. chinense* mais s'il faut se fier à Cronquist (1959b), les caractères du *L. chinense* entrent bien dans l'éventail de variabilité du *L. halimifolium*; il renvoie donc *L. chinense* dans la synonymie de *L. halimifolium*, comme le fait également Scoggan (1979). Cependant, dans le catalogue de Kartesz & Kartesz (1980) on le retrouve sous *L. barbarum* L.

Sa répartition au Canada comprend la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan, l'Ontario (comtés de Durham et de Frontenac) ainsi que la Nouvelle-Écosse (Scoggan, 1979). Il est présent également en Nouvelle-Angleterre, au Vermont (entre autres Burlington), au Maine (sous *L. chinense*) et au New Hampshire (*L. chinense*) pour ne citer que les États voisins du Québec (Seymour, 1969).

La récolte de M. J.E. Charlebois à Montebello a été faite dans son jardin mais, selon ce botaniste amateur, il aurait trouvé le *Lycium* à Buckingham dans un terrain inculte et l'aurait transplanté dans son jardin. Nous n'avons pas présentement d'indication sur la localisation et la persistance de la colonie en provenance de Buckingham.

Rosa multiflora Thunb.

Comté de Québec: Sainte-Foy, Université Laval, à l'intérieur de l'érablière située au nord-est du Pavillon Casault, 22 septembre 1981, J.-P. Bernard B81-434 (QFA). *Eodem*, endroit un peu ouvert d'un boisé à l'est du Pavillon Lacerte, 22 septembre 1981, J.-P. Bernard B81-442 (QFA). *Eodem*, clairière de l'érablière à l'ouest du Pavillon Casault, 22 juin 1982, J.-P. Bernard B82-47 (QFA). Sainte-Foy, clairière du boisé situé à l'ouest du Centre commercial Place Laurier, 3 août 1982, J.-P. Bernard B82-150 (QFA).

Le *Rosa multiflora* est originaire de l'est de l'Asie. En Amérique du Nord, dans l'est des États-Unis, il s'échappe dans les clairières et le long des chemins (Fernald, 1950; Gleason, 1952) alors qu'au Canada, il n'était connu que du sud de l'Ontario (Scoggan, 1978a).

À l'Université Laval, le *R. multiflora* se trouve dans une plantation sise à l'extrémité nord du campus depuis 1949. Cette plantation est laissée à elle-même depuis de nombreuses années, mais les souches originelles existent toujours.

En ces dernières années, nous avons eu l'occasion de rencontrer le *R. multiflora* dans les clairières et même à l'intérieur de la plupart des boisés du campus de l'Université Laval. Il en est de même dans des habitats similaires des secteurs environnants de la banlieue de Québec (Sainte-Foy et Silery). Il est évident qu'on ne peut considérer tous ces individus comme des *abandonnés après culture* et encore moins comme *résultant de déchets*, car la plupart d'entre eux se sont fort probablement développés

à partir d'akènes disséminées par les oiseaux. Nous avons fait les mêmes observations chez *Berberis thunbergii* DC. et *Lonicera × bella* Zabel, tant sur le campus de l'Université Laval qu'ailleurs.

Sanguisorba minor Scop. ssp. *minor*

Comté de Shefford: Sainte-Cécile-de-Milton, verger de M. Courtemanche, 15 juin 1976, R. Bernard s.n. (QFA).

La sous-espèce typique se reconnaît à son réceptacle glabre, réticulé et faiblement ailé (Nordborg, 1967).

Cette récolte provient de l'herbier d'un étudiant qui a recueilli la sanguisorbe avec une touffe de *Houstonia caerulea* L., dans un verger des Cantons de l'Est. Cette espèce n'a pas été mentionnée avec certitude pour le Québec, même si Fernald (1950) donne comme distribution «*Nova Scotia to Ontario*». Boivin (1966c) ne la signale pas pour le Québec. Scoggan (1978a) fait état d'une récolte de La Pocatière, comté de Kamouraska, mais doute de son statut de plante échappée de culture parce qu'elle provient d'un jardin. Cette rosacée est fréquemment utilisée comme plante fourragère et sa mention pour le Québec était attendue. En effet, on l'a retrouvée partout autour du Québec: en Ontario, au Nouveau-Brunswick (Scoggan, 1978a), au Maine et au Vermont (Seymour, 1969). Scoggan la mentionne aussi pour la Colombie-Britannique et la Nouvelle-Écosse. On risque de la retrouver comme adventice au bord des routes, des prairies et des champs cultivés si sa culture se répand (Rousseau, 1971).

Trifolium pannonicum Jacq.

Comté de l'Islet: Saint-Marcel, 46°54'N.-70°04'O., en avant de la cour du moulin à scie, une centaine de plants sur une surface d'environ 10 pieds carrés, 23 juillet 1981, S. St-Onge s.n. (QFA).

Ce sont les inflorescences jaune vif, d'une taille inhabituellement grande, de ce trèfle vivace d'origine européenne, qui ont attiré l'attention du collecteur. Cette espèce pubescente possède des folioles variant d'oblongues-lancéolées à elliptiques, plus longues et plus étroites que chez la plupart de nos autres espèces. À notre connaissance, aucune flore nord-américaine n'a encore mentionné la présence de cette espèce hors culture.

Elle est largement répandue dans les parties du centre-est et du sud-est de l'Europe,

alors qu'elle est occasionnellement cultivée ailleurs (Coombe, 1968). On la retrouve aussi en Asie (Uphof, 1968). Elle est cultivée comme plante ornementale (Bailey, 1929-1930) ou fourragère (Uphof, 1968). On a appris (C. Roy) récemment que cette espèce avait été introduite à Saint-Marcel par un producteur agricole comme plante fourragère depuis au-delà de 70 ans. Elle s'est répandue dans les environs et s'y maintient encore comme plante naturalisée.

Veronica latifolia L.
(= *V. teucrium* L.)

Comté de Québec: Québec, 762 de Longpré, terrain inculte, 16 juin 1965, T. Thi-Hoa s.n. (QFA) [Sub nom. *V. chamaedrys* L., révisé par J.-P. Bernard, 1972]. — Comté de Montmorency: Boischatel, en bordure du golf, échappée de culture et spontanée, 25 juin 1970, J.J. Desgagné s.n. (QFA) [Dép. L. Cinq-Mars, 1970].

La taxonomie de cette espèce que certains nomment *V. teucrium* L. est quelque peu contestée et nous nous référons sur ce point à l'opinion de Boivin (1972b) qui lui préfère l'appellation *V. latifolia*. On la retrouve sous le nom de *V. austriaca* L. ssp. *teucrium* (L.) D.A. Webb dans Kartesz & Kartesz (1980).

Cette espèce asiatique échappée de culture n'est pas mentionnée pour le Québec par Scoggan (1979). Il la mentionne cependant pour l'Ontario, Terre-Neuve et la Saskatchewan. Elle se retrouve en Nouvelle-Angleterre dans tous les États voisins du Québec (Seymour, 1969). Cette véronique a été signalée pour le Québec par Rouleau dans la 2^e édition de la *Flore Laurentienne* (Marie-Victorin, 1964) mais, d'après Boivin (comm. pers.) ce serait sur la foi d'une récolte de Cinq-Mars, Van den Hende & Bonneau 63-347, Frelighsburg, 13 juin 1963, (SFS, QFA, GH) qui a été révisée au *V. chamaedrys*. La mention de Legault & Brisson (1967) pour les Cantons de l'Est serait fondée sur cette même récolte. Les deux spécimens cités ci-dessus sont donc les deux premières mentions sûres pour le Québec de cette espèce qui ressemble superficiellement au *V. chamaedrys*. Elle s'en distingue aisément par le nombre de lobes du calice: 5 chez *V. latifolia* et 4 chez *V. chamaedrys* (Scoggan, 1979).

Éphémérophytes

Ce groupe est constitué en grande partie de plantes annuelles spontanées dans des

jardins ou en bordure de pelouses, apportées comme impuretés dans les semences. Le gazon posé en rouleaux porte également son cortège d'adventices de ce type. Ces plantes n'ont persisté qu'une saison seulement. On ne sait pas toujours si elles se seraient ressemées; certaines colonies ont été détruites en entier: travaux de construction, récolte de la totalité des spécimens. D'autres n'ont sans doute pas résisté à l'hiver. Ces plantes sont apparues spontanément dans les jardins (*Bothriochloa pertusa* et *Linaria maroccana*) ou dans les gazons (*Amsinckia menziesii*, *Apera interrupta*, *Deschampsia calycina* et *Ventenata dubia*). Quant à *Picris echioides*, il aurait été apporté par les eaux d'une rivière en crue et le seul spécimen présent a été récolté.

Ces plantes ne sont pas encore établies avec certitude au Québec. Leur présence mérite toutefois d'être signalée car elles peuvent se rencontrer à nouveau dans des circonstances similaires, suite à des impuretés de semences. Elles peuvent s'établir et même devenir des mauvaises herbes.

Amsinckia menziesii (Lehm.) Nels. & Macbr.

Comté de Québec: Saint-Émile-de-Québec, rue Renaud, quartier est du village, terrain de remplissage entre deux habitations, dans le matériel meuble provenant de déchets de gazon cultivé, avec *Rorippa islandica*, une vingtaine de plants, 1^{er} juillet 1977, J. Cayouette J77-7 (QFA, DAO) [Véifié par B. Boivin 1979]. Sainte-Foy, paroisse Sainte-Geneviève, 3120 rue de la Paix, gazon, 7 août 1978, G. Ayotte 78-36 (QFA, DAO) [Véifié par B. Boivin 1979]. *Eodem*, mauvaise herbe sur la pelouse autour de la maison, en petites touffes, une dizaine de spécimens, 1^{er} septembre 1978, G. Ayotte 78-132 (QFA).

Cette boraginacée qui ressemble superficiellement à un *Lappula* à petites fleurs jaunes est originaire de l'ouest du continent. Elle est indigène à partir de la Colombie-Britannique jusqu'au sud de la Californie (Ray & Chisaki, 1957). Plus au nord, elle est introduite jusqu'en Alaska et au Yukon, et vers l'est, jusqu'au sud du Manitoba (Boivin, 1966b, 1972b; Scoggan, 1979). On ne l'a jamais signalée à l'est du Manitoba. Dans le nord-est de l'Amérique, elle n'est mentionnée que par Fernald (1950) qui ne précise pas de localité. Elle est absente de la Nouvelle-Angleterre (Seymour, 1969) et on ne la retrouve pas dans les travaux de Gleason (1952), de Gleason & Cronquist (1963) pour le nord-est de l'Amérique. Cochrane

(1975) mentionne pour le Wisconsin *A. lycopsoides* Lehm., un taxon voisin d'*A. menziesii*. Comme la taxonomie du genre *Amsinckia* est passablement contestée (Ray & Chisaki, 1957), il pourrait s'agir ici d'une mention d'*A. menziesii* pour cette région. Boivin (1972b), pour sa part, considère l'*A. lycopsoides* comme un synonyme d'*A. menziesii*. L'*A. lycopsoides* se retrouve même comme adventice en Europe (Chater, 1972b). Cette boraginacée semble être introduite avec les graines de semence de gazon et nous ne savons pas si elle va persister dans nos régions. La station de Saint-Émile a été détruite quelques mois après la récolte; celle de Sainte-Foy n'a pas été revue en 1979.

Apera interrupta (L.) Beauv.
(= *Agrostis interrupta* L.)

Comté de Missisquoi: Venise-en-Québec, gazon nouvellement ensemencé du terrain de golf, 23 juin 1979, J.-P. Bernard B79-87 (QFA, US) [Véifié par B. Boivin et T.R. Soderstrom].

Cette graminée eurasiatique d'origine imprécise est d'indigénat douteux dans la plupart des régions (Tutin, 1980). C'est une plante annuelle des milieux ouverts et sablonneux. Elle est une introduction assez récente en Amérique du Nord (St. John, 1937). Elle est bien établie aux États-Unis, à l'est des monts Cascades, en Oregón, en Idaho et au Montana (Hitchcock, 1969). Au Canada, on la retrouve en Colombie-Britannique (Hitchcock, 1935; Eastham, 1947; Hubbard, 1955; Scoggan, 1978b). Réemment, McNeill (1981) l'a signalée comme mauvaise herbe près de Burlington en Ontario. Au Québec, elle est observée pour la première fois en 1979, dans le gazon récemment ensemencé d'un terrain de golf à Venise-en-Québec; elle croissait plus ou moins abondamment en compagnie de deux autres plantes introduites: *Ventenata dubia* (Leers) Coss. & Dur. et *Plagiobothrys scouleri* (Hook. & Arn.) I.M. Johnston var. *penicillatus* (Greene) Cronq. Toutes les trois doivent être considérées comme des éphémères à Venise-en-Québec, car on ne les y a plus revues depuis 1980.

Bothriochloa pertusa (L.) Camus
(= *Andropogon pertusus* (L.) Wild.)

Comté de Papineau: Montebello, spontanée dans un jardin parmi un semis d'autres espèces, 27 juillet 1972, J.E. Charlebois s.n. (QUE). *Eodem*, propriété Charlebois, 51 rue Notre-Dame, apparu spontanément au printemps 1972, 4 septembre 1972, J.E. Charlebois s.n.

(QUE) [Sub nom. *Andropogon perforatus* Trin. ex Fourn., révisé par Frank W. Gould, 1978].

Dans sa monographie du complexe *Andropogon* aux États-Unis, Gould (1967) subdivise ce taxon en 4 genres: *Schizachyrium*, *Bothriochloa*, *Andropogon* et *Dichanthium*.

Le *B. pertusa* se distingue d'une façon toute singulière de nos autres espèces de graminées par la présence, sur la glume inférieure des épillets sessiles, d'une dépression ronde et bien marquée, de la dimension d'un trou d'épingle. Cette graminée est originaire des régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique et d'Australie. Elle a été introduite comme plante fourragère dans les Antilles et dans les ranchs du Mexique et du sud du Texas (Celarier & Harlan, 1955; Gould, 1957). Banks (1964) l'a signalée pour la Floride. Selon Gould (1975), elle ne persisterait comme plante spontanée que dans le sud du Texas.

Sa présence au Québec est surprenante. Elle n'a jamais été signalée auparavant, ni au Québec, ni au Canada (Scoggan, 1978b). Le récolteur mentionne que cette graminée a poussé spontanément dans son jardin parmi les semis d'autres espèces et qu'elle s'est répandue à vue d'œil. Tous les plants ont probablement été détruits l'hiver suivant. Dans leurs essais expérimentaux d'introduction de graminées fourragères en Oklahoma, Celarier & Harlan (1955) ont trouvé qu'aucun des plants de *B. pertusa* qui leur sont parvenus de toutes les parties des Tropiques n'étaient résistants à l'hiver. On ne risque donc pas de la voir se répandre sous nos latitudes, mais il est possible qu'elle apparaisse à l'occasion dans des semis et qu'elle se propage au moins pendant une saison.

Deschampsia calycina Presl
(= *D. danthonioides* (Trin.) Munro ex Benth.)

Comté de Québec: Sainte-Foy, Université Laval, en bordure d'une voie de sortie donnant sur la route du Vallon, à l'ouest du Pavillon Comtois, 10 juillet 1979, J.-P. Bernard B79-164 (QFA).

Cette graminée annuelle est généralement traitée par les auteurs sous le nom de *D. danthonioides* (Trin.) Munro ex Benth. (Hitchcock & Chase, 1951; Hultén 1968; Hitchcock, 1969; Scoggan, 1978b). Mais selon Boivin (1948), l'épithète de Presl est prioritaire d'un an sur celle de Trinius (*Aira danthonioides*, 1831 nec 1830). Il en indique ainsi les rai-

sons: « Pour ce qui est de la date de publication de l'*Aira danthonioides*, je me fie à ce que donne le *Catalogue of Scientific Papers* préparé par la Société Royale de Londres et le *Flora of Alaska and Yukon de Hultén* » (Boivin, 1948, p. 82). Cette espèce exclusivement américaine se distribue le long de la côte du Pacifique, y compris l'Alaska, le Yukon, la Colombie-Britannique, les États côtiers américains, le Mexique et le Chili. Sa mention pour l'Alberta semble résulter d'un *lapsus calami* (Boivin, 1981).

Cette graminée, nouvelle pour le Québec, a été trouvée dans du gazon en rouleau récemment posé. Sa présence est sans doute liée aux impuretés des semences de gazon importées.

Linaria maroccana Hooker f.

Comté de Lévis: Lévis, spontané dans une culture d'oignons, quelques plants, 8 août 1968, R. Cayouette 8999, 8999a (QUE).

Cette linaria ornementale annuelle est originaire d'Afrique du Nord (DeWolf Jr., 1956) et se retrouve à quelques endroits aux États-Unis et au Canada comme échappée de culture autour des jardins, mais se resème rarement (Boivin, 1972b). Au Canada, sa présence a été signalée en Colombie-Britannique, en Alberta et à l'Île-du-Prince-Édouard (Boivin, 1966b). Au Québec, Doyon & Cayouette (1978) l'ont mentionnée pour le comté de Lévis, sur la foi de la récolte citée plus haut, mais n'indiquent pas qu'il s'agit d'une addition à la flore du Québec. Scoggan (1979) mentionne la récolte de l'Île-du-Prince-Édouard sous *L. maroccana* et celles de l'ouest du Canada sous *L. pinifolia* (Poir.) Thell., espèce voisine à peine distincte de *L. maroccana*. Fernald (1950) la donne pour la Nouvelle-Angleterre. Plus près du Québec, elle est mentionnée au Maine dans le comté de Hancock (Bean *et al.*, 1966) et au New Hampshire dans le sud-est du comté de Coös, comté voisin du Québec (Pease, 1964).

Sa présence spontanée dans un jardin de Lévis est liée à l'impureté des semences et non à une expansion à partir de plates-bandes de fleurs cultivées. Les quelques plants trouvés furent récoltés et on ne sait pas si la plante se serait ressemée.

Picris echioides L. var. *echioides*

Comté de Papineau: Montebello, champ inondé au printemps dernier par les eaux de

l'Outaouais, plante solitaire, 29 septembre 1974, J.E. Charlebois s.n. (QUE) [Identifié par R. Cayouette].

Cette composée originaire d'Eurasie est une adventice assez rare en Amérique du Nord. Aux États-Unis, on la retrouve, entre autres, dans quelques États de la Nouvelle-Angleterre, soit au Maine et au Vermont (Seymour, 1969) pour ne mentionner que les États voisins du Québec. Au Canada, elle a été récoltée en Alberta, en Saskatchewan, en Ontario, dans les comtés de Wellington, de Welland et de Prince Edward (Scoggan, 1979). Scoggan (1979) signale également une ancienne récolte (1882) du sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Sa présence en Nouvelle-Écosse, quoique signalée par Groh & Frankton (1949), n'a pas été authentifiée jusqu'à maintenant par des spécimens d'herbier. Sa présence au Québec n'est signalée ici que par la récolte d'un seul spécimen apporté par les eaux de l'Outaouais en crue, comme le suggère son découvreur, M. J.E. Charlebois (*in litt.*).

Ventenata dubia (Leers) Coss. & Dur.

(= *Avena dubia* Leers)

Comté de Missisquoi: Venise-en-Québec, introduit avec de la semence à gazon dans la nouvelle section du terrain de golf récemment agrandi, en compagnie d'*Apera interrupta* (L.) Beauv. et de *Plagiobothrys scouleri* (Hook. & Arn.) I.M. Johnston var. *penicillatus* (Greene) Cronq., 23 juin 1979, J.-P. Bernard B79-86 (QFA, US) [Véifié par B. Boivin et T.R. Soderstrom].

Indigène dans le centre et le sud de l'Europe, cette graminée annuelle est apparue récemment comme mauvaise herbe dans les États américains de l'Idaho et de Washington (Hitchcock, 1969). Elle serait nouvelle pour le Canada, car elle n'a été signalée ni par Boivin (1967b), ni par Scoggan (1978b). À l'endroit de récolte, le semis du gazon fut fait tôt au printemps de 1979 et les éphémérophytes susmentionnées étaient reconnaissables dès la mi-juin.

Discussion

Indépendamment du regroupement des taxons utilisés plus haut, il est intéressant de noter que 9 d'entre eux n'ont jamais été signalés pour le Canada (Boivin, 1966-1967; Scoggan, 1978a, 1978b, 1979). Ce sont *Agalinis tenuifolia* f. *albiflora*, *Bothriochloa pertusa*, *Campanula latifolia*, *Chrysanthemum* × *superbum*, *Cotoneaster racemiflora*, *Elaea-*

gnus angustifolia var. *orientalis*, *Nonea versicolor*, *Trifolium pannonicum* et *Ventenata dubia*. Tout récemment Kartesz & Kartesz (1980) publiaient une liste des plantes vasculaires des États-Unis, du Canada et du Groenland. Cinq de nos mentions ne s'y retrouvent pas. Il s'agit d'*Antirrhinum orontium*, qui apparaît pourtant dans quelques flores régionales et dans la monographie de Pennell (1935), de *Chrysanthemum* × *superbum*, de *Cotoneaster racemiflora*, de *Nonea versicolor* et de *Trifolium pannonicum*.

Il est à noter que sept de nos taxons nouveaux pour le Québec se retrouvent dans la liste des plantes nuisibles du Canada de Alex et al. (1980): *Amaranthus powellii*, *Antirrhinum orontium*, *Arabidopsis thaliana*, *Lolium persicum*, *Lycium halimifolium*, *Matricaria recutita* (sous *M. chamomilla*) et *Sanguisorba minor*. Enfin, *Puccinellia nuttalliana* est considéré comme rare en Ontario (Argus & White, 1977).

Remerciements

Nous remercions tout spécialement monsieur B. Boivin de Québec (anciennement de l'Institut de recherches biosystématiques, Ottawa) qui a vérifié ou révisé la plupart des spécimens cités dans ce travail et qui nous a fourni quantité d'informations pertinentes sur la distribution canadienne des plantes et sur certains spécimens d'herbier. Les personnes suivantes ont aimablement accepté d'identifier ou de vérifier certains spécimens: M.E. Barkworth (maintenant au Utah State University, *Bromus*), B.R. Baum (Institut de recherches biosystématiques, Ottawa, *Antirrhinum*), G. Bernard (Montréal, *Agalinis*), R. Cayouette (ancien conservateur de l'Herbier du Québec, Québec, *Linaria*, *Lycium*, *Picris*), F.W. Gould (Texas A. & M. University, *Bothriochloa*), E. Lepage (†) (Rimouski, *Puccinellia*), T.R. Soderstrom (Smithsonian Institute, Washington, *Apera*, *Ventenata*). Nous sommes reconnaissants également aux personnes suivantes qui nous ont transmis leurs récoltes ou des spécimens intéressants qui leur sont parvenus de tiers: S. Brisson (†) (Université de Sherbrooke, *Arctium*, *Rubus*); R. Cayouette (*Linaria* et les récoltes de M.J.E. Charlebois de Montebello: *Bothriochloa*, *Lycium*, *Picris*, ainsi que la correspondance), P. Morisset (Univ. Laval, *Matricaria*). P. Morisset a lu et commenté une première version du manuscrit. Nous remercions également les conservateurs des herbiers cités plus haut pour nous avoir rendu possible l'accès à leurs collections.

Nos remerciements s'adressent enfin à l'évaluateur anonyme (n° 2) dont les commentaires et suggestions ont amené la refonte du manuscrit.

Références

- ALEX, J.F., R. CAYOUILLE & G.A. MULLIGAN, 1980. Noms populaires et scientifiques des plantes nuisibles du Canada. — Agric. Canada, Dir. rech., Ottawa, Publ. n° 1397, 132 p.
- ARGUS G.W. & D.J. WHITE, 1977. Les plantes vasculaires rares de l'Ontario. — Syllogeus, n° 14, 66 p.
- BAILEY, L.H., 1929-1930. The standard cyclopedia of horticulture, Vol. 3. — Macmillan, New York, p. 2423-3639.
- BAILEY, L.H., E.Z. BAILEY & THE STAFF OF THE L.H. BAILEY HORTORIUM, 1976. Hortus third: a concise dictionary of the plants cultivated in the United States and Canada. — Macmillan, New York, 1290 p.
- BAILLARGEON, G., 1981. Zonation et modification de la composition de la flore vasculaire dans une région urbaine: la colline de Québec. — Thèse M. Sc., Univ. Laval, Québec, 206 p.
- BANKS, D.J., 1964. Notes on *Paspalum minus* and *Andropogon pertusus* in the United States. — Rhodora, 66: 273-274.
- BEAN, R.C., C.D. RICHARDS & F. HYLAND, 1966. Check-list of the vascular plants of Maine. — Bull. Josselyn bot. Soc. Me, Orono, Maine, no. 8, 71 p.
- BERNARD, G., 1970. La flore de l'île Perrot (Comté de Vaudreuil, Québec). — Mémoire M. Sc., Univ. Montréal, 474 p.
- BOIVIN, B., 1948. Centurie de plantes canadiennes. — Naturaliste can., 75: 77-84.
- BOIVIN, B., 1955. Études batologiques. II. Sous-genre *Idaeobatus* Focke. — Bull. Soc. bot. Fr., 102: 237-238.
- BOIVIN, B., 1966-1967. Énumération des plantes du Canada. — Provancheria, n° 6 (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Université Laval, Québec). Extrait du Naturaliste can., vol. 93-94.
- BOIVIN, B., 1966a. Énumération des plantes du Canada. III. Herbidées, 1^{re} partie: Digitatae, Dimerae, Liberae. — Naturaliste can., 93: 583-646.
- BOIVIN, B., 1966b. Énumération des plantes du Canada. IV. Herbidées, 2^e partie: Connatae. — Naturaliste can., 93: 989-1063.
- BOIVIN, B., 1966c. Énumération des plantes du Canada II. Lignidées. — Naturaliste can., 93: 371-437.
- BOIVIN, B., 1967a. Connecting vowels in epithets of latin origin. — Rhodora, 69: 451-455.
- BOIVIN, B., 1967b. Énumération des plantes du Canada. VI. Monopsides, (2^e partie). — Naturaliste can., 94: 471-528.
- BOIVIN, B., 1967c. Énumération des plantes du Canada. VII. Résumé statistique et régions adjacentes. — Naturaliste can., 94: 625-655.
- BOIVIN, B., 1967d. Flora of the Prairie provinces. — Phytologia, 15: 329-446. Réimprimé dans

- Provancheria (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 2, 202 p.
- 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.
- BOIVIN, B., 1972a. Flora of the Prairie provinces. Part 3. Connatae. — *Phytologia*, 23: 1-140. Réimprimé dans Provancheria (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 4, 224 p.
- BOIVIN, B., 1972b. Flora of the Prairie provinces. Part 3. Connatae. — *Phytologia*, 22: 315-398. Réimprimé dans Provancheria (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 4, 224 p.
- BOIVIN, B., 1980. Survey of Canadian herbaria. — Provancheria (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 10, 187 p.
- BOIVIN, B., 1981. Flora of the Prairie provinces. Part 5. Gramineae. — Provancheria (Mémoires de l'Herbier Louis-Marie, Univ. Laval, Québec), n° 12, 108 p.
- BOR, N.L., 1968. Gramineae. — In C.C. Townsend, E. Guest & A. Al-Rawi (eds.), *Flora of Iraq*, Vol. 9. Min. Agric., Republic of Iraq, Baghdad, 588 p.
- BOR, N.L., 1970. Gramineae. — In K.H. Rechinger (ed.), *Flora Iranica*, Vol. 70. — Akademische Druck, Graz, 573 p. + 72 plates.
- BRITTON, N.L., 1890. On the naming of «Form» in the New Jersey catalogue. — *Bull. Torrey bot. Club*, 17: 121-126.
- CAMPBELL, C.S. & L.M. EASTMAN, 1978. Contributions to the vascular flora of Oxford County, Maine. — *Rhodora*, 80: 309-316.
- CAMPBELL, C.S. & L.M. EASTMAN, 1980. Flora of Oxford County, Maine. — *Life Sci. Agric. Exp. Stn (Univ. Maine, Orono)*, Tech. Bull., no. 99, 244 p.
- CAYOUILLE, R., 1979. Études sur la flore du Saguenay, fascicule 1, Equisetaceae à Gramineae. — *Mini. Agric. Québec, Serv. Rech. Défense des cultures, Herbier du Québec. Miméographié.*
- CELARIER, R.P. & J.R. HARLAN, 1955. Studies on Old World Bluestems. — *Oklahoma A. & M. College, Div. Agric., Exp. Stn, Tech. Bull.*, no. T-58, 31 p.
- ČEŠKA, A. & O. ČEŠKA, 1980. Additions to the flora of British Columbia. — *Can. Fld Nat.*, 94: 69-74.
- CHATER, A.O., 1972a. *Nonea* Medicus. — Pages 102-103 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. 3. Cambridge University Press, Cambridge, 370 p.
- CHATER, A.O., 1972b. *Amsinckia* Lehm. — Page 110 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. 3. Cambridge University Press, Cambridge, 370 p.
- COCHRANE, T.S., 1975. Notes on the flora of Wisconsin. I. New and corrected distribution records of Boraginaceae. — *Michigan Bot.*, 14: 115-123.
- CODY, W.J., 1980. *Wolffia columbiana* (Lemnaeaceae), Water-meal, new to Manitoba. — *Can. Fld Nat.*, 94: 193-194.
- COOMBE, D.E., 1968. *Trifolium* L. — Pages 157-172 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. 2. Cambridge University Press, Cambridge, 455 p.
- COUNTRYMAN, W.D., 1968. *Wolffia* in New Hampshire. — *Rhodora*, 70: 491.
- CRONQUIST, A., 1959a. *Plagiobothrys* F. & M. — Pages 236-243 in C.L. Hitchcock, A. Cronquist & M. Ownbey. *Vascular plants of the Pacific Northwest*, Part 4. Univ. Washington Press, Seattle, 510 p.
- CRONQUIST, A., 1959b. *Lycium* L. — Pages 284-285 in C.L. Hitchcock, A. Cronquist & M. Ownbey. *Vascular plants of the Pacific Northwest*, Part 4. Univ. Washington Press, Seattle, 510 p.
- CRONQUIST, A., 1980. *Vascular flora of the southeastern United States*, Vol. 1. Asteraceae. — Univ. N. Carolina Press, Chapel Hill, 261 p.
- DESCHÈNES, J.-M., 1983. L'inventaire des mauvaises herbes dans nos principales cultures. — *Bull. Agric. Montréal*, 66 (janvier): 10-13.
- DEWOLF, G.P., Jr., 1956. Notes on cultivated Scrophulariaceae 3. *Linaria*. — *Baileya*, 4: 102-114.
- DORE, W.G., 1957. *Wolffia* in Canada. — *Can. Fld Nat.*, 71: 10-16.
- DORE, W.G. & J. McNEILL, 1980. Grasses of Ontario. — *Agric. Canada, Res. Br., Monograph* no. 26, 566 p.
- DOYON, D. & R. CAYOUILLE, 1978. Liste annotée des plantes du comté de Lévis, Québec. — *Agric. Québec, Serv. Rech. Défense des cultures, Mém. no. 1*, 119 p.
- EASTHAM, J.W., 1947. Supplement to 'Flora of southern British Columbia' (J.K. Henry). — *B.C. Prov. Mus. Spec. Publ.*, no. 1, 119 p.
- EATON, R.J., 1958. Some interesting records from eastern Massachusetts. — *Rhodora*, 60: 316-320.
- ERSKINE, D.S., 1961. The plants of Prince Edward Island. — *Can. Dept. Agr., Publ. no. 1088*, 270 p.
- FARWELL, O.A., 1921. Notes on the Michigan flora. III. — *Rep. Michigan Acad. Sci.*, 22: 177-185.
- FERGUSON, I.K., 1972. *Verbascum* L. — Pages 205-216 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. 3. Cambridge University Press, Cambridge, 370 p.
- FERNALD, M.L., 1919. *Rubus idaeus* and some of its variations in North America. — *Rhodora*, 21: 89-98.
- FERNALD, M.L., 1950. Gray's manual of botany. 8th ed. — American Book Co., New York, 1632 p.
- FOWLER, J., 1885. Preliminary list of the plants of New Brunswick. — *Bull. Nat. Hist. Soc. N.-B.*, 4: 8-84.
- FRANKTON, C. & G.A. MULLIGAN, 1974. Les mauvaises herbes du Canada. — *Min. Agric. Canada, Ottawa, Publ. n° 948*, 218 p.
- GLEASON, H.A., 1952. The new Britton and Brown illustrated flora of the northeastern United States and adjacent Canada, 3 vol. — N.Y. Botanical Garden, 482 p., 655 p., 589 p.
- GLEASON, H.A., & A. CRONQUIST, 1963. Manual of vascular plants of northeastern United States and adjacent Canada. — D. Van Nostrand, New York, 810 p.
- GOULD, F.W., 1957. New north american *Andropogons* of subgenus *Amphilophis* and a key to those species occurring in the United States. — *Madroño*, 14: 18-29.
- GOULD, F.W., 1967. The grass genus *Andropogon* in the United States. — *Brittonia*, 19: 70-76.
- GOULD, F.W., 1975. The grasses of Texas. — *Texas A. & M. Univ. Press*, 653 p.
- GROH, H. & C. FRANKTON, 1949. Canadian weed survey, seventh report, 1948, including cumulative index to reports 1-7. — *Canada Dept. Agric., Sci. Serv., Div. Bot. Plant Path. Ottawa*, 144 p.
- HANF, M., [1970]. Les adventices et leurs plantules. — *La Maison Rustique, Paris*, 347 p.
- HEISER, C.B., 1976. The sunflower. — *Univ. Oklahoma Press, Norman*, 198 p.
- HEYWOOD, V.H., 1976. *Leucanthemum* Miller. — Pages 174-177 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. 4. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 505 p.
- HINDS, H.R., 1981. Vascular plants new to the flora of New Brunswick. — *Naturaliste can.*, 108: 139-142.
- HITCHCOCK, A.S., 1935. Manual of the grasses of the United States. — U.S. Dept. Agric., Misc. Publ., no. 200, 1040 p.
- HITCHCOCK, A.S. & A. CHASE, 1951. Manual of the grasses of the United States, ed. 2. — U.S. Dept. Agric., Misc. Publ., no. 200, 1051 p.
- HITCHCOCK, C.L., 1961. *Astragalus* L. — Pages 197-272 in C.L. Hitchcock & A. Cronquist. *Vascular plants of the Pacific Northwest, Part 3*. Univ. Washington Press, Seattle, 614 p.
- HITCHCOCK, C.L., 1969. Gramineae. — Pages 384-725 in C.L. Hitchcock, A. Cronquist & M. Ownbey. *Vascular plants of the Pacific Northwest, Part 1*. Univ. Washington Press, Seattle, 914 p.
- HOLMGREN, P.K., W. KEUKEN & E.K. SCHOFIELD, 1981. Index Herbariorum. Part 1: the herbaria of the world, seventh edition. — Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht, 452 p.
- HOUSE, H.D., 1923. Report of the state botanist. Nomenclatural notes regarding certain New York state plants. — *Bull. N.Y. St. Mus.*, 243: 58-70.
- HUBBARD, W.A., 1955. The grasses of British Columbia. — *B.C. Prov. Mus. Handb.*, no. 9, 205 p.
- 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.
- KARTESZ, J.T. & R. KARTESZ, 1980. A synonymized checklist of the vascular flora of the United States, Canada, and Greenland. (The biota of North America, vol. 2). — Univ. N. Carolina Press, Chapel Hill, 500 p.
- KAY, Q.O.N., 1976. *Chamomilla* S.F. Gray. — Page 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. 4. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 505 p.
- KUCYNIK, J., 1945. *Chrysanthemum uliginosum* Pers. adventive in Québec. — *Rhodora*, 47: 389-390.
- LANDOLT, E., 1981. Distribution pattern of the family Lemnaceae in North Carolina. — *Veröff. geobot. Inst., Zürich*, 77: 112-148.
- LANDOLT, E. & O. WILDI, 1977. Ökologische Felduntersuchungen bei Wasserlinsen (Lemnaceae) in den südwestlichen Staaten der USA. — *Ber. geobot. Forsch. Inst. Rübel, Zürich*, 44: 104-146.
- LEGAULT, A. & S. BRISSON, 1967. Liste des plantes supérieures des Cantons de l'Est. — *Univ. de Sherbrooke, miméo.*, 28 p.
- LONG, R.W., 1966. Biosystematics of *Helianthus nuttallii* complex (Compositae). — *Brittonia*, 18: 64-79.
- MACBRIDE, J.F., 1915. A white-flowered *Spiraea tomentosa*. — *Rhodora*, 17: 142-143.
- MAGUIRE, B., 1950. Studies in the Caryophyllaceae IV. — *Rhodora*, 52: 233-245.
- MARIE-VICTORIN, F., 1964. Flore laurentienne. 2^e éd. révisée par E. Rouleau. — Les Presses de l'Université de Montréal, 925 p.
- MCNEILL, J., 1981. *Apera*, Silky-Bentor Windgrass, an important weed genus recently discovered in Ontario, Canada. — *Can. J. Pl. Sci.*, 61: 479-485.
- MCNEILL, J. & W.G. DORE, 1976. Taxonomic and nomenclatural notes on Ontario grasses. — *Naturaliste can.*, 103: 553-567.

- MOHLENBROCK, R.H. & D.K. EVANS, 1974. Illinois field and herbarium studies. — *Rhodora*, 76: 460-470.
- NORDBORG, G., 1967. The genus *Sanguisorba* section *Poterium*. Experimental studies and taxonomy. — *Opera botanica*, no. 16, 166 p.
- PEASE, A.S., 1964. A flora of northern New Hampshire. — New England bot. Club, Cambridge, Mass., 278 p.
- PENNELL, F.W., 1935. The Scrophulariaceae of eastern temperate North America. — *Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, Monogr. no. 1, 650 p.
- POPOV, M.G., 1974. *Nonea* Medic. — Pages 237-257 in B.K. Shishkin (ed.). Flora of the U.S.S.R. Vol. 19. Translated from Russian, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 563 p.
- RAUSCHERT, S., 1974. Nomenklatorische Probleme in der Gattung *Matricaria* L. — *Folia geobot. phytotax.*, Praha, 9: 249-260.
- RAY, P.M. & H.F. CHISAKI, 1957. Studies on *Amsinckia*. I. A synopsis of the genus, with a study of heterostyly in it. — *Am. J. Bot.*, 44: 529-536.
- RAYMOND, M., 1950. Esquisse phytogéographique du Québec. — *Mém. Jard. bot. Montréal*, n° 5, 147 p.
- REHDER, A., 1940. Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America, 2nd ed. — Macmillan, New York, 996 p.
- REHDER, A., 1942. New species, varieties and combinations from the collections of the Arnold Arboretum. — *J. Arnold Arbor.*, 23: 377-381.
- ROLAND, A.E. & E.C. SMITH, 1969. The flora of Nova Scotia, 2nd ed. — *Proc. N.S. Inst. Sci.*, 26: 1-238, 277-743.
- ROLLINS, R.C., 1981. Weeds of the Cruciferae (Brassicaceae) in North America. — *J. Arnold Arbor.*, 62: 517-540.
- ROUSSEAU, C., 1971. Une classification de la flore synanthropique du Québec et de l'Ontario II. Liste des espèces. — *Naturaliste can.*, 98: 697-730.
- SAUER, J.D., 1967. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. — *Ann. Mo. bot. Gdn*, 54: 103-137.
- SCOGGAN H.J., 1978a. The flora of Canada. Part 3, Dicotyledoneae (Saururaceae to Violaceae). — *Natn. Mus. nat. Sci. Publ. Bot.*, no. 7, p. 547-1115.
- SCOGGAN, H.J., 1978b. The flora of Canada. Part 2, Pteridophyta, Gymnospermae, Monocotyledoneae. — *Natn. Mus. nat. Sci. Publ. Bot.*, no. 7, p. 93-545.
- SCOGGAN, H.J., 1979. The flora of Canada. Part 4, Dicotyledoneae (Loasaceae to Compositae). — *Natn. Mus. nat. Sci. Publ. Bot.*, no. 7, p. 1117-1711.
- SEYMOUR, F.C., 1969. The flora of New England. — Charles E. Tuttle Co. Publ., Rutland, Vermont, 596 p.
- SHETLER, S.G., 1963. A checklist and key to the species of *Campanula* native or commonly naturalized in North America. — *Rhodora*, 65: 319-337.
- SOPER, J.H., 1962. Some genera of restricted range in the carolinian flora of Canada. — *Trans. R. Can. Inst.*, 70: 3-56.
- STEVENSON, G.A., 1965. Notes on the more recently adventive flora of the Brandon area, Manitoba. — *Can. Fld Nat.*, 79: 174-177.
- STEYERMARK, J.A., F.A. SWINK & J.W. THIERET, 1957. Plants new to Illinois and Indiana and Chicago region. — *Rhodora*, 59: 31-33.
- ST. JOHN, H., 1937. Flora of southeastern Washington and adjacent Idaho. — Students Book Corp., Pullman, Washington, 531 p.
- SUOMINEN, J., 1979. The grain immigrant flora of Finland. — *Acta bot. fenn.*, no. 111, 108 p.
- TOMAN, J. & F. STARÝ, 1965. *Matricaria chamomilla* oder *Matricaria recutita*? — *Taxon*, 14: 224-228.
- TUTIN, T.G., 1980. *Apera* Adanson. — Pages 172-173 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.
- UPHOF, J.C.T., 1968. Dictionary of economic plants, ed. 2. — Verlag von J. Cramer, New York, 591 p.
- VILLARD, M., 1971. Contribution à l'étude cytologique et cytogénétique du genre *Leucanthemum* Adans. em. Briq. et Cav. — *Ber. schweiz. bot. Ges.*, 80: 96-188.
- WEAVER, S.E. & E.L. McWILLIAMS, 1980. The biology of canadian weeds. 44. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powellii* S. Wats. and *A. hybridus* L. — *Can. J. Pl. Sci.*, 60: 1215-1234.
- WYNNE-EDWARDS, V.C., 1941. *Wolffia punctata* Griseb. in Québec. — *Can. Fld Nat.*, 55: 110.

LES PLANTES INTRODUITES DE LA PETITE ÎLE AU MARTEAU (ARCHIPEL DE MINGAN, QUÉBEC)

M.M. GRANDTNER et G. ROY

*Laboratoire d'écologie forestière
Faculté de foresterie et géodésie
Université Laval, Québec G1K 7P4*

Résumé

Cette étude porte sur les plantes introduites de la Petite île au Marteau située dans l'archipel de Mingan (Québec). Elle a été entreprise dans le but d'analyser le degré d'invasion de l'île et d'en établir les causes. Dix-neuf taxons introduits, dont six mentionnés pour la première fois en Minganie, ont été récoltés sur l'île en juillet 1979 et 1980. Représentant 8,1% de la flore vasculaire, ils sont surtout distribués autour du quai et du phare, le long du chemin et à la périphérie du champ de pommes de terre, situé au centre de l'île. Le principal responsable de l'introduction semble être l'homme, notamment par ses activités liées au transport (accostage de bateaux, cargaisons échouées) et au fonctionnement du phare (déplacements des personnes, culture potagère). L'envahissement de l'île par des plantes introduites semble être un processus écologique lent, contrôlé principalement par le climat, les conditions édaphiques et la compétition. À cause de leur nombre restreint, de leur distribution limitée et de leur taille parfois réduite, les taxons étudiés ne présentent pas un grand danger pour la flore indigène de l'île, à la condition que cette dernière soit aménagée et utilisée de façon appropriée.

Abstract

This study was undertaken for the purpose of establishing the causes, and of analyzing the degree of invasion of plants introduced onto the Petite île au Marteau located in the Mingan archipelago (Québec). The 19 introduced taxa, six of which are reported for the first time on the Mingans, were collected on the island in July of 1979 and 1980. Representing 8.1% of the vascular flora, they are primarily distributed around the wharf and lighthouse, along the road, and near the periphery of the potato field situated in the center of the island. Man appears to be the principal introducing agent, as a result of his transport-related activities (boarding of boats, shipwrecked cargo) and the maintenance of the lighthouse (human activity, kitchen garden). The invasion of the island by these plants seems to be a slow ecological process, controlled principally by the climate, the edaphic conditions and competition. Due to their limited number and distribution and their occasionally reduced size, the taxa studied do not present a great danger to the indigenous flora of the island, provided this flora is used and managed properly.

Introduction

Peu d'études écologiques portent sur les îles de Mingan, pourtant riches par leur flore et leur géologie. L'une des premières, publiée en 1980, résulte des travaux de Grondin & Melançon sur la Grosse île au Marteau et l'île à Samuel. Une seconde a débuté en 1979 sur la Petite île au Marteau, située à 5 km au sud de Havre-Saint-Pierre (Marcotte, 1982). C'est à cette occasion qu'a pu être réalisé le

présent travail portant sur les plantes introduites de cette même île.

Son but est de faire l'inventaire des taxons introduits afin de déterminer le degré de perturbation subi par la flore indigène, de rechercher les causes probables de leur introduction et d'évaluer les chances de leur succès écologique sur l'île.

Il s'agit du premier travail de ce type à être réalisé sur la Petite île au Marteau. En

effet, il n'y a dans la littérature qu'une courte note citant l'observation faite par Grondin & Melançon, (Grandtner, 1976) de la présence de *Matricaria matricarioides* sur l'île.

Cadre écologique

La Petite île au Marteau fait partie de l'archipel de Mingan qui longe la rive nord du golfe du Saint-Laurent entre Sheldrake et Natashquan (fig. 1). Elle se trouve à 5 km au sud-est de Havre-Saint-Pierre et à environ 45 km au nord de l'île d'Anticosti. Ses coor-

données géographiques sont 50°12' nord et 63°33' ouest. De forme allongée, elle mesure environ 1 km du nord au sud et 500 m d'ouest en est. Sa superficie totale est de 15 ha.

À la station météorologique la plus proche (Havre-Saint-Pierre), la température moyenne annuelle est de 1,2°C, celle du mois le plus froid (janvier) de -13,5°C alors que le mois le plus chaud (juillet) a une température de 14,5°C. Il y tombe, en moyenne par an, 1050 mm d'eau dont 30% sous forme de neige.

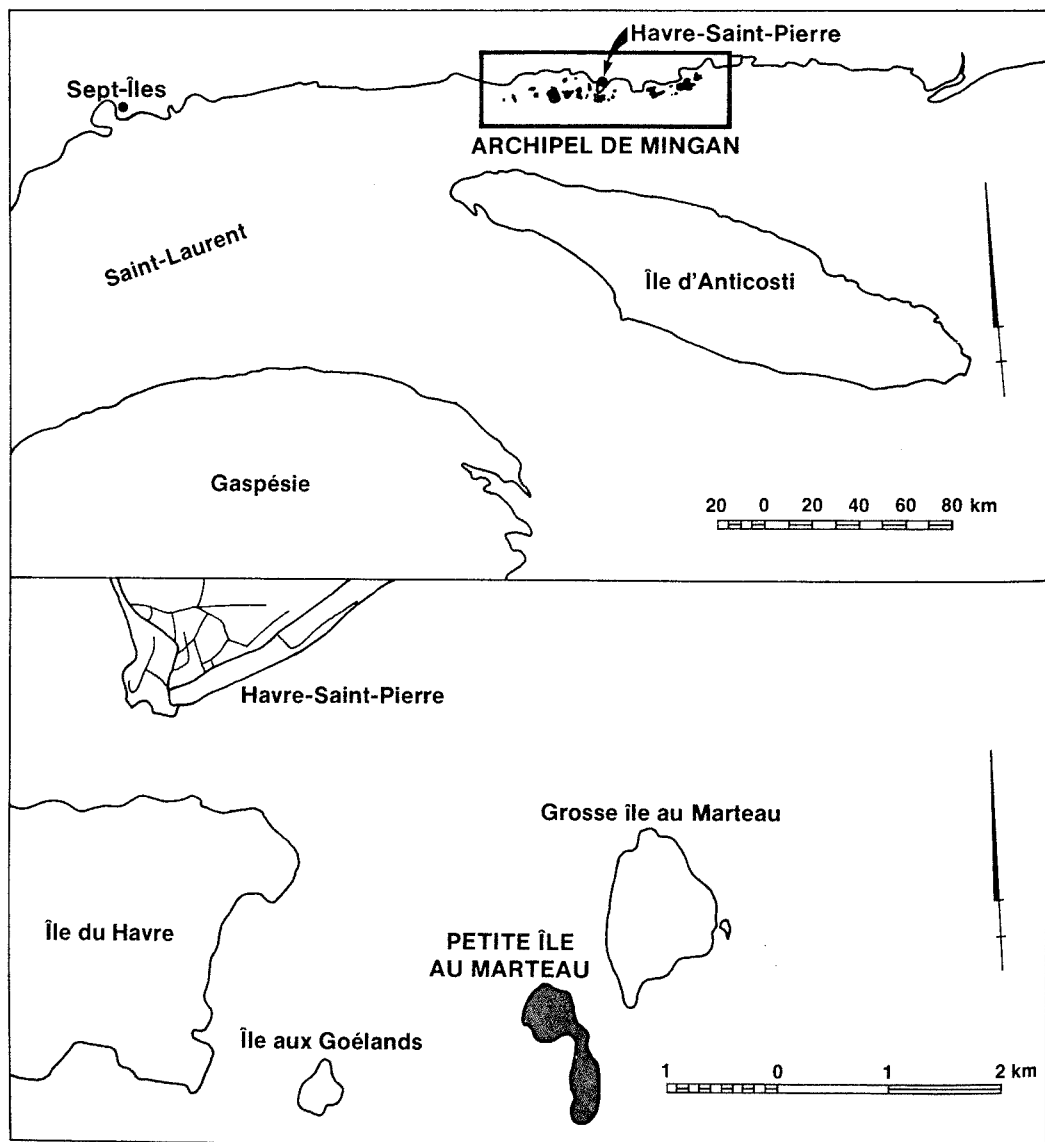


Figure 1. Situation géographique de l'archipel de Mingan et localisation de la Petite île au Marteau.

Au même titre que l'ensemble de l'archipel, la Petite île au Marteau est constituée de roches sédimentaires calcaires formant une cuesta donnant, du côté nord de l'île, des falaises et du côté sud, des surfaces planes appelées platiers. L'altitude maximale de l'île ne dépasse pas 10 m.

Deux types de dépôts recouvrent la roche en place: les dépôts de plage de texture graveleuse et les dépôts organiques. Comme ailleurs dans l'archipel, le till glaciaire est absent; il aurait été balayé par les vagues au fur et à mesure que l'île émergeait des eaux (Twenhofel, 1938).

Les sols de la Petite île au Marteau appartiennent aux ordres podzolique, organique, régosolique, gleysolique, et aux non-sols. Extrêmement acides en surface dans les podzols et les régosols sous forêt et la lande (pH au CaCl_2 : 2,8 à 3,3), ils deviennent moyennement acides (pH au CaCl_2 : 5,6) dans les sols organiques de la tourbière, puis neutres à faiblement alcalins (pH au CaCl_2 : 7,5) dans le cas des gleysols du marais salé (Marcotte, 1982). Ils sont moyennement alcalins (pH au Hellige-Truog: 8,0) sur les régosols et les non-sols du littoral sablo-graveleux et des chemins où poussent, le plus souvent, les plantes introduites.

La flore de la Petite île au Marteau comprend 233 taxons vasculaires, 59 mousses, 17 hépatiques et 116 lichens (Marcotte, 1982). L'île possède une station du *Cyrtopodium passerinum*, considéré par Grandtner *et al.* (1979) comme extrêmement rare dans l'archipel et un lichen nouveau pour l'Amérique du Nord: *Melanolecia jurana* var. *bicincta* (Marcotte, 1982).

La végétation appartient au domaine climacique de la sapinière à épinette blanche au sens de Grandtner (1975). Elle forme six unités physiologiques distinctes: la forêt, la tourbière, la lande, la falaise, le supra-littoral et le marais salé (fig. 2). Parmi les 45 unités phytosociologiques reconnues par Marcotte (1982), celles qui abritent les plantes introduites appartiennent surtout au supra-littoral (*Atriplexetum patulae*, *Mertensietum maritima*, *Elymo mollis-Lathyretum japonici*, gr. à *Festuca rubra* et *Potentilla anserina*) et aux associations des clairières et bords de la forêt (*Epilobietum angustifolii* et *Piceetum glaucae parvae*).

Selon Lévesque (1971) et la Société d'histoire de Havre-Saint-Pierre (*in litt.* et *verbatim*), les premiers pêcheurs arrivent dans la région en 1857. Cependant, la navigation y

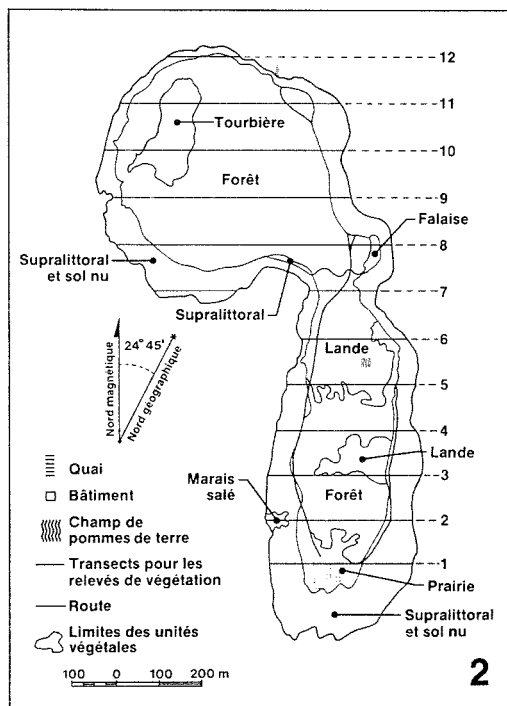


Figure 2. Unités végétales et réseau d'échantillonnage des plantes introduites sur la Petite île au Marteau.

est difficile comme en témoignent les naufrages et notamment ceux de «Elizabeth Jane» et «Indiana» dont les débris viennent échouer sur les côtes des îles.

Pour améliorer le transport maritime, on construit, en 1915, sur la pointe sud de la Petite île au Marteau, un premier phare et un court chemin. Ce dernier sera rallongé lorsque le quai, d'abord érigé sur la côte ouest, sera finalement construit au nord-est de l'île.

En 1947, on procède à l'installation de panneaux d'alignement pour le port de Havre-Saint-Pierre et, en 1954, au remplacement du premier phare par une tour de béton. La superficie contenant le phare est agrandie en même temps que l'on implante, vers 1970, deux parcelles de culture: un potager à proximité du phare et un champ de pommes de terre situé dans la lande, au centre de l'île. L'activité de ces deux parcelles est probablement responsable de la présence d'un chemin secondaire, situé dans la partie sud-est de l'île. En 1976, la tour de béton est remplacée par une tour métallique.

Il faut ajouter que des coupes forestières sont pratiquées sur l'île et que les habitants de Havre-Saint-Pierre et les touristes y viennent cueillir des fruits sauvages ou pique-niquer.

Toutes ces activités contribuent à l'introduction d'un certain nombre de plantes.

Méthode

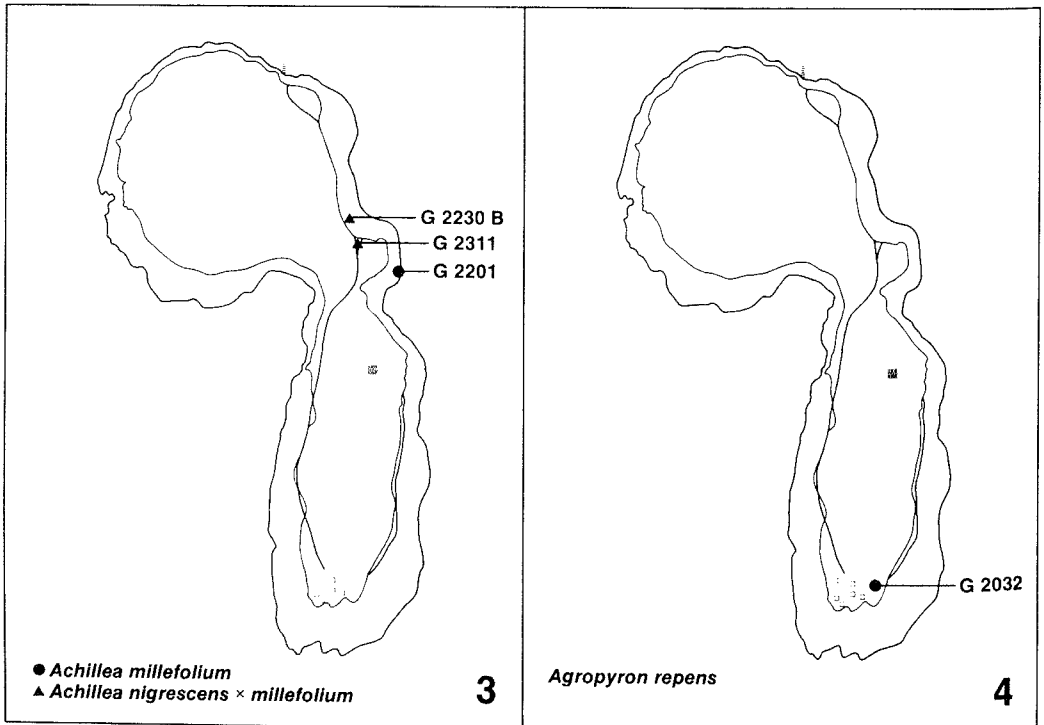
Comme ce travail a été effectué en même temps que l'étude phyto-écologique, l'échantillonnage des plantes introduites a été subordonné à celui de l'étude mentionnée. Il s'agissait d'un échantillonnage à la fois stratifié et systématique. Les plantes ont été récoltées en suivant, à l'intérieur des unités physiologiques déterminées au cours de la photo-interprétation, une série de transects parallèles entre eux, orientés est-ouest et distants d'environ 100 m (fig. 2). En tout, 12 transects ont été inventoriés. La quasi totalité des plantes introduites rencontrées ont été récoltées en juillet 1979. Elles ont été numérotées de deux façons: G 2201, dans le cas d'une plante récoltée en dehors d'un relevé écologique ou 9709-V5, pour indiquer une plante vasculaire (n° 5) récoltée dans un relevé écologique (n° 9709) consigné au

fichier du Laboratoire d'écologie forestière de l'Université Laval à Québec. Elles sont toutes déposées à l'Herbier du même laboratoire (QEF). Chaque récolte a été accompagnée, dans la mesure du possible, des notes sur le lieu, l'altitude, l'exposition, la profondeur de la nappe phréatique et de l'assise rocheuse, le type de matériau parental et le sol, la classe de drainage, le type d'humus et le pH au Hellige-Truog. La nature de la strate végétale selon Payette & Gauthier (1972) et les coefficients d'abondance-dominance, de sociabilité et de vitalité selon Braun-Blanquet (1932) étaient également inscrits. Enfin, des données telles que le groupement végétal où l'on a récolté le taxon et la description du spécimen complétaient la fiche de récolte.

La nomenclature scientifique suit Scoggan (1978) à l'exception de l'*Agrostis alba* L., de *Stellaria media* (L.) Vill. et des *Achillea*, qui sont selon Gervais (1977).

Résultats

Au total, 19 plantes introduites ont été récoltées. Cela représente 8,1% des plantes vasculaires de l'île. Sauf *Matricaria matricarioides*, elles sont originaires d'Eurasie.



Figures 3 et 4. Répartition des récoltes des plantes introduites sur la Petite île au Marteau.

Achillea millefolium L.

Ce taxon a été récolté à un seul endroit, au pied de la falaise, sur la côte est de l'île (fig. 3). Exposé au sud, il y forme une touffe (+ .2) dans la strate herbacée basse. Deux autres récoltes à fleurs roses effectuées au bord du chemin, dans le gravier calcaire du même secteur et indiquées au moyen de triangles pleins sur la figure 3, appartiennent à l'hybride *Achillea nigrescens* × *millefolium*. Enfin, plusieurs *Achillea nigrescens*, indigènes au Québec et non indiqués sur la figure 3, ont été également récoltés.

Selon Gervais (comm. pers.), les achillées indigènes et introduites hybrident plus fréquemment entre elles que ne se produit la fécondation entre individus introduits eux-mêmes. La vigueur des individus récoltés semble indiquer toutefois une bonne adaptation et, par là, la persistance probable de l'*Achillea millefolium* et de ses hybrides sur l'île.

Le traitement qu'a reçu ce taxon dans la littérature rend très difficile, pour ne pas dire impossible, l'analyse de sa distribution en Minganie sans recourir à l'examen des grains de pollen et, finalement, à celui des chromosomes. La seule chose que nous pouvons affirmer actuellement est que Grondin & Melançon (1980) ne l'ont récolté ni sur la Grosse île au Marteau, ni sur l'île à Samuel.

Agropyron repens (L.) Beauv.

L'unique récolte de cette espèce provient des abords du jardin potager situé près du phare, à l'extrémité sud-est de l'île (fig. 4). Le spécimen appartient plus exactement à la variété *repens* au sens de Scoggan (1978) et à la forme *aristatum* (Schum.) Holmb. Il faisait partie de la strate herbacée basse d'une grande colonie (2.4) sur régosol graveleux calcaire, moyennement alcalin en surface (pH 8,0).

La présence de l'*Agropyron repens* a été signalée en Minganie par Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969) ainsi que par Grondin & Melançon (1980). Selon Rousseau (1968), ce taxon se trouve aussi sur la moyenne et la basse Côte-Nord et sur l'île d'Anticosti. Sa vitalité sur l'île semble normale et sa persistance assurée.

Agrostis alba L. var. *palustris* (Huds.) Farw.

Trois récoltes attestent la présence de l'*Agrostis alba* var. *palustris* sur la Petite île

au Marteau. Elles proviennent du centre-est de l'île (fig. 5). La plante y colonise le bord du chemin.

Ce taxon adventice (Rousseau, 1968) n'aurait pas été récolté auparavant dans les îles de Mingan, si l'on en juge par les renseignements disponibles dans les trois références consultées en vue de ce travail. Seuls Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969) signalent *Agrostis alba*, et seulement sur l'île d'Anticosti.

Capsella bursa-pastoris (L.) Medic.

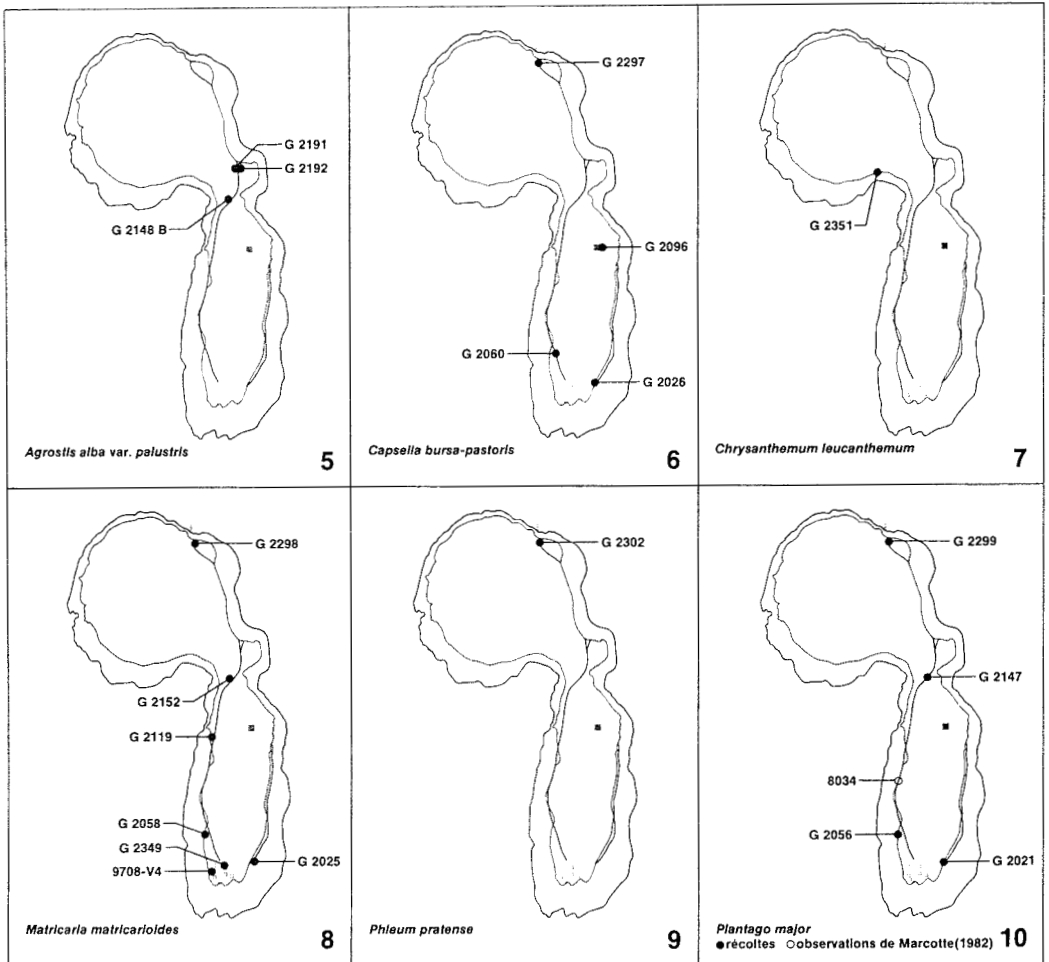
Cette espèce adventice (Rousseau, 1968) a été récoltée dans quatre stations: une au bord du chemin, une près du quai, une sur le dépôt de plage calcaire près de l'extrémité sud de l'île et la quatrième sur le sol organique, près du champ de pommes de terre, au milieu de la lande (fig. 6). La réaction du sol, mesurée en surface au moyen du test colorimétrique de Hellige-Truog, varie de fortement acide à moyennement alcaline (pH 5,5 à 8,0).

Dans toutes les stations, les individus sont peu nombreux et isolés; les coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité de Braun-Blanquet sont le plus souvent de + .1, une seule fois 1.1. Les individus font toujours partie de la strate herbacée basse. Dans les trois premières stations, les plants sont de taille réduite, mesurant en moyenne 15 cm de hauteur. Par contre, près du champ de pommes de terre, ils sont plus vigoureux, grâce sans doute à l'apport de débris de coquillages et d'algues utilisés par le gardien du phare comme engrais naturel. La plante ne paraît cependant pas y pouvoir concurrencer les espèces de la lande voisine. Si l'on mettait fin à la culture de ce champ, cette station semblerait appelée à disparaître.

Seuls Grondin & Melançon (1980) signalent cette plante en Minganie, sur la Grosse île au Marteau, Rousseau (1968), pour sa part, la mentionne sur la basse Côte-Nord et sur l'île d'Anticosti. Il s'agit d'une plante dotée d'une prodigieuse faculté d'adaptation et d'une grande fécondité qui en font, selon ce dernier auteur, probablement l'une des plus ubiquistes de toutes les espèces.

Chrysanthemum leucanthemum L.

L'unique spécimen de cette espèce adventice a été récolté sur le littoral sablo-graveleux de la baie, située au centre-ouest



Figures 5-10. Répartition des récoltes des plantes introduites sur la Petite île au Marteau.

de l'île (fig. 7). Il s'y trouvait dans la strate herbacée basse, sur un dépôt de plage, exposé au nord.

Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969) signalent *Chrysanthemum leucanthemum* sur les rivages calcaires de la «Tête-à-Perdrix» (pointe de la Tête de Perdrix) et Grondin & Melançon (1980) sur la Grosse île au Marteau et l'île à Samuel. Sa position sur la Petite île au Marteau suggère qu'il aurait pu être apporté par les débris de mer. Comme il s'agit d'un seul spécimen, sa survivance y paraît peu probable.

Matricaria matricarioides (Less.) Porter

Il s'agit de l'un des taxons introduits le plus fréquent et le plus récolté sur la Petite île au Marteau. La figure 8 en indique sept

stations, trois au bord du chemin, deux sur dépôt de plage, une près du quai et une dans le secteur du phare; en plus, d'autres individus ont été observés dans divers endroits de l'île.

En Minganie, la matricaire, plante adventice originaire de l'ouest de l'Amérique du Nord (Rousseau, 1968), est rapportée seulement à la Grosse île au Marteau par Grondin & Melançon (1980), en plus d'être signalée par Grandtner (1976) à Havre-Saint-Pierre. Les seules autres mentions pour le comté de Duplessis proviennent de l'île d'Anticosti (G. Lemieux, J. Smith, L. Marois 7906-355, DAO et Adams, sous le nom de *M. suaveolens*, cité par Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969: 385). Grondin & Melançon (cités par Grandtner, 1976), l'auraient également observée, en 1976, près des bâtiments

du Gouvernement canadien, situés sur la pointe sud de la Petite île au Marteau. Toutefois, aucun spécimen d'herbier n'atteste sa présence à cet endroit.

La matricaire colonise les régosols formés de gravier calcaire, fortement acides à moyennement alcalins en surface (pH 5,0 et 8,0). Elle y participe à la strate herbacée basse d'un groupement de chemin à *Trifolium repens*, *Taraxacum* spp. et *Achillea nigrescens* (6 fois sur 7) et, une fois, d'un groupement de plage à *Senecio pseudo-arnica*, *Elymus arenarius* et *Mertensia maritima*. Peu abondante, elle forme généralement des touffes ou des petites colonies, les coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité variant de +.1 à 1.3.

À l'exception du spécimen n° 2298, récolté près du quai, elle est toujours de taille très réduite, ce qui traduit les difficultés de son adaptation. L'arrêt de l'activité humaine sur l'île entraînerait probablement sa régression et, peut-être même, sa disparition graduelle.

Phleum pratense L.

Quelques individus seulement de cette plante fourragère (Rousseau, 1968) ont été trouvés sur la Petite île au Marteau. Ils poussaient isolément (+.1), dans la strate herbacée basse, sur un sol fortement acide en surface (pH 5,5), près de la cabane abandonnée située à proximité du quai (fig. 9).

Grondin & Melançon (1980) semblent être les premiers à avoir récolté la phléole aux îles de Mingan. Sa distribution sur la Petite île au Marteau laisse croire qu'elle y a été transportée par l'homme. Sa vigueur est normale; toutefois, le nombre restreint d'individus, et son absence des autres stations indiquent une extension éventuelle très lente.

Plantago major L.

C'est une autre plante adventice (Rousseau, 1968) assez fréquente sur la Petite île au Marteau. Les quatre récoltes, deux au bord du chemin, une près du quai et une au bord de la plage, sont localisées sur la figure 10. Cette figure comprend aussi une autre mention du *Plantago major* au bord du chemin, par Marcotte (1982, relevé 8034), pour laquelle il n'existe cependant pas de spécimen d'herbier.

Seul Verrill, cité par Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969), l'aurait récolté aux îles de Mingan auparavant. Sur la Petite île

au Marteau, sa distribution se limite au chemin où il participe à la strate herbacée basse du groupement à *Trifolium repens*, *Taraxacum* spp. et *Achillea nigrescens*. Ses coefficients d'abondance-dominance et de sociabilité varient de +.1 à 1.2. Comme il supporte le piétinement et réussit à croître sur un régosol compact formé de gravier calcaire, la plupart du temps faiblement alcalin en surface (pH 8,0; une fois 5,5), il est présent presque tout le long du chemin principal et une fois sur le bord de la plage. Il ne s'intègre toutefois jamais aux communautés végétales adjacentes. Sa taille réduite, à l'exception du spécimen G 2056, indique une adaptation plutôt difficile. Par contre, sa présence constante sur le chemin est un indice certain de sa persistance sur cette île.

Poa annua L.

Deux récoltes seulement proviennent de la Petite île au Marteau. Elles ont été effectuées en bordure du chemin en gravier calcaire de pH 8,0, au milieu de l'île, et à l'extrémité sud de cette dernière, près de la maison du gardien du phare (fig. 11).

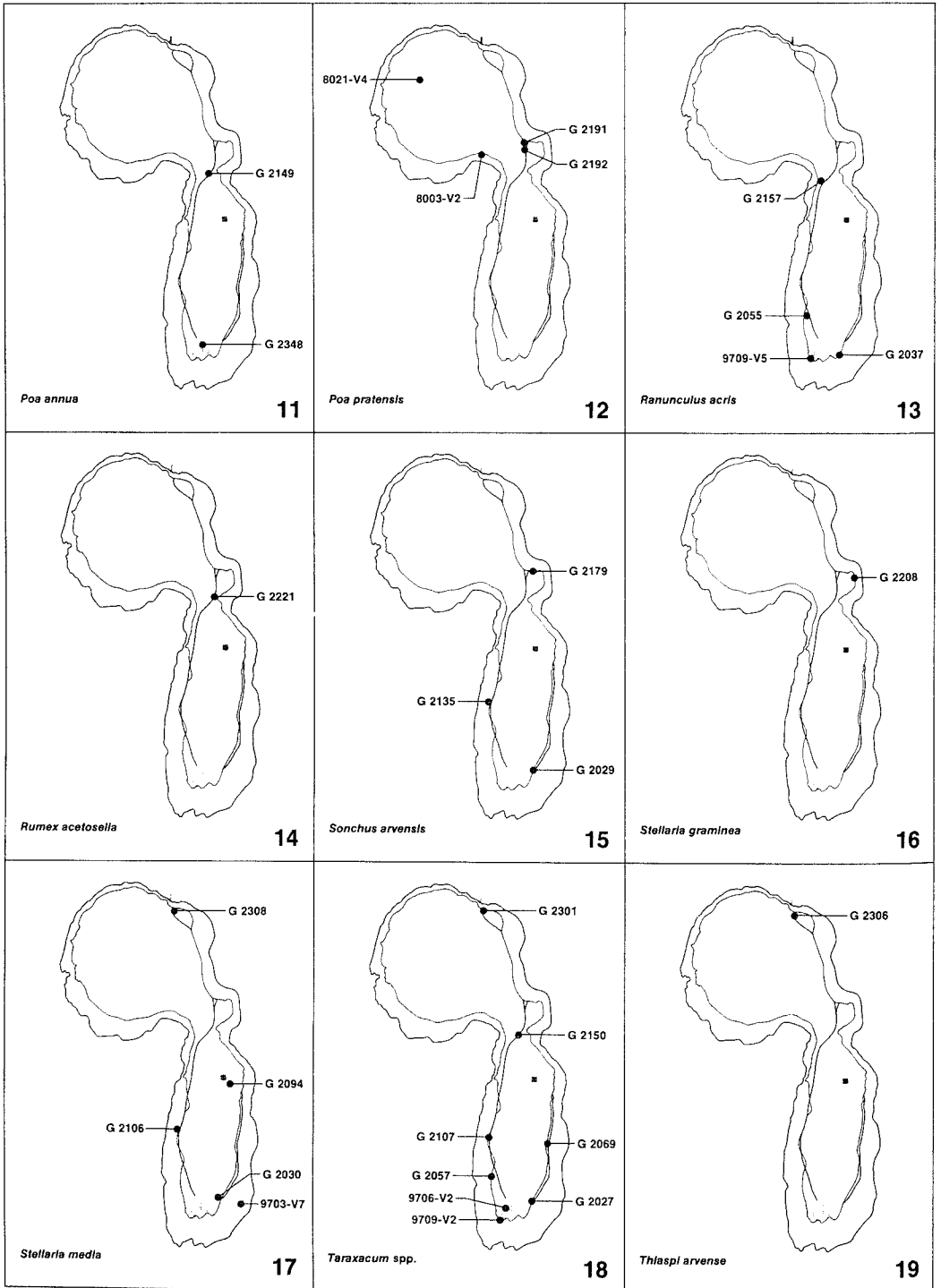
Cette espèce fourragère (Rousseau, 1968) n'a apparemment jamais été récoltée dans l'archipel. Ses plus proches stations se trouveraient sur l'île d'Anticosti (Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969).

Même si sa vigueur paraît normale, à cause d'un nombre réduit d'individus, sa persistance semble incertaine.

Poa pratensis L.

Poa pratensis a été récolté à quatre reprises, deux fois au bord du chemin près du centre-est de l'île, une fois sur le littoral de la baie au centre-ouest et une autre fois dans la tourbière située au nord-ouest (fig. 12). L'espèce est peu abondante dans les trois premières stations (1.3, 2.1, 2.3) où elle participe à la strate herbacée basse des groupements pionniers alors que dans la dernière, où elle fait partie de la strate herbacée haute d'une myricaie baumière, son abondance-dominance est extrêmement faible (+.1). Dans les trois premiers cas, le sol est un régosol sableux neutre (pH 6,6), alors que sous la myricaie c'est un sol organique moyennement acide (pH 5,6).

Il s'agit de l'espèce introduite la plus récoltée en Minganie. Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969) en mentionnent cinq récoltes auxquelles il faut ajouter celles de



Figures 11-19. Répartition des récoltes des plantes introduites sur la Petite île au Marteau.

Grondin & Melançon (1980) sur la Grosse île au Marteau et l'île à Samuel. Toutefois, personne ne semble l'avoir récoltée avant nous sur la Petite île au Marteau. Selon Rousseau (1968), c'est une plante fourragère.

Ranunculus acris L.

La distribution des récoltes du *Ranunculus acris* est indiquée à la figure 13. Les quatre stations se trouvent dans la moitié sud de l'île. Elles sont supportées par des régosols faiblement alcalins en surface (pH 8,0) formés de gravier calcaire. La renoucle participe faiblement (+.1 à 1.1) à la strate herbacée basse; deux fois au bord du chemin, dans le groupement à *Trifolium repens*, *Taraxacum* spp. et *Achillea nigrescens*, une fois (9709-V5) sur un dépôt de plage dans le groupement à *Angelica atropurpurea* et *Lathyrus jabanicus* et une autre fois (G 2037) près du vieux phare. On l'observe principalement là où l'humus permet de conserver l'humidité du sol. Sa vitalité et sa vigueur paraissent normales et sa continuité assurée dans ces habitats.

Grondin & Melançon (1980) signalent ce taxon adventice sur la Grosse île au Marteau, où il croît, parfois, en forêt. Selon Bernard (*in litt.*), il pourrait s'agir d'une introduction assez récente étant donné que cette plante n'est pas mentionnée en Minganie à l'époque des explorations de Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969).

Rumex acetosella L.

Une seule touffe (+.2) de cette espèce adventice limitée à la strate herbacée basse, a été observée sur la Petite île au Marteau (fig. 14). Elle se trouve au bord du chemin, sur un sol organique tourbeux, renversé par le passage d'un tracteur. Sa vitalité et sa vigueur paraissent normales. Cependant, le nombre réduit d'individus et la nature calcaire du substrat, laissent soupçonner son extension très lente sur cette île.

Aucun des auteurs consultés n'a signalé cette espèce pour les îles de Mingan. Toutefois elle est récoltée par Saint-Cyr, dès 1882, à la rivière Sheldrake (Rousseau, 1968) et mentionnée sur l'île d'Anticosti par Schmitt (*in* Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969).

Sonchus arvensis L.

Nous avons effectué trois récoltes de cette espèce qualifiée par Rousseau (1968) d'adventice (fig. 15).

Sonchus arvensis a déjà été récolté en Minganie par Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969, île à Samuel) et par Grondin & Melançon (1980). Sur la Petite île au Marteau, il colonise les graviers calcaires du bord du chemin et de la plage. La vitalité et la vigueur des spécimens récoltés semblent normales et leur survie sur l'île paraît assurée.

Stellaria graminea L.

On ne trouve qu'une station de cette espèce adventice; elle est située dans la falaise, sur la côte est de l'île (fig. 16).

Stellaria graminea a déjà été rapportée sous le nom de *Stellaria longifolia*, sur l'île Sainte-Geneviève par Saint-Cyr (cité par Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969) et récoltée sur l'île d'Anticosti (Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969). Elle est cependant absente de la majeure partie de la Côte-Nord (Rousseau, 1968). La station de la Petite île au Marteau représente probablement l'une des stations les plus nordiques de l'espèce, actuellement connues de façon certaine au Québec.

Stellaria media (L.) Vill.

Ce taxon, qualifié par Rousseau (1968) d'adventice, a été récolté dans cinq stations apparaissant à la figure 17, deux fois au bord du chemin, une fois près du quai, une fois sur la plage et une fois dans un terrain cultivé. Il y croît sur régosol graveleux, calcaire, recouvert parfois de mor calcaire (G 2106) ou de tourbe humique (G 2094). Généralement, ces stations sont faiblement alcalines en surface (pH 8,0), à l'exception du site G 2308, fortement acide (pH 5,5). Sa participation, assez faible (+.1 à 1.3), se limite à la strate herbacée basse des groupements à *Atriplex patula* et *Cochlearia cyclocarpa* et à *Trifolium repens*, *Taraxacum* spp. et *Achillea nigrescens*. Il est plus abondant (2.3) à la périphérie du champ de pommes de terre, situé au milieu de la lande. À cet endroit, le sol est enrichi par les coquillages et le varech, ce qui le rapproche de la terre noire de l'île d'Anticosti dans laquelle, selon Saint-Cyr (cité par Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969: 310), le *Stellaria media* «se développe remarquablement bien et fleurit jusque dans le commencement d'octobre même après de fortes gelées». Sans ces engrais naturels, il ne pourrait probablement pas concurrencer *Empetrum nigrum* et les autres plantes de la lande toute proche. En effet, plus on se dirige vers l'extérieur de la

colonie, plus la vigueur et la vitalité des individus diminuent et, parfois, leur couleur change. Toutefois, sur les dépôts graveleux calcaires, la plante possède une vitalité suffisante pour s'y maintenir.

Rousseau (1968) signale sa présence sur la moyenne et la basse Côte-Nord. Cependant, si l'on en juge par les références consultées, elle n'aurait jamais été récoltée auparavant dans l'archipel.

Taraxacum spp.

Dû à l'impossibilité d'identifier les *Taraxacum* à l'espèce et à la forte probabilité de la présence sur l'île du *Taraxacum officinale* Weber, considéré par Rousseau (1968) comme espèce adventice, nous donnons, à la figure 18, la distribution de tous les *Taraxacum* récoltés.

La très grande majorité des individus poussent au bord du chemin, sur du gravier calcaire de pH 8,0 (une fois 5,5), en compagnie du *Trifolium repens* et d'*Achillea nigrescens*. D'autres ont été récoltés près du quai, dans le secteur du phare et au bord de la plage. Leurs vitalité et vigueur peuvent être considérées comme normales.

La *Taraxacum officinale* aurait déjà été récoltée sur l'île Sainte-Geneviève par Lewis (cité par Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969).

Thlaspi arvense L.

Thlaspi arvense a été récolté à un seul endroit, près du quai, non loin de la cabane abandonnée (fig. 19). Il y participe à la strate herbacée basse, par quelques rares individus isolés (+.1). La réaction du sol y est fortement acide en surface (pH 5,5), bien qu'il s'agisse d'un profil formé à partir du gravier calcaire.

Il s'agit, selon Rousseau (1968), d'une espèce adventice largement distribuée dans le Québec habité, le long des routes et des voies ferrées, dans les lieux vagues, les cultures et au voisinage des habitations. Ses stations les plus rapprochées se trouveraient à la rivière Shelldrake sur la moyenne Côte-Nord (Rousseau, 1968) et à Port-Menier sur l'île d'Anticosti (observation d'Adams citée par Marie-Victorin & Rolland-Germain, 1969: 321). C'est donc sa première récolte en Minganie. Elle ne modifie toutefois pas la distribution générale de l'espèce au Québec.

La station est protégée des vents dominants par une végétation arborescente située

de part et d'autre du chemin. Cependant, malgré un micro-climat plus favorable et une vitalité apparemment normale, le nombre extrêmement réduit d'individus laisse présager une expansion très lente de l'espèce sur l'île.

Trifolium repens L.

Quatre récoltes et une observation par Marcotte (1982, relevé 8034) attestent la présence de ce taxon sur l'île (fig. 20). Deux proviennent du bord du chemin, une du secteur du quai et une du bord de la plage.

Il s'agit, apparemment, de premières récoltes dans les îles de Mingan si l'on en juge par les travaux de Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969) qui mentionnent cette espèce seulement sur l'île d'Anticosti et de Grondin & Melançon (1980) qui ne l'ont pas récolté.

Pourtant, c'est une plante fourragère fréquente au Québec où elle pousse dans les champs, le long des routes et dans les lieux vagues. Sur la Petite île au Marteau, les individus sont peu nombreux (+.2, exceptionnellement 1.3) mais dispersés tout le long du chemin. Ils participent à la strate herbacée basse, généralement d'un groupement à *Trifolium repens*, *Taraxacum* spp. et *Achillea nigrescens* ou (station G 2018) d'un groupement à *Campanula*, *Draba* et *Saxifraga*. Le sol est un régosol plutôt sec, formé de gravier calcaire, recouvert d'une couche de mor calcique de pH 8,0.

Les plantes sont de taille réduite mais de vitalité normale. Leur persistance sur l'île semble assurée.

Vicia cracca L.

Le *Vicia cracca* a été récolté seulement à deux endroits de la Petite île au Marteau, bien qu'il ait été observé assez fréquemment ailleurs (Marcotte, 1982, relevés 8003, 8009, 9709). La localisation de ces stations est indiquée à la figure 21. Deux sont situées en bordure de la plage, deux autres sur le littoral de la baie et une près des habitations dans le secteur du phare.

Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969) et Grondin & Melançon (1980) rapportent cette plante sur d'autres îles de Mingan alors que Rousseau (1968) en signale deux récoltes sur la basse Côte-Nord. Selon ce dernier auteur, elle est si largement distribuée au Québec que plusieurs botanistes l'ont considérée, à tort, comme indigène.

Sur la Petite île au Marteau, la vesce jargeau est surtout concentrée dans la partie sud de l'île, dans le groupement à *Zigadenus glaucus*. Elle y participe, par pieds isolés (1.1), à la strate herbacée basse, colonisant un régosol graveleux, calcaire, faiblement alcalin en surface (pH 7,5). Cette partie de l'île fut défrichée pour permettre l'installation des bâtiments et des phares. La vesce jargeau est située à la périphérie de ce terrain vague, près de la mer. Sa vitalité et sa vigueur semblent normales et sa persistance sur l'île assurée.

Discussion

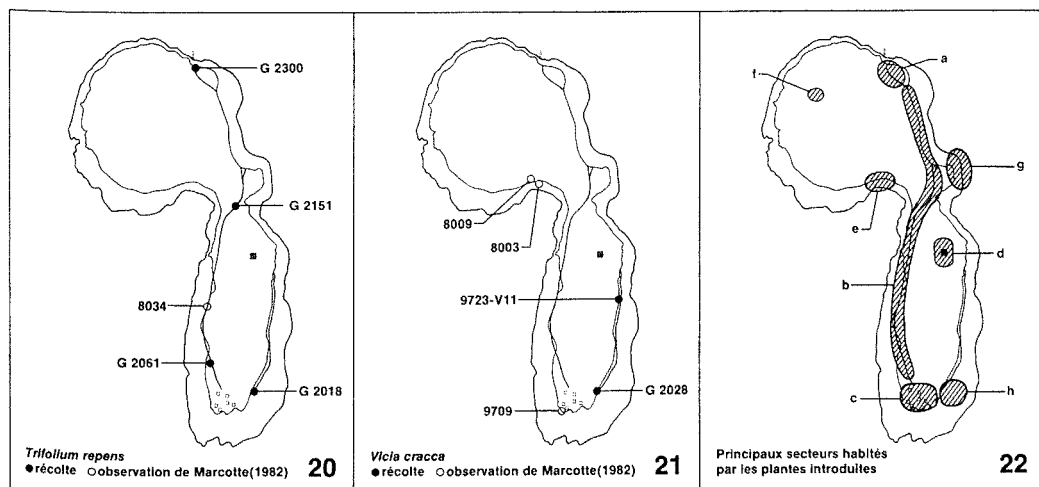
La flore de la Petite île au Marteau contient 19 taxons introduits appartenant à 17 genres et à 8 familles. Ces taxons représentent 8,1% de la flore vasculaire de l'île. Ce pourcentage est plus de deux fois supérieur à celui de deux autres îles du même archipel (la Grosse île au Marteau et l'île à Samuel) réunies (3,5%) mais, en même temps, deux fois plus faible par rapport à celui des flores du Bic et de la Gaspésie (17,8%) et du parc national Forillon (17,4% ; Grandtner & Rousseau, 1975). Si l'on s'en tenait à ce seul pourcentage, on devrait conclure que le degré de perturbation subi par la flore indigène de la Petite île au Marteau, tout en étant plus élevé que sur d'autres îles de l'archipel, reste faible, comparativement à d'autres territoires du Québec méridional.

Parmi les 19 taxons récoltés, tous nouveaux pour la Petite île au Marteau, six sont également nouveaux pour la Minganie, si l'on s'en tient à la flore de Marie-Victorin & Rolland-Germain (1969) et au travail de Grondin & Melançon (1980). Ce sont : *Agrostis alba* var. *palustris*, *Poa annua*, *Rumex acetosella*, *Stellaria media*, *Thlaspi arvense* et *Trifolium repens*. La quasi totalité des taxons introduits sont, au sens de Rousseau (1968), originaires de l'Eurasie (18) et peuvent être qualifiés d'adventices (15). Une seule espèce provient de l'ouest de l'Amérique du Nord et trois sont des plantes fourragères.

La figure 22 permet de reconnaître huit secteurs principaux où se concentrent les récoltes des plantes introduites. Ce sont a) le secteur du quai, b) le chemin, c) le secteur de phare, d) le champ de pommes de terre, e) le littoral de la baie, f) la tourbière, g) la falaise, h) le dépôt de plage. De son côté, le tableau I montre la répartition des taxons en fonction des différents habitats.

Le quai constitue non seulement le débarcadère pour l'homme, mais aussi pour les plantes introduites. Ces dernières sont, en arrivant, généralement très peu nombreuses, parfois même réduites à un seul spécimen. C'est le cas, en particulier, du *Thlaspi arvense* et du *Phleum pratense*. Ces deux espèces se trouvent près d'une cabane abandonnée, à environ 10 m au sud du quai.

Le chemin de l'île réunit le plus grand nombre de taxons que l'on peut rassembler



Figures 20-22. Répartition des récoltes et principaux secteurs habités par les plantes introduites sur la Petite île au Marteau. a) quai, b) chemin, c) phare, d) champ de pommes de terre, e) littoral de la baie, f) tourbière, g) falaise, h) dépôt de plage.

TABLEAU I
Répartition des plantes introduites dans les différents habitats¹

Taxon	Secteur et habitat							
	(a) Quai	(b) Chemin	(c) Jardin habitation	(d) Terrain cultivé	(e) Littoral de la baie	(f) Tourbière	(g) Falaise	(h) Dépôt de plage
<i>Achillea millefolium</i>	+	.
<i>Achillea nigrescens</i> x <i>millefolium</i>	.	+
<i>Agropyron repens</i>	.	.	+
<i>Agrostis alba</i> var. <i>palustris</i>	.	+
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+	+	.	+	.	.	.	+
<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	+	.	.	.
<i>Matricaria matricarioides</i>	+	+	+	+
<i>Phleum pratense</i>	+
<i>Plantago major</i>	+	+	+
<i>Poa annua</i>	.	+	+
<i>Poa pratensis</i>	.	+	.	.	+	+	.	.
<i>Ranunculus acris</i>	.	+	+	+
<i>Rumex acetosella</i>	.	+
<i>Sonchus arvensis</i>	.	+	+
<i>Stellaria graminea</i>	+	.
<i>Stellaria media</i>	+	+	.	+	.	.	.	+
<i>Taraxacum</i> spp.	+	+	+	+
<i>Thlaspi arvense</i>	+
<i>Trifolium repens</i>	+	+	+
<i>Vicia cracca</i>	.	.	+	.	+	.	.	+

¹ La présence est indiquée par un +, alors que le point signifie l'absence du taxon.

en un groupement. Les plus fréquents sont: *Trifolium repens*, *Plantago major* et *Matricaria matricarioides*. Cette dernière y présente cependant une vigueur particulièrement réduite.

Le secteur du phare résulte d'un ancien défrichement de la forêt. Situé à la pointe sud de l'île, il comprend le jardin potager et les habitations. Le principal élément en est le groupement à *Agropyron repens*.

Le champ de pommes de terre est particulièrement intéressant. Situé en plein milieu de la lande, sans l'apport d'engrais, les taxons introduits y seraient sans doute incapables de former des colonies aussi grandes et aussi luxuriantes. Les espèces trouvées dans cette station sont: *Stellaria media* et *Capsella bursa-pastoris*. Elles poussent sur un régosol recouvert d'humus tourbeux, mélangé aux algues et coquillages marins servant d'engrais naturel, de sorte que son pH est voisin de 8,0.

Le littoral de la baie ne renferme qu'une récolte: *Chrysanthemum leucanthemum* et deux observations de la présence du *Vicia cracca*.

Finalement, la tourbière, située au nord-ouest de l'île, constitue le sixième secteur où seul *Poa pratensis* a été récolté alors que la falaise et le dépôt de plage contiennent *Achillea millefolium* et *Stellaria graminea*, et *Sonchus arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Matricaria matricarioides*, *Trifolium repens*, *Vicia cracca* et *Ranunculus acris* respectivement.

Trois causes principales d'introduction peuvent être dégagées: 1) les déplacements de l'homme qui représente un excellent vecteur des diaspores, 2) l'introduction des plantes adventices et fourragères par le transport du foin destiné aux animaux domestiques, 3) le transport maritime et notamment les débris échoués sur les plages.

L'introduction des plantes est un processus dynamique dans le temps et dans l'espace. Vu la distribution, somme toute limitée, des taxons introduits sur l'île et leur vigueur souvent réduite, la flore indigène de la Petite île au Marteau ne risque pas d'être envahie. Il semble plutôt qu'avec les années, certains taxons introduits puissent disparaître de l'île et que d'autres parviennent à s'y introduire. Ceci est principalement vrai pour des taxons situés dans des milieux aussi précaires qu'un champ temporaire de pommes de terre (cas de *Stellaria media*). Le

maintien des plantes comme *Trifolium repens*, *Plantago major*, *Matricaria matricarioides* et *Achillea millefolium* est plus certain. Ces plantes du bord de chemin, adaptées à ce type d'habitat, sont favorisées par le passage régulier de l'homme qui réduit la compétition. Quant à *Agropyron repens*, sa reproduction essentiellement végétative et son système de rhizomes très efficace garantissent l'expansion de ses colonies. De leur côté, les six taxons nouveaux pour la Minganie semblent témoigner d'un dynamisme assez récent de la flore de l'île.

Parmi les taxons susceptibles d'arriver sur la Petite île au Marteau, on peut citer *Linaria vulgaris*, récolté par Grandtner (1976) dans le village de Havre-Saint-Pierre.

Enfin, il serait intéressant d'étudier les plantes introduites dans l'ensemble de l'archipel afin de pouvoir analyser le processus d'introduction sur des îles habitées de longue date en comparaison des îles peu fréquentées par l'homme. Il faudrait aussi initier le travail expérimental d'introduction forcée dans des habitats apparemment hostiles comme la lande et poursuivre l'observation du comportement des plantes sur la Petite île au Marteau afin de mieux comprendre les mécanismes qui régissent l'expansion des taxons introduits. De telles études ont un intérêt éco-historique qui cadre bien avec un programme d'interprétation écologique globale de la nature qui tient compte de l'homme et de son influence sur le milieu naturel.

Remerciements

Nos remerciements s'adressent à C. Gervais du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, pour l'examen des *Achillea*, à B. Boivin et J.-P. Bernard de l'Université Laval pour l'identification des graminées, à D. Doyon de l'Herbier du Québec et à W.J. Cody de l'Herbier des plantes vasculaires à Ottawa notamment pour l'examen des *Taraxacum*, à A.J. Ouellette de la Garde côtière canadienne pour le prêt de documents, à B. LeBrun de la Société historique de Havre-Saint-Pierre pour plusieurs informations, à L.L. Cormier de la Société d'aménagement de l'arrondissement naturel de l'archipel de Mingan pour la copie de l'acte de l'expropriation des secteurs du phare, à Patricia Younger pour la traduction du résumé, à Gilles Martin du Service de l'audio-visuel de l'Université Laval pour le graphisme et à la Faculté de foresterie et géodésie et au Centre de recherche en aménagement et développement de l'Université Laval, pour l'aide financière.

Références

- BRAUN-BLANQUET, J., 1932. Plant sociology. (English translation of Pflanzensociologie by G.D. Fuller & H.S. Conard). — McGraw-Hill, New-York, 439 p.
- GERVAIS, C., 1977. Cytological investigation of the *Achillea millefolium* complex (*Compositae*) in Québec. — *Can. J. Bot.*, 55: 796-808.
- GRANDTNER, M. M., 1975. La végétation forestière du Québec. — *Spectre*, 4: 10-15.
- GRANDTNER, M. M., 1976. Extension de quelques plantes introduites sur la Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent. — *Naturaliste can.*, 103: 487-489.
- GRANDTNER, M. M. & C. ROUSSEAU, 1975. Analyse de la flore vasculaire du parc national Forillon. — *Naturaliste can.*, 102: 235-264.
- GRANDTNER, M. M., R. BILODEAU & C. FORTIN, 1979. Les plantes endémiques de la Minganie sont-elles toujours menacées de disparition?. — *Ann. ACFAS*, 46: 40.
- GRONDIN, P. & M. MELANÇON, 1980. Étude phyto-écologique de la Grosse île au Marteau et de l'île à Samuel, archipel de Mingan, Québec. — *Études écologiques*, n° 2, Lab. ecol. for., Univ. Laval, Québec, 227 p.
- LÉVESQUE, R., 1971. La Seigneurie des îles et des ilets de Mingan. — Leméac, Montréal, 232 p.
- MARCOTTE, F., 1982. Études phyto-écologique de la Petite île au Marteau, archipel de Mingan et propositions d'aménagement. — Thèse M. Sc., Univ. Laval, Québec, env. 240 p.
- MARIE-VICTORIN, F. & F. ROLLAND-GERMAIN, 1969. Flore de l'Anticosti-Minganie. — Presses Univ. Montréal, Montréal, 527 p.
- PAYETTE, S. & B. GAUTHIER, 1972. Les structures de la végétation: interprétation géographique et écologique, classification et application — *Naturaliste can.*, 99: 1-26.
- ROUSSEAU, C., 1968. Histoire, habitat et distribution de 220 plantes introduites au Québec. — *Naturaliste can.*, 98: 49-171.
- SCOGGAN, H. J., 1978. The flora of Canada. — *Nat. Mus. Nat. Sci., Publ. Bot.*, no. 7, 1711 p.
- TWENHOFEL, W. F., 1938. Geology and paleontology of the Mingan Island, Québec. — *Geol. Soc. Am., Special papers*, no. 11, 132 p.
- VIGNEAU, P., 1969. Un pied d'ancre. — *Galienne*, Québec, 311 p.
- VILLENEUVE, G.-O., 1948. Aperçu climatique du Québec. — *Min. terres & forêts, Bull.* n° 10, 25 p.

YIELD-QUALITY RELATIONSHIPS IN BARLEY AND OATS GROWN FOR FORAGE

A. R. McELROY¹ and P. GERVAIS

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

On a examiné l'évolution de la relation rendement-qualité avec l'âge, au moyen de récoltes hebdomadaires, chez l'orge Conquest (*Hordeum vulgare* L.) et l'avoine Dorval (*Avena sativa* L.) au cours d'une période de trois ans. Les rendements en matière sèche des deux espèces ont augmenté graduellement durant la saison de croissance, atteignant un sommet à l'approche du stade *grains pâteux*. Après l'épiaison, l'avoine a exhibé un taux d'accumulation de matière sèche plus élevé et a maintenu une phase d'accroissement rapide de production plus longue que l'orge. Chez les deux espèces, les plus hauts rendements, tant en matière sèche qu'en protéine, ont été atteints au même stade. La qualité des fourrages, évaluée par les teneurs en protéine brute et en unités nutritives totales, a rapidement baissé jusqu'à l'épiaison, mais lentement par la suite. La fibre brute a augmenté jusqu'à l'épiaison pour ensuite décroître. Les teneurs en extractifs non azotés ont augmenté et celles en matières grasses et en cendres ont baissé graduellement au cours de la saison. Le calcium, le phosphore, le potassium et le magnésium ont diminué avec l'âge des fourrages.

Abstract

Yield-quality relationships with advance in maturity were examined, through weekly harvests, in Conquest barley (*Hordeum vulgare* L.) and Dorval oats (*Avena sativa* L.) over a period of three years. Dry matter yields increased gradually in both species, reaching a plateau near the dough stage. After heading, oats showed a higher rate of dry matter accumulation and maintained a longer phase of rapid yield increase than barley. The highest yields of dry matter and of protein coincided for both species. Forage quality, as measured by crude protein and total digestible nutrients, fell rapidly prior to heading and then declined slowly. The crude fibre level rose progressively, reaching a plateau at the heading stage, and decreased thereafter. The nitrogen-free extract content increased and the ether extract and ash contents decreased throughout the growth cycle. Calcium, phosphorus, potassium and magnesium in both species decreased gradually as the plants matured.

Introduction

Yield-quality relationships are of fundamental importance to the management of forage cereals: the optimum harvest stage is the compromise between dry matter (DM) increase and forage quality decrease with advance in maturity. Although cereals are frequently grown for forage in Québec, there is a paucity of information on the patterns of DM accumulation and changes in chemical composition with development. Previous studies indicate that these relationships may be influenced by species, cultivar and environment.

Considerable variation in the DM accumulation patterns of barley (*Hordeum vulgare* L.) and oats (*Avena sativa* L.) have been observed. Oats may reach a yield plateau near or at the dough stage (Gardner & Wiggans, 1961; Gervais & St-Pierre, 1981), or continue to accumulate DM until maturity (Kilcher & Troelsen, 1973). Hopkins (1968) found that barley reached a yield plateau at the dough stage, and Lawes & Jones (1971) reported a pronounced yield decline in both barley and oats prior to maturity.

Larson & Carter (1970) showed that crude protein (CP) yields of barley were highest at the dough stage while, for oats, maximum yields were obtained at the milk and early dough stages (Gardner & Wiggans, 1961) at

¹ Present address: Forage Crops Section, Research Station, Ottawa, Ontario K1A 0C6

the pre-ripe stage (Smith, 1960), or at maturity (Schmidt, 1962). The CP content of barley and oats declines as the crops mature, rapidly in the early stages and more slowly thereafter (McElroy & Gervais, 1983).

The crude fibre (CF) content increases up to heading and, then, decreases as non structural carbohydrates accumulate in the head (Smith, 1960). Downward changes in the mineral composition of forage cereals are consigned by Smith (1960). Likewise, the total digestible nutrients (TDN) values fall with advance in maturity (McElroy & Gervais, 1983).

This study is aimed at examining the pattern of dry matter accumulation and the associated changes in chemical composition of barley and oats with advance in maturity in a short-season area of Québec.

Material and methods

Barley (*Hordeum vulgare* L.) cv. Conquest and oats (*Avena sativa* L.) cv. Dorval were grown over three years, 1970-1972, at the Station agronomique, Saint-Augustin, Portneuf County, Québec, on a Tilly loam a well-drained soil of medium fertility with a pH of approximately 6.5. Seedlings at the rates of 108 and 114 kg/ha for barley and oats respectively took place on May 22nd in 1970, May 13th in 1971 and May 12th 1972. The soil was fertilized each year at seeding time with 560 kg/ha 5-20-20. Plots were kept free of weeds.

Each species was grown in a randomized complete block design with four replications. The plots measured 5.6 m in length and consisted of 6 rows spaced 22.9 cm apart. The four centre rows were harvested at a height of 5 cm. Harvests were made on a weekly basis, starting the fourth week after seeding and continuing until the twelfth week. The regrowth was harvested at the dough stage or, when this stage was not attained, at the end of the growing season.

Immediately after cutting, the green material from each plot was weighed and sampled. The 500 gram samples taken for dry matter determination were dried to constant weight at 90°C. Samples from the four replications of each treatment were bulked and finely ground, and sub-samples kept for chemical analysis.

Crude protein concentrations were calculated by $6.25 \times \text{total N}$, as determined by a Kjeldahl digestion (Ward & Johnston, 1962)

and a Technicon Autoanalyser analysis. Crude fibre, ether extract and ash were obtained by standard procedures (A.O.A.C., 1960). Phosphorus, calcium and magnesium were extracted according to the methods outlined by Johnson & Ulrich (1959); calcium and magnesium were determined by atomic absorption and phosphorus with the Technicon Autoanalyser after the method of Varley (1966). Potassium was extracted according to the A.O.A.C. (1965) and determined by atomic emission. The values for total digestible nutrients were calculated by the formula described by Horrocks & Washko (1968): $\text{TDN} = 50.41 + 1.04 (\text{crude protein}) - 0.07 (\text{crude fibre})$. All data were analyzed statistically by analyses of variance, specific treatment comparisons, regressions and correlations (Steel & Torrie, 1960).

Results and discussion

STAGES OF GROWTH AT HARVEST

Within a species, the same stages of growth were reached at about the same time from year to year (Table I). For both species, jointing started between the 5th and 6th week

TABLE I

Stages of growth of Conquest barley and Dorval oats at harvest — first crop growth, 1970-1972

Weeks after seeding	Stages of growth at harvest		
	1970	1971	1972
	<i>Conquest barley</i>		
4	vegetative	vegetative	vegetative
5	vegetative	vegetative	vegetative
6	late jointing	jointing	jointing
7	heading	boot	boot
8	fully headed	heading	heading
9	milk	milk	milk
10	dough	early dough	early dough
11	nearly ripe	dough	dough
12	ripe	nearly ripe	ripe
	<i>Dorval oats</i>		
4	vegetative	vegetative	vegetative
5	vegetative	vegetative	vegetative
6	early jointing	early jointing	early jointing
7	late jointing	jointing	jointing
8	early heading	early heading	early heading
9	fully headed	fully headed	fully headed
10	milk	milk	milk
11	dough	early dough	early dough
12	nearly ripe	firm dough	firm dough

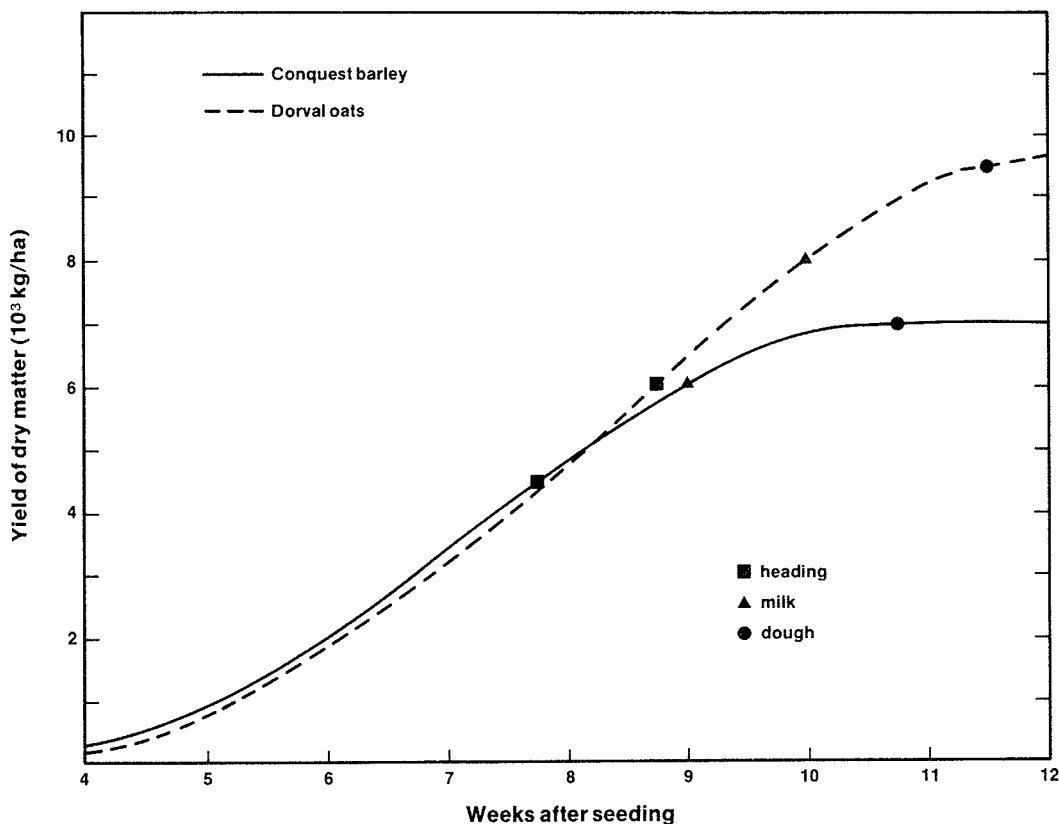


Figure 1. Growth curve of Conquest barley and Dorval oats, 1970-1972.

after seeding and heading between the 7th and 8th week. The milk stage was reached at the 9th and 10th week by barley and oats respectively. Barley matured about one week earlier than oats.

YIELDS OF DRY MATTER

Barley and oats showed regular and significant weekly dry matter increases with little yield differences between them at respective dates up to the 8th week (Fig. 1). The barley yield increased steadily until the 10th week, approaching the dough stage, and did not change significantly thereafter (Table II). The oats, maturing one week later than barley, continued to show significant yield increases until the 11th week, also nearing the dough stage. This extended period of active dry matter accumulation resulted in a greater maximum yield for oats than for barley: 9,676 kg/ha compared to 7,029 kg/ha. Despite yearly yield fluctuations, the annual growth tendencies closely resembled the mean curves for both species.

Regrowth was harvested from Conquest barley up to and including the 8th week treatment and from Dorval oats up to and including the 10th week treatment, with the highest aftermath yields coming from the early initial harvests (Table II). The significantly greatest seasonal yields, however, were taken in single cuts from both species harvested at more mature stages of growth; these results substantiate those obtained in a previous study (McElroy & Gervais, 1983).

YIELDS OF CRUDE PROTEIN

The crude protein yield from barley, first crop growth, increased progressively up to the 10th week when maximum protein was harvested; no significant change, however, took place after the 9th week. The oats showed a similar pattern up to the 12th week although the yield plateau, in which there was no significant increase, commenced at the 10th week. The maximum dry matter and the maximum protein yields from

TABLE II

Yields of dry matter (kg/ha) of Conquest barley and Dorval oats — first crop growth and seasonal production, 1970-1972

Weeks after seeding	Conquest barley		Dorval oats	
	1 st crop growth	Seasonal production	1 st crop growth	Seasonal production
4	319 g	5,069 bc	205 h	6,852 bc
5	966 f	4,206 d	725 g	6,944 bc
6	2,304 e	4,207 d	1,940 f	6,450 bc
7	3,405 d	4,683 cd	3,324 e	5,951 c
8	4,830 c	5,400 bc	4,800 d	5,909 c
9	6,112 b	6,112 ab	6,624 c	6,647 bc
10	7,027 a	7,027 a	7,871 b	8,204 ab
11	6,837 a	6,837 a	9,311 a	9,311 a
12	7,029 a	7,029 a	9,676 a	8,676 a

Figures in columns followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level.

the first crop growth coincided for both species.

No treatment in either species showed an overall advantage in seasonal crude protein production (Fig. 2) as no significant treatment differences were found for the mean yields.

CHEMICAL COMPOSITION

The crude protein level of the barley fell throughout the growing period (Table III) from 24.1% (leafy stage) to 7.2% (maturity),

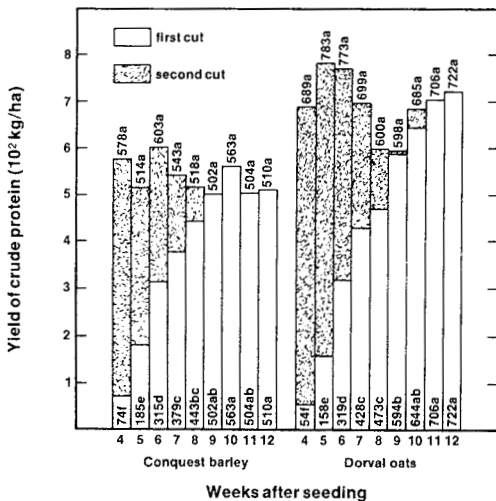


Figure 2. Yield of crude protein of Conquest barley and Dorval oats, 1970-1972.

although there was no significant decline from the 7th week on (boot stage). The pattern of change and the range of crude protein levels were similar to those reported by Lawes & Jones (1971). The amount of crude fibre increased up to the 8th week (head emerging stage) and then declined slowly until maturity because of accumulation of non structural carbohydrates in the head, as noted also by Smith (1960) and McElroy & Gervais (1983). The level of nitrogen-free extract rose slowly and that of ether extract decreased gradually with advance in maturity. The ash content fell abruptly and significantly after the first two treatments (jointing) and, then, decreased slowly to the end of the growing season. The extremely high ash values at the two earliest cutting dates are unexplained; soil contamination is a possible cause.

The crude protein content of the oats decreased from 24.9% (leafy stage) to 7.4% (firm dough stage). The weekly declines were significant only until the 8th week (head emerging stage). In the two cereals, the percentage of crude protein decreased very

TABLE III

Chemical composition of Conquest barley and Dorval oats — first crop growth, 1970-1972

Weeks after seeding	Crude protein %	Crude fibre %	N-free extract %	Ether extract %	Ash %
<i>Conquest barley</i>					
4	24.1 a	14.5 f	42.1 f	4.2 a	15.1 a
5	20.5 a	19.8 e	41.6 f	3.1 b	15.0 a
6	15.6 b	25.4 cd	47.8 e	2.6 bc	8.6 b
7	11.0 c	29.7 ab	49.8 de	2.2 cd	7.3 b
8	9.1 c	32.2 a	50.5 de	1.9 de	6.3 b
9	8.1 c	29.2 ab	54.8 cd	1.8 def	6.1 b
10	7.9 c	28.4 bc	55.9 bc	1.7 def	6.1 b
11	7.2 c	26.6 bcd	59.3 ab	1.3 ef	5.6 b
12	7.2 c	25.7 cd	60.5 a	1.0 f	5.6 b
<i>Dorval oats</i>					
4	24.9 a	12.6 f	42.0 f	4.1 a	16.4 a
5	21.3 b	16.4 e	44.0 ef	3.6 ab	14.7 a
6	16.3 c	21.8 d	47.6 de	3.5 ab	10.8 b
7	12.9 d	26.1 c	48.8 cd	3.2 bc	9.0 bc
8	9.8 e	30.3 b	50.2 cd	2.7 cd	7.0 cd
9	8.9 e	33.6 a	48.6 cd	2.6 cd	6.3 cd
10	8.1 e	31.4 ab	52.1 bc	2.7 cd	5.7 d
11	7.5 e	28.6 bc	55.9 ab	2.6 cd	5.4 d
12	7.4 e	28.9 bc	56.5 a	2.4 d	4.8 d

Figures in columns within a species followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level.

slowly and non significantly from the 8th week on. The crude fibre level in the oats rose significantly from week to week to reach a maximum at the 9th week (fully headed stage) and then declined to the end of the season. As in the case of barley, the nitrogen-free extract content increased and the ether extract and ash contents decreased throughout the growth cycle. That the barley contained more nitrogen-free extract than the oats could be due to a higher grain to straw ratio. The higher ether extract level in oats may be attributed to the greater proportion of leaf in the dry matter and the higher fat content of the oat grain.

MINERAL COMPOSITION

The levels of the four elements analyzed — calcium, phosphorus, potassium and magnesium — decreased progressively in both species as the plants matured (Table IV). It was during the first half of the season that the fall in the level of each element was most pronounced.

The mineral composition of each species averaged over treatments and years showed

TABLE IV

Mineral composition of Conquest barley and Dorval oats — first crop growth, 1970-1972

Weeks after seeding	% Ca	% P	% K	% Mg
<i>Conquest barley</i>				
4	0.72 a	0.39 a	3.63 a	0.16 a
5	0.73 a	0.37 ab	3.74 a	0.15 a
6	0.65 a	0.34 b	3.49 ab	0.13 a
7	0.46 b	0.30 c	3.10 bc	0.11 a
8	0.43 b	0.26 d	2.63 c	0.12 a
9	0.42 b	0.24 d	2.12 d	0.12 a
10	0.42 b	0.23 d	2.00 de	0.12 a
11	0.38 b	0.23 d	1.82 de	0.12 a
12	0.35 b	0.25 d	1.56 e	0.12 a
<i>Dorval oats</i>				
4	0.52 a	0.36 a	4.39 a	0.15 a
5	0.51 a	0.34 ab	4.47 a	0.15 a
6	0.46 ab	0.32 bc	4.07 ab	0.12 ab
7	0.38 bc	0.28 cd	3.49 bc	0.11 b
8	0.31 cd	0.24 de	2.81 cd	0.10 b
9	0.32 cd	0.21 ef	2.41 de	0.10 b
10	0.30 cd	0.21 ef	2.20 de	0.10 b
11	0.27 d	0.20 f	1.87 e	0.09 b
12	0.27 d	0.20 f	1.74 e	0.09 b

Figures in columns within a species followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level.

that barley had higher contents than oats of calcium (0.51% vs 0.37%), phosphorus (0.29% vs 0.26%) and magnesium (0.128% vs 0.112%), but a lower content of potassium (2.65% vs 3.05%). These results are similar to those obtained in a previous study (McElroy & Gervais, 1983).

TOTAL DIGESTIBLE NUTRIENTS

The TDN levels declined rapidly and significantly in the early parts of the growth cycle (Table V) as the proportion of leaf decreased and the more fibrous plant structure developed, but no significant changes occurred after the 7th week (boot stage) for barley and the 8th week (head emerging stage) for oats. Later, the increasing proportion of soluble carbohydrates accumulating in the head, as witnessed by the drop in the crude fibre content, would tend to raise the TDN level, but the increasing lignification of the plant as well as the leaf and protein losses due to senescence would lead to a lower TDN content. As there were no significant changes, these two forces likely counter-balanced each other. The TDN values of barley and oats were similar at respective dates.

REGRESSION ANALYSES

Regression analysis confirmed the curvilinear relationship observed between the age of the cereals and their yield and chemical composition (Table VI). Equations obtained permit an accurate prediction of the yield, chemical composition and TDN

TABLE V

Total digestible nutrients (%) of Conquest barley and Dorval oats — first crop growth, 1970-1972

Weeks after seeding	Conquest barley	Dorval oats
4	74.5 a	75.4 a
5	70.4 b	71.4 b
6	64.8 c	65.8 c
7	59.8 d	62.0 d
8	57.6 d	58.5 e
9	56.9 d	57.3 e
10	56.6 d	56.7 e
11	56.0 d	56.2 e
12	56.2 d	56.0 e

Figures in columns followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level.

TABLE VI

Regression analysis over weeks (X) of dry matter and crude protein yields, and levels of crude protein, crude fibre and total digestible nutrients in the forage of Conquest barley and Dorval oats harvested from the fourth to the twelfth week after seeding, 1970-1972

Y	r	Regression equations	S.E.
		<i>Conquest barley</i>	
DM yield	0.90**	$Y = 3703.38 - 2685.14X + 563.48X^2 - 26.47X^3$	1245
CP yield	0.74**	$Y = 647.92 + 223.35X - 10.60X^2$	139
CP %	0.95**	$Y = 52.45 - 8.61X + 0.41X^2$	2.16
CF %	0.93**	$Y = 22.51 + 12.00X - 0.68X^2$	2.16
TDN %	0.95**	$Y = 106.45 - 9.77X + 0.47X^2$	2.22
		<i>Dorval oats</i>	
DM yield	0.96**	$Y = 5802.98 - 3556.17X + 649.30X^2 - 27.33X^3$	1011
CP yield	0.88**	$Y = 671.04 + 214.14X - 8.36X^2$	118
CP %	0.98**	$Y = 51.90 - 8.14X + 0.37X^2$	1.43
CF %	0.92**	$Y = -26.90 + 11.99X - 0.62X^2$	3.05
TDN %	0.98**	$Y = 106.21 - 9.29X + 0.43X^2$	1.49

values of oats and barley using the age of the plants as the independent variable.

Conclusions

From this study, it is apparent that Conquest barley and Dorval oats grown in a short-season area contain the highest percentages of protein, minerals and TDN in the early stages of growth, but harvesting in this phase is unattractive due to low yields. Only part of the yield potential of the first growth would be realized if the cereals were harvested before or at the heading stage as significant increases occurred after that stage due largely to grain formation. Even when the regrowth is added to the primary growth, the total DM yields are still significantly less than those obtained at the dough stage. The small drop in forage quality after the heading stage is more than offset by the large increase in DM yields during this period. Maximum DM yields and CP yields are associated with the dough stage.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the financial support from the Conseil des recherches et services agricoles du Québec and the contribution of Jacques Debroux in the chemical analyses.

References

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1960. Official methods of analysis, 9th ed. — Washington, D.C., 832 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, 1965. Official methods of analysis, 10th ed. — Washington, D.C., 957 p.
- GARDNER, F.P. & S.C. WIGGANS, 1961. Yield, moisture, and protein composition of spring oats cut for silage at different stages of maturity. — *Agron. J.*, 53: 251-254.
- GERVAIS, P. & C.A. ST-PIERRE, 1981. Étude sur le rendement et la composition chimique de six cultivars d'avoine récoltés en vert. — *Can. J. Pl. Sci.*, 61: 633-638.
- HOPKINS, J.R., 1968. Whole crop barley for silage. — *N.A.A.S.Q. Rev.*, 79: 117-120.
- HORROCKS, R.D. & J.B. WASHKO, 1968. Influence of harvesting forages at three stages of maturity on yield, quality, and stand persistence. — *Pa Agric. Exp. Stn. Bull.*, no. 753, 22 p.
- JOHNSON, C.M. & A. ULRICH, 1959. Analytical methods for use in plant analysis. — *Calif. Agric. Exp. Stn. Bull.*, no. 766, 44 p.
- KILCHER, M.R. & J.E. TROELSEN, 1973. Contribution and nutritive value of the major plant components of oats through progressive stages of development. — *Can. J. Pl. Sci.*, 53: 251-256.

- LARSON, K. L. & J. F. CARTER, 1970. Harvesting cereals for forage in North Dakota. — N.D. Farm Res., 27(4): 11-12.
- LAWES, D. A. & D. I. H. JONES, 1971. Yield, nutritive value and ensiling characteristics of whole-crop spring cereals. — J. Agric. Sci., 76: 479-485.
- MCELROY, A. R. & P. GERVAIS, 1983. Yield and chemical composition of whole-crop spring cereals harvested at five growth stages. — Naturaliste can., 110: 179-184.
- SCHMIDT, D. R., 1962. Dry matter and nitrogen content of oats harvested at various stages. — Agron. J., 54: 8-10.
- SMITH, D., 1960. Yield and chemical composition of oats for forage with advance in maturity. — Agron. J., 52: 637-639.
- STEEL, R. G. D. & J. H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. — McGraw-Hill Book Co. Inc., New York, 481 p.
- VARLEY, J. A., 1966. Automatic methods for the determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material. — Analyst, 91: 119-126.
- WARD, G. M. & F. B. JOHNSTON, 1962. Chemical methods of plant analysis. — Min. Agric. Can. Publ., no. 1064, 59 p.

DÉVELOPPEMENT ET FÉCONDITÉ DE *CAMPELOMA DECISUM* (SAY) (GASTROPODA: PROSOBRANCHIA) EN CLIMAT FROID

M. HARVEY, B. VINCENT et G. VAILLANCOURT

Groupe de recherche sur les écosystèmes aquatiques (GRÉA)
Département de chimie-biologie
Université du Québec à Trois-Rivières
C.P. 500, Trois-Rivières, Québec G9A 5H7

Résumé

La coquille du gastéropode *Campeloma decisum* (Say) comporte des stries annuelles de croissance qui se forment à la fin de l'hiver. L'utilisation de ces stries s'avère un bon moyen de détermination de l'âge, car elles sont faciles à distinguer et elles ont une position bien précise sur la coquille. De plus, elles permettent d'étudier la croissance et la fécondité en fonction de l'âge ainsi que la longévité.

Notre étude montre que les individus de *Campeloma decisum* ont une durée de vie de 60 à 77 mois, qui peut exceptionnellement atteindre 89 mois. La première année, les jeunes croissent en moyenne de 2,2 mm. La croissance annuelle diffère peu entre la deuxième et la sixième année (3,2 à 3,7 mm). La maturité sexuelle est plus liée à la longueur totale qu'à l'âge; elle est atteinte lorsque la longueur totale dépasse 15 mm.

Abstract

Shells of the gastropod *Campeloma decisum* (Say) bear annual growth lines that form at the end of each winter. These lines allow accurate determination of their age since they are easy to identify. A closer study of each line gives a good method to determine annual growth and fecundity in terms of age as well as longevity.

Our study shows that *Campeloma* has a life span of 60 to 77 months and can exceptionally reach 89 months. In the first year, the young grow an average of 2.2 mm. The annual growth differs little from the second to the sixth year (3.2 to 3.7 mm). Sexual maturity is related more to the total length than to their age, and is reached when the total length exceeds 15 mm.

Introduction

Espèce indigène de l'Amérique du Nord, *Campeloma decisum* est très répandu dans la partie est du continent (Clench & Fuller, 1965). On retrouve ce gastéropode plus particulièrement dans le bassin des Grands Lacs et dans le Saint-Laurent (Clarke, 1973). Il est souvent abondant dans les lieux enrichis ou eutrophes (Clarke, 1981).

Les individus du genre *Campeloma* sont typiquement grégaires, parthénogénétiques et ovovivipares (Medcof, 1940; Chamberlain, 1958). Ces caractéristiques favorisent les études écologiques et biologiques, puisqu'il est facile de récolter un grand nombre de spécimens, que la croissance peut être analysée sans avoir à tenir compte des sexes et

que la fécondité est étudiée directement, par les embryons dans l'utérus. Enfin, Medcof (1940) souligne la présence de lignes brun foncé sur la coquille. Après en avoir étudié la position relative, il montre qu'il s'agit bien de stries de croissance. Selon Medcof (1940), il semble que l'apparition de ces stries soit liée à une période de repos dans le processus de croissance, mais la fréquence et le moment de leur formation n'ont pu être déterminés. Donc, si nous démontrons qu'elles ont une position bien définie sur la coquille, qu'elles se forment à une époque bien précise et qu'elles sont annuelles, nous pourrons alors les utiliser pour déterminer l'âge des individus.

À partir d'une série de prélèvements dans le cours inférieur de la rivière Saint-Maurice

(Québec), où *Ammicola limosa* et *C. decisum* sont les mollusques qui caractérisent le mieux les groupements benthiques de la zone littorale (Nadeau, 1981), nous avons étudié la position respective de chacune des stries de croissance et vérifié la pertinence de leur utilisation pour déterminer l'âge des individus. Cela nous a permis d'analyser avec plus de précision la structure des populations, la longévité, la croissance annuelle et la fécondité de *C. decisum*. Par la suite, nous avons comparé les résultats obtenus à ceux de Lévesque (1974) qui a fait une étude analogue sur les populations de *C. decisum* de la rivière du Nord (Québec) ainsi qu'à ceux de Medcof (1940), Chamberlain (1958) et Imlay *et al.* (1981) pour des populations vivant en conditions climatiques moins rigoureuses.

Matériel et méthodes

L'étude porte sur des populations échantillonnées à cinq stations de la zone littorale du cours inférieur de la rivière Saint-Maurice. La rivière Saint-Maurice est située sur la rive nord du fleuve Saint-Laurent et s'y jette au niveau de Trois-Rivières, à mi-distance entre Montréal et Québec. L'aire d'échantillonnage s'étendait sur 20 km en amont de l'embouchure de la rivière. La distance entre les stations variait en fonction des possibilités d'accéder au cours d'eau et de l'escarpement des rives. L'eau est caractérisée par un pH de 6,6, une teneur en oxygène dissous de 8,6 mg/l, une très faible conductivité ($35 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) et une faible minéralisation (dureté totale = 8,2 à 11,5 mg/l selon Nadeau, 1981). Le substrat est sablo-vaseux et recouvert de débris végétaux (feuilles, brindilles, fibres de bois, copeaux et écorces). À quelques endroits, nous retrouvons de la végétation aquatique, plus particulièrement *Vallisneria* sp. et *Sagittaria* sp. Le débit moyen de la rivière pour la période d'étude était de 729 m³/s (Nadeau, 1981).

L'échantillonnage comprend deux parties. La première s'étend de juillet 1976 à mai 1978. À chacune des stations, nous avons effectué un échantillonnage préliminaire en juillet 1976 et cinq prélèvements mensuels au printemps, à l'été et à l'automne 1977. Finalement, nous avons refait une récolte en mai 1978 pour compléter le cycle de 12 mois amorcé en mai 1977. La seconde partie de l'échantillonnage fut réalisée en 1981 à une seule station située à l'embouchure de la rivière. Nous avons récolté 767

spécimens de juillet 1976 à mai 1978 et 219 spécimens en octobre 1981.

Dans le but d'obtenir un nombre suffisant d'organismes, nous avons prélevé trois échantillons aux différentes stations, à une profondeur variant de 0,7 à 1,0 m, à l'aide d'une benne Ekman couvrant une surface de 0,05 m². Les 20 prélèvements d'octobre 1981 furent faits à une profondeur de 5 mètres, à l'aide de la benne Petersen (surface de 0,1 m²). Chaque échantillon était tamisé sur un treillis de 500 μm de vide de maille; ils étaient triés à la main. Les spécimens de *C. decisum* furent conservés dans une solution d'alcool éthylique à 70%.

Les mesures furent effectuées avec un pied à coulisse précis au dixième de millimètre. Sur les spécimens récoltés entre juillet 1976 et mai 1978, nous avons mesuré la longueur totale (LT) et déterminé le nombre de stries de croissance (fig. 1). À partir de ces données, nous avons constitué des histogrammes de classes de longueur de 0,5 mm d'intervalle et la séparation des générations d'une population a été faite d'après le nombre de stries annuelles de croissance. Sur les spécimens récoltés en octobre 1981, nous avons mesuré la longueur totale (LT), la distance entre l'apex et la fin de la suture (LS) et les distances (Li) entre l'apex et la jonction proximale de la suture de chacune des stries de rang *i* par rapport à l'apex (fig. 2). Sur les spécimens gravides récoltés en octobre 1981, nous avons déterminé le nombre de stries de croissance et le nombre d'embryons ayant une coquille bien formée.

Pour les analyses statistiques, la méthode utilisée par Vincent & Vaillancourt (1981) pour la détermination de l'âge de *Bithynia tentaculata* a été appliquée. Nous avons vérifié les postulats de normalité (test de Kolmogorov-Smirnov) des distributions et d'égalité des variances (test de *F*) avant de procéder à la comparaison des moyennes soit par un test de Student ou par l'analyse de variance. Le seuil de probabilité est de 0,05 et nous parlerons toujours d'une année pour définir la période d'environ douze mois comprise entre deux reprises de la croissance annuelle. Afin d'augmenter nos effectifs, nous avons comparé, par analyse de variance, la longueur totale moyenne des générations de chacune des populations échantillonnées aux différentes stations entre juillet 1976 et mai 1978. L'hypothèse nulle n'a pu être rejetée et les résultats

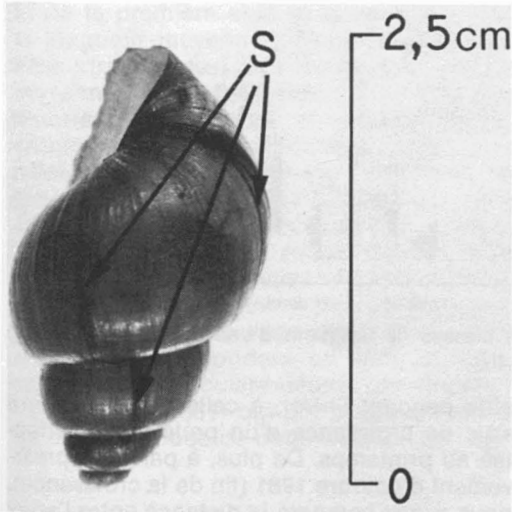


Figure 1. Coquille de *C. decisum* avec trois stries de croissances.

relatifs aux cinq populations ont donc été regroupés.

Résultats et discussion

DÉTERMINATION DE L'ÂGE

Dix pour cent des stries se situent très près l'une de l'autre. Comme Lévesque (1974) et Van Der Spoel (1958), nous expliquons la présence de ces stries par de courtes périodes d'activité entrecoupant une période générale d'inactivité. Bien que cette hypothèse n'ait pas été vérifiée, nous avons toujours utilisé la strie la plus proche de l'apex pour la détermination de l'âge. En tenant compte de ces considérations, les *C. decisum* de la rivière Saint-Maurice présentent d'une à sept stries de croissance sur la coquille.

Contrairement à d'autres espèces telles que *Bithynia tentaculata* (Vincent & Vaillancourt, 1981) et *Lymnaea stagnalis* (Boag & Pearlstone, 1979), tous les individus ont au moins une strie de croissance sur la coquille.

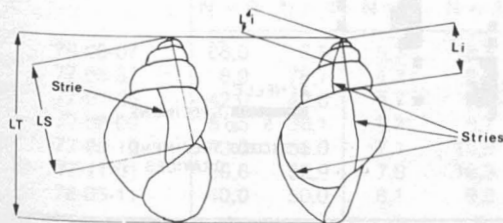


Figure 2. Représentation des différentes mesures de longueurs sur *C. decisum*.

En effet, sur l'ensemble des jeunes spécimens récoltés aux différents mois de l'année, il y a une petite strie qui se situe près du péristome; nous pensons qu'elle se forme au moment où les jeunes sont encore au stade embryonnaire. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons examiné 125 embryons extraits des adultes en mai 1978. Tous possédaient une strie de croissance sur la coquille. Par contre, sur les embryons extraits des adultes en octobre 1981, nous ne retrouvons pas cette strie. La première strie, qui se formerait au stade embryonnaire, ne doit donc pas être considérée pour la détermination de l'âge de *C. decisum*. De plus, l'état corrodé de l'apex est responsable de la disparition de la strie embryonnaire chez les individus de deux stries et plus. La corrosion de l'apex a déjà été signalée chez *Campeloma* (Clarke, 1981; Lévesque, 1974; McKillop & Harrison, 1972; Medcof, 1940). Nous ignorerons donc la strie embryonnaire pour ne parler que des stries formées après la première année d'existence d'un individu.

Si nous séparons les générations en fonction du nombre de stries (fig. 3 et 4), celui-ci augmente avec la taille des organismes et par conséquent, avec l'âge. D'autre part, si les effectifs sont suffisants, (fig. 3 et 4) les différents groupes ainsi formés ont une distribution normale. Les stries se forment donc au même moment chez les individus qui ont sensiblement le même âge. Les longueurs moyennes L_i des différents groupes obtenus à partir de l'échantillon d'octobre 1981 (fig. 5) sont significativement différentes et leurs écarts-types sont faibles. Les analyses de variance effectuées sur les cohortes (fig. 5) montrent que, quelle que soit l'année de la formation des stries de rang « i », il n'y a pas de différence significative dans leur position. Les stries ont donc une position bien définie sur la coquille de *C. decisum*. Elles se forment lorsque les individus ont atteint un âge déterminé.

La formation de la première strie a lieu entre le début et la fin de mai de chaque année (fig. 3 et tableau I). Les histogrammes des classes de longueur qui représentent les individus sans strie et d'une strie de juillet 1976 et de mai 1977 (fig. 3) montrent que la génération sans strie de l'été 1976 est représentée par des individus qui ont une strie à la fin mai 1977 (voir au tableau I, les fréquences relatives et les longueurs moyennes). Par conséquent, la première strie se serait formée au plus tard à la fin mai 1977. En appliquant la même analyse aux histo-

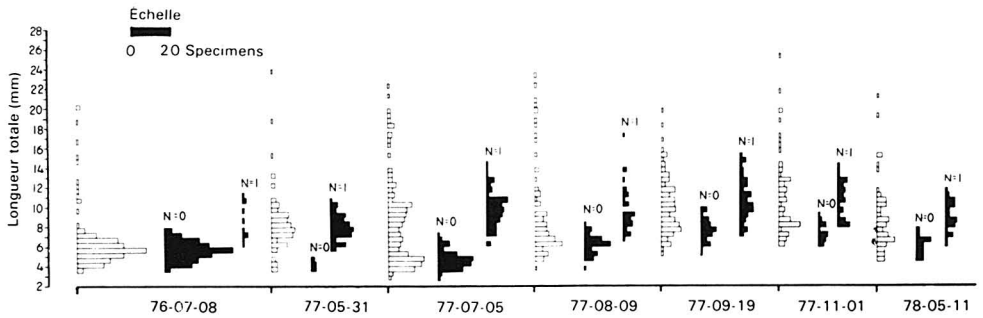


Figure 3. Décomposition d'histogrammes des classes de longueur d'une population (blancs) en groupes (noirs) définis d'après le nombre de stries (N).

grammes des mois de novembre 1977 et mai 1978 (fig. 3), il semble au contraire que la fréquence relative de la classe des individus sans strie augmente, alors que celle des individus à une strie diminue légèrement. Les longueurs totales moyennes diminuent tout comme au printemps 1977 (tableau I). Il semblerait donc que les générations de mai 1978 sont représentées par les mêmes individus que celles de l'automne 1977 et par de nouveaux individus qui viennent de naître (0 strie) ou chez qui il vient de se former une première strie. En conséquence, la formation des stries de *C. decisum* s'effectuerait au printemps lors de la reprise de la croissance annuelle.

Afin de vérifier si les stries sont annuelles, nous avons comparé la position du péristome de la génération des individus sans

strie pendant l'hiver, à celle de la première strie de croissance d'un prélèvement effectué au printemps. De plus, à partir du prélèvement d'octobre 1981 (fin de la croissance), nous avons comparé la distance entre l'apex et la fin de la suture (LS) des individus sans strie à celle des individus plus âgés à la formation de leur première strie (Li).

Les longueurs moyennes LS des générations d'individus sans strie (LS = 2,7 mm) en septembre 1977 et d'une strie (LS = 3,0 mm) en mai 1977 (fig. 3), ne sont pas significativement différentes, selon un test de *t*. Les analyses de variance effectuées sur les différentes générations recueillies en octobre 1981 n'ayant pas mis en évidence de différences significatives dans la position des stries quel que soit l'âge des individus, nous pouvons donc utiliser la longueur moyenne

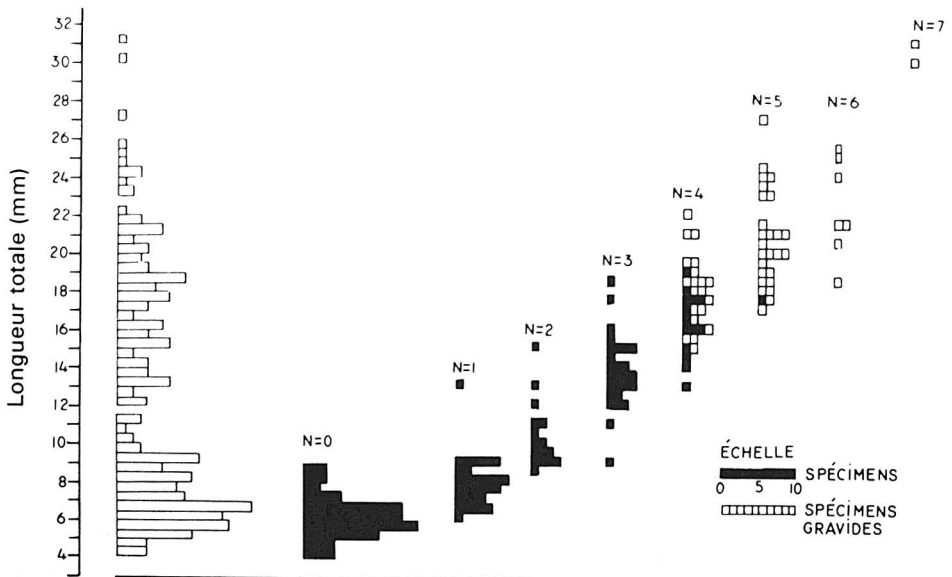


Figure 4. Décomposition de l'histogramme des classes de longueur de l'échantillon d'octobre 1981 (blanc), en groupe (noirs) définis d'après le nombre de stries (N).

\bar{L}_1 de la première strie et la comparer avec la longueur moyenne (\bar{L}_S) de la génération sans strie. Un test de *t* de Student sur ces moyennes ($\bar{L}_1 = 2,43$ mm; $\bar{L}_S = 2,19$ mm) montre qu'en octobre, la position du péristome (\bar{L}_S) des individus sans strie n'est pas significativement différente de celle de la première strie (\bar{L}_1) de l'ensemble des individus. Les stries que l'on retrouve sur *C. decisum* de la rivière Saint-Maurice sont donc annuelles; elles se forment à la fin de l'hiver et elles peuvent être utilisées pour la détermination de l'âge des individus. Ces résultats correspondent en tous points à ceux de *B. tentaculata* décrits par Vincent & Vaillancourt (1981) qui ont souligné l'intérêt de cette méthode de détermination de l'âge.

PARTURITION

La fréquence des échantillonnages, la longueur moyenne et les effectifs des générations sans strie et d'une strie (tableau I) montrent que la période de parturition dure approximativement un mois (juin). Afin de vérifier si elle n'était pas plus longue, nous avons examiné des adultes échantillonnés en juillet, août et septembre 1977. Les embryons étaient tous immatures et trop petits pour être libérés. De plus, leur coquille ne comportait pas de strie de croissance comme celle des embryons récoltés en mai. Ces embryons ne sont donc pas libérés avant le printemps suivant et la période de parturition est donc complètement terminée au début de juillet. Nos observations sont analogues à celles de Lévesque (1974) et

elles se rapprochent de celles de Chamberlain (1958), mais différent de celles de Medcof (1940). En raison sans doute du climat moins rigoureux de la Caroline du Nord, la période de parturition s'y étend du milieu de mars à la fin de juin (3,5 mois), mais avec un maximum de libération qui se produit tard en mars et tôt en avril (Chamberlain, 1958). Par contre, Medcof (1940) signale que cette période s'étend de mars à septembre (7 mois), avec un maximum de libération pendant l'été. Dans la rivière du Nord (Québec), Lévesque (1974) signale que la parturition a lieu de la fin mai à la fin juin, soit une période de 5 à 6 semaines.

CROISSANCE

La longueur moyenne des spécimens de la nouvelle génération (fig. 3 et tableau I) passe de 4,2 mm à 7,1 mm, entre mai et septembre 1977 (croissance absolue = 2,9 mm). Pour la même période, celle des individus plus âgés (1 strie) passe de 8,0 mm à 10,8 mm (croissance absolue = 2,8 mm) (tableau I). Bien que la croissance débute probablement avant le 31 mai chez les individus de la génération à une strie, les taux de croissance de l'une et l'autre sont comparables (0,025 mm/jour, entre mai et septembre). Nous avons calculé les taux de croissance des deux premières générations pour une période de 12 mois à partir des résultats de Chamberlain (1958). Ils sont aussi très voisins (0,016 mm/jour pour la nouvelle génération et 0,015 mm/jour pour les individus d'un an).

La comparaison à l'aide d'un test de *t* de Student des longueurs moyennes des générations sans strie et à une strie des échantillons de septembre et de novembre 1977 (tableau I) nous montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les longueurs moyennes relatives à une même génération. Pour les deux générations il y aurait donc, à l'automne, un arrêt de croissance, qui se prolongerait jusqu'au printemps, en raison probablement de la diminution de la température de l'eau durant l'hiver (1°C de décembre à mars inclusivement). Medcof (1940) a observé un ralentissement de la croissance des individus de 2 ans et plus en hiver; il attribue ce ralentissement à une utilisation de l'énergie pour la production d'embryons.

Les stries de croissance permettent de calculer avec une assez bonne précision et à partir d'un seul prélèvement, la croissance annuelle moyenne des individus d'une popu-

TABLEAU I

Fréquence et longueur totale moyenne des individus sans strie (N = 0) et à une strie (N = 1) dans l'ensemble des stations

Période d'échantillonnage	Fréquence* (%)		Longueur totale (mm)	
	N = 0	N = 1	N = 0	N = 1
76-08-07	88,0	6,5	5,7	6,5
77-05-31	8,9	78,7	4,2	8,0
77-07-05	42,0	42,0	4,7	7,3
77-08-09	51,5	36,1	6,2	9,7
77-09-19	33,9	55,0	7,1	10,8
77-11-01	28,6	52,9	7,0	10,3
78-05-11	40,0	50,0	6,1	9,2

* La fréquence est calculée par rapport à l'effectif total de la population.

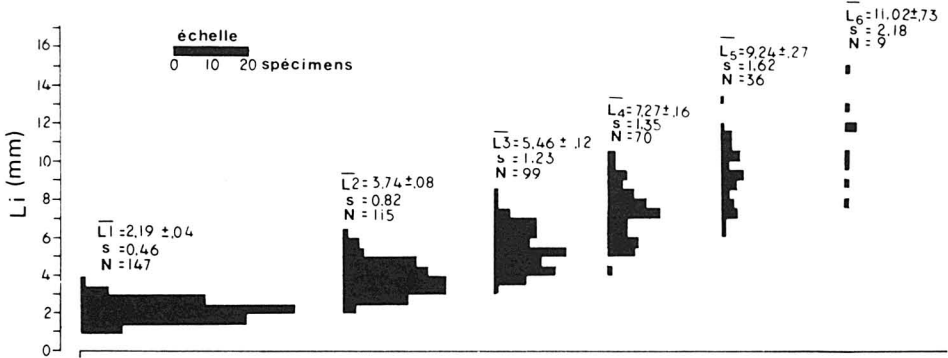


Figure 5. Histogrammes des classes de longueur obtenues à partir de la mesure des distances comprises entre l'apex et la jonction proximale de la suture de chacune des stries de rang i (L_i) effectués sur l'échantillon d'octobre 1981.

lation. En effet, puisque les stries indiquent la position du péristome pendant les différents hivers d'un individu, nous pouvons, à partir des longueurs L_i et de la relation allométrique entre LT et LS , déterminer la longueur totale (LT) qu'avait un individu à la formation de chacune des stries.

À partir des longueurs LT et LS mesurées sur tous les individus échantillonnés en octobre 1981, nous avons établi la relation allométrique suivante :

$$LT = 2,9 LS^{0,86} \quad r = 0,99$$

Les longueurs LS et L_i étant les mesures d'un même paramètre de la coquille, il est possible, en appliquant les valeurs moyennes des longueurs L_i (fig. 5) à cette équation, de connaître la longueur totale moyenne (\overline{LT}) de

TABLEAU II

Longueur totale moyenne (\overline{LT}) et croissance annuelle moyenne obtenues à partir de l'application de la relation allométrique* entre LT et LS sur les longueurs L_i moyennes ($\overline{L_i}$) de chacune des générations lors de la formation des stries de croissance (octobre 1981)

Rang de la strie	$\overline{L_i}$ (mm)	Intervalle de confiance	Effectif	\overline{LT} (mm)	Croissance annuelle moyenne (mm)
1	2,19 ± 0,04		147	5,7	2,2
2	3,74 ± 0,08		115	9,0	3,3
3	5,46 ± 0,12		99	12,5	3,5
4	7,27 ± 0,16		70	16,0	3,5
5	9,24 ± 0,27		36	19,6	3,7
6	11,02 ± 0,73		9	22,8	3,2

* $LT = 2,9 LS^{0,86} \quad r = 0,99$

chacune des générations à la formation des stries (tableau II). À partir des mesures effectuées sur les embryons en mai, nous découvrons que la longueur moyenne à la naissance est égale à 3,4 mm. Il est donc possible de calculer, à partir du moment où les embryons sont libérés, et pour chacune des années, la croissance annuelle moyenne des générations (tableau II). Ainsi, durant leur première année d'existence, les jeunes ne croissent que de 2,2 mm en moyenne. Par la suite, la croissance semble linéaire et, comme nous l'avons déjà signalé, elle est comparable d'une génération à l'autre. L'analyse du tableau III montre que nos valeurs sont inférieures à celles d'autres auteurs. Ces différences sont probablement liées au régime thermique de l'eau, plus froid sous nos latitudes. Si nous examinons les résultats de Lévesque (1974), nous remarquons que, comme pour les individus de la rivière Saint-Maurice, les croissances annuelles sont comparables d'une génération à l'autre à partir de leur troisième année d'existence (tableau III). De plus, il obtient des longueurs totales identiques aux nôtres pour les deux premières années d'existence des populations étudiées (tableau III). Cependant pour les individus âgés de trois à six ans, les longueurs moyennes et les croissances annuelles observées chez les populations de la rivière du Nord sont très inférieures à celles que nous avons calculées dans la rivière Saint-Maurice (tableau III). Le régime thermique étant sensiblement le même dans les deux régions, d'autres facteurs physiques ou chimiques seraient en cause. Après examen de caractéristiques physico-chimiques des deux milieux, il ressort qu'il y a une forte différence au niveau de la minéralisation de l'eau (dureté totale = 20

à 57 mg/l dans la rivière du Nord et 8,2 à 11,5 mg/l dans la rivière Saint-Maurice). Comme l'ont déjà noté différents auteurs (Vincent & Gaucher, 1983; Green, 1972 et Stanczykowska *et al.*, 1971) la taille moyenne et la croissance des mollusques sont souvent plus élevées dans les milieux pauvres en calcium.

LONGÉVITÉ

La période de parturition étant courte et située en juin, il est possible, à partir de la date de capture et du nombre de stries de croissance, de calculer la durée de vie de *C. decisum* dans la rivière Saint-Maurice. Selon l'échantillon d'octobre fractionné en groupes définis d'après le nombre de stries (fig. 4), les plus vieux individus sont âgés de 89 mois, car ils possèdent 7 stries de croissance en octobre. Cette durée de vie doit être considérée comme maximale et exceptionnelle, ce groupe n'étant représenté que par deux individus. En dehors de ces deux cas, les plus vieux individus sont âgés de

77 mois (6 stries) et ils représentent 3,1% des effectifs. Les individus âgés de 65 mois (5 stries) représentent 12,3% de la population totale. La longévité de *C. decisum* varierait donc de 60 à 77 mois. Ces résultats sont similaires à ceux de Lévesque (1970) qui a observé des longévités de 6 ans avec un maximum de 7 ans. Par contre, il est quelque peu différent de celui de Medcof (1940), qui a observé une durée de vie maximale de 5 ans (65 mois). La longévité des individus qui vivent en régime thermique froid serait donc supérieure à celle des individus qui vivent sous des climats plus chauds.

FÉCONDITÉ

Le décompte des embryons avec coquille chez les individus gravides et la détermination du nombre de stries nous ont permis d'étudier certains aspects de la fécondité en fonction de l'âge. En octobre, dans la rivière Saint-Maurice il n'y a pas d'embryons chez les individus sans strie ou à une, deux et trois stries (fig. 4); le plus petit individu portant des embryons avec une coquille possédait quatre stries et mesurait 15 mm de longueur. Les individus de quatre, cinq et six stries portaient respectivement en moyenne 3,4, 7,9 et 11,7 embryons. Dans les populations de *C. decisum* de la rivière Saint-Maurice, c'est donc à partir de l'âge de 4 ans que les individus participent à la reproduction. La quantité d'embryons qu'ils produisent augmente avec la taille et donc avec l'âge des individus. Les observations de Lévesque (1974) vont essentiellement dans le même sens, les groupes d'âge III et IV étant les principaux responsables du maintien de la population. Toutefois, les plus petits individus gravides de son étude (Lévesque, 1974) n'étaient âgés que de 13 mois. Mais comme il attribue une période de gestation possible de 2 ans, la coquille de ces embryons n'était probablement pas formée au moment où il a fait ses observations. Parce que nous ne considérons que les embryons avec une coquille, nous n'avons pas observé d'embryons chez d'aussi jeunes individus. Dans les travaux de Chamberlain (1958) et Medcof (1940), les plus petits spécimens gravides mesurent respectivement 15,0 et 17,5 mm alors qu'ils sont âgés de 2 ans. Bien que ces auteurs ne mentionnent pas s'il s'agit d'embryons avec une coquille, les longueurs totales des plus petits individus gravides correspondent cependant à celles que nous avons trouvées dans la rivière Saint-Maurice. La

TABLEAU III

Longueur totale moyenne et croissance annuelle moyenne en fonction de l'âge, selon différents auteurs

Auteur et localité	Âge	LT (mm)	Croissance annuelle (mm)
Medcof (1940), Ontario	1 an	12,0	—
	2 "	17,0	5,0
	3 "	23,0	6,0
Chamberlain (1958), Caroline du Nord	1 an	8,8	—
	2 "	15,4	5,3
McKillop & Harrison (1972), Ontario	1 an	11,0	—
	2 "	17,0	6,0
	3 "	30,4	13,4
Imlay <i>et al.</i> (1981), Wisconsin	17 mois	18,3	—
	37 "	23,7	—
	46 "	25,1	—
Lévesque (1974), Québec	1 an	6,0	—
	2 "	9,0	3,0
	3 "	10,8	1,8
	4 "	12,2	1,4
	5 "	13,8	1,6
	6 "	15,0	1,2
Cette étude	1 an	5,7	—
	2 "	9,0	3,3
	3 "	12,5	3,5
	4 "	16,0	3,5
	5 "	19,6	3,7
	6 "	22,8	3,2

principale différence se situe donc au niveau de l'âge des plus jeunes individus gravides, qui est de 2 ans inférieure à celui que nous avons observé. Donc, la maturité sexuelle de *C. decisum* serait davantage associée à la longueur de la coquille qu'à l'âge.

Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce à l'assistance financière de l'Hydro-Québec, de l'Énergie Atomique du Canada Limitée, du ministère de l'Éducation du Québec et de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Références

- BOAG, D.A. & P.S.M. PEARLSTONE, 1979. On the life cycle of *Lymnaea stagnalis* (Pulmonata: Gastropoda) in southwestern Alberta. — *Can. J. Zool.*, 57: 353-362.
- CHAMBERLAIN, N.A., 1958. Life history studies of *Campeloma decisum*. — *Nautilus*, 72: 22-29.
- CLARKE, A.H., 1973. The freshwater molluscs of the Canadian interior basin. — *Malacologia*, 13: 1-509.
- CLARKE, A.H., 1981. Les mollusques d'eau douce du Canada. — Musée national des sciences naturelles, Ottawa, 447 p.
- CLENCH, W.J. & S.L.H. FULLER, 1965. The genus *Viviparus* (Viviparidae) in North America. — *Occasional Papers on Molluscs*, 2: 388-413.
- GREEN, R.H., 1972. Distribution and morphological variation of *Lampsilis radiata* (Pelecypoda, Unionidae) in some Central Canadian lakes: A multivariate statistical approach. — *J. Fish. Res. Bd Canada*, 29: 1565-1570.
- IMLAY, M.J., J.W. ARTHUR, B.J. HALLIGNA & J.H. STEINMETZ, 1981. Life cycle of the freshwater snail *Campeloma decisum* (Viviparidae) in the laboratory. — *Nautilus*, 95: 84-88.
- LÉVESQUE, G.-Y., 1974. Étude biologique des *Campeloma decisum* (Say) (Gastropoda, Viviparidae) de la rivière du Nord, Québec. — Thèse de maîtrise, Université de Montréal, 99 p.
- McKILLOP, W.B. & A.D. HARRISON, 1972. Distribution of aquatic gastropods across an interface between the Canadian shield and limestone formations. — *Can. J. Zool.*, 50: 1433-1445.
- MEDCOF, J.C., 1940. On the life cycle and other aspects of the snail, *Campeloma*, in the Speed River. — *Can. J. Res.*, 18: 165-172.
- NADEAU, M., 1981. Étude écologique de la faune benthique littorale du cours inférieur de la rivière Saint-Maurice. — Thèse de doctorat 3^e cycle, Université scientifique et médicale de Grenoble, Grenoble (France), 134 p.
- STANCZYKOWSKA, A., E. MAGNIN & A. DUMOUCHEL, 1971. Étude de trois populations de *Viviparus malleatus* (reeve) (Gastropoda, Prosobranchia) de la région de Montréal. I. Croissance, fécondité, biomasse et production annuelle. — *Can. J. Zool.* 49: 1431-1441.
- VAN DER SPOEL, S., 1958. Growth and age in two species of *Viviparus*. — *Basteria*, 22: 77-90.
- VINCENT, B. & M. GAUCHER (sous presse). Variations de la fécondité et de la structure des populations chez *Bithynia tentaculata* L. (Gastropoda: Prosobranchia). — *Can. J. Zool.*
- VINCENT, B. & G. VAILLANCOURT, 1981. Méthode de détermination de l'âge, longévité et croissance annuelle de *Bithynia tentaculata* L. (Gastropoda: Prosobranchia) dans le Saint-Laurent (Québec). — *Can. J. Zool.*, 59: 982-985.

ENVIRONMENTAL EFFECTS ON EMBRYOS AND LARVAE OF THE ISLE VERTE STOCK OF ATLANTIC HERRING (*CLUPEA HARENGUS HARENGUS*)

I.H. MCQUINN, G.J. FITZGERALD¹

Département de biologie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

and

H. POWLES

Pêches et Océans Canada, Case postale 15500, Québec G1K 7X7

Résumé

Des œufs de hareng atlantique (*Clupea harengus harengus*) de la population de l'Isle Verte (Québec) ont été incubés en laboratoire selon six combinaisons de température-salinité et dans des marécages salants à fortes variations des conditions physico-chimiques. Des données recueillies sur les taux de développement et de croissance embryonnaire et larvaire, sur la survie embryonnaire et sur l'éclosion ont été comparées à celles des populations du Pacifique (*Clupea harengus pallasii*), de l'Atlantique (*Clupea harengus*), et de la Baltique (*Clupea harengus membras*) afin de mesurer l'ampleur des divergences entre les populations. Le développement embryonnaire et larvaire du hareng de l'Isle Verte suit de très près celui des autres populations des eaux froides de l'Atlantique Nord. L'expérience *in situ* montre que la variation individuelle des paramètres physico-chimiques du marais a un effet négligeable sur la survie des œufs. Cependant, la teneur réduite en oxygène dissous, combinée à l'accumulation de sédiments, produit des mortalités massives.

Abstract

Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) eggs from the Isle Verte (Québec) stock were incubated in the laboratory at six combinations of temperature-salinity levels and in tidal pools subjected to a wide variation in physico-chemical conditions. Data were obtained on rates of embryonic and larval development and growth, percent embryonic survival and percent total hatch and compared to data from Pacific (*Clupea harengus pallasii*), Atlantic (*Clupea harengus*) and Baltic (*Clupea harengus membras*) herring populations to examine the extent of divergence between these groups. Early development patterns of Isle Verte herring corresponded closest to those of other cold water populations in the North Atlantic. The field experiment showed a negligible effect of individually fluctuating physico-chemical parameters on percent egg survival in tidal pools. However, low oxygen concentrations combined with silt accumulation resulted in massive mortalities.

Introduction

Atlantic herring, *Clupea harengus harengus* of the St. Lawrence estuary are distinct from other Gulf of St. Lawrence populations when characterized by meristic counts, otolith form and growth patterns (Côté *et al.*, 1980). These findings are consistent with studies conducted on herring populations in the northeast Atlantic in which morphological, meristic and physiological characteristics were used to distinguish several populations or 'races' (Blaxter, 1958). These distinctions have enabled identification of the Isle Verte spawning stock in the

St. Lawrence estuary and allowed larval biomass estimations to be calculated on this population exclusively.

Attempts to estimate the spawning biomass of the Isle Verte herring stock by intensive surveys of yolk sac larvae were critically dependent on values of temperature- and salinity-dependent egg and larval development and mortality rates (Auger & Powles, 1980). Such rates were found to differ between the northeast Atlantic (*Clupea harengus*) and the Pacific (*Clupea harengus pallasii*) subspecies (Alderdice & Velsen 1971) as well as between spring and autumn spawning stocks in the same regions of the northeast Atlantic (Blaxter, 1956).

¹ Author to whom reprint requests should be sent.

The main objective of the present study was to examine embryonic and larval development, growth rates and embryonic survival rates of Isle Verte herring under controlled conditions of temperature and salinity particular to the region. Such data, currently unavailable, are essential for spawning biomass estimations when used with larval surveys. In addition, comparisons of results with those of Pacific, Baltic (*Clupea harengus membras*) and other Atlantic herring populations would then provide additional insight into the degree of similarity or difference between those populations and that of the St. Lawrence estuary. If no divergence of early development is evident, the extrapolation of existing data from these other populations to the NW Atlantic stocks would greatly increase the information available for biomass estimates.

A second objective was to observe the effects of simultaneously fluctuating water temperature, salinity and oxygen levels upon embryonic survival of herring eggs. Although several studies of the individual effects of rapid changes of temperature, salinity and oxygen levels on herring embryonic survival exist (e.g. McMynn & Hoar, 1953; Blaxter, 1960), we know of no studies of their combined effects on herring eggs. The tidal salt marsh pools at Isle Verte presented a unique opportunity to carry out such a study.

Materials and methods

LABORATORY EXPERIMENT

Adult herring were captured on June 2, 1981 in a weir on Ile Verte. A single female, measuring 32.0 cm was chosen to reduce inter-sample egg size variability (Hempel & Blaxter, 1967). Eggs were stripped at the site to form a single layer on each of 24 glass Petri dishes, to which they readily adhered. They were fertilized in sea water

(temp. of 5°C, salinity of 20‰) by the "wet" method (Kinne, 1977), which required three males to provide sufficient sperm. Aeration began immediately using air stones attached to a modified scuba tank regulator. Samples then were transferred to Laval University in a plastic basin (60 × 40 × 50 cm) while temperatures were maintained between 5 and 6°C with ice. The eggs were transferred to the experimental conditions five hours after fertilization. The apparatus (Fig. 1) consisted of a 235 × 55 × 30 cm insulated holding basin into which six aquaria (50 × 25 × 30 cm) were placed. Each aquarium contained four Plexiglas cages (23 × 23 × 10 cm) with fixed mesh bottoms (Nitex bolting cloth, 505 μm) and removable covers. The covers, mesh with Plexiglas frames, were attached to each cage with a Velcro strip at each corner and were sealed with a foam insulation strip.

Water in the holding basin was cooled to the minimum test temperature required for the experiment. To control temperatures in the other treatments, submersible 100 watt heaters were placed on the aquarium bottoms under a raised, perforated, 2-cm high platform. A perforated air hose contouring the platform ensured adequate water mixing and maintained uniform temperature and oxygen levels throughout each aquarium. Salinities were prepared separately for each condition in the experimental array by adding Instant Ocean Salt Mixture to deionized water to obtain the appropriate salt concentrations. Each aquarium had an independent filtering system (Hagen, Fluval 101) to remove metabolic wastes and to maximize the internal water circulation. Water was drawn from under the platform through the filter and returned through the aquarium cover. The filters contained glass wool, activated charcoal and calcium pebbles; all of which were changed monthly. The aquarium cover prevented atmospheric

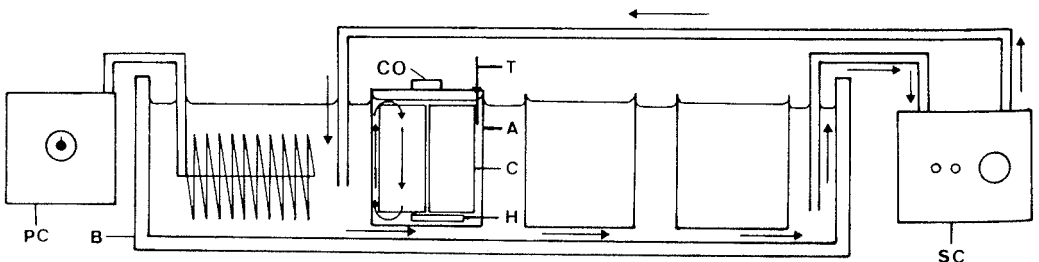


Figure 1. Closed circulation system for rearing eggs and larvae. A — 38 l aquarium, B — holding basin, C — cage, CO — cover showing distribution chamber, H — heater, PC — primary cooling unit, SC — secondary cooling unit, T — thermometer. Arrows indicate direction of water flow.

TABLE I

Designed and actual temperature-salinity combinations, observed and expected yolk sac volumes at hatch, observed and expected length at 50 percent hatch, yolk sac absorption and maximum length, and development rate to hatch

Design		Experiment		Vol. of yolk sac at hatch (mm ³)		Length at hatch (mm) yolk (mm) max. (mm)						Dev. rate to hatch
Temp. (°C)	Sal. (‰)	Temp. (°C)	Sal. (‰)	Obs.	Exp.	Obs.	Exp.	Obs.	Exp.	Obs.	Exp.	$\left[\frac{1}{\text{days}} \times 100 \right]$
4.0	20.0	4.14 ± 0.27	19.5	1.16	1.30	9.23	8.90	10.00	10.10	10.12	10.06	3.70
4.0	25.0	3.94 ± 0.26	24.5	1.45	1.23	8.53	8.83	9.38	9.77	10.10	9.68	3.45
6.0	20.0	6.19 ± 0.31	19.5	0.87	1.19	9.62	8.73	10.85	10.91	11.09	10.91	5.00
6.0	25.0	6.22 ± 0.20	24.5	1.31	1.21	8.95	8.57	10.96	10.95	11.04	10.94	5.00
8.0	20.0	7.87 ± 0.44	19.5	—	1.31	7.43	8.20	10.55	10.88	11.65	11.28	6.25
8.0	25.0	7.97 ± 0.18	24.5	1.10	1.38	7.68	7.75	10.31	10.33	11.40	10.99	6.67

contamination and evaporation. A chamber in the middle of the cover helped distribute the water to the four internal cages.

Six combinations of temperature and salinity were employed in a 2 × 3 factorial design. The chosen values (Table I) were representative of the conditions at Isle Verte during spawning (4.0-6.0°C; 20.0-24.8‰; M. Henri, pers. comm.). Egg dishes were suspended in each cage from a plastic cross-bar. There were four replicate dishes for each experimental treatment and sample sizes of eggs per dish ranged from 679 to 1534, providing densities of 5.5 to 10.6 eggs/egg/cm². Egg densities were calculated using Lloyd's mean crowding index (Lloyd, 1967) to give a measure of egg 'compactness' i.e. a measure of the crowding exerted on a given egg by the eggs surrounding it. A fungus began growing on the eggs of each treatment beginning on the first day of hatching. Attempts to control the fungus with malachite green failed to eliminate it. The cover of fungus was estimated by eye for each sample and quantitatively classified on a scale from 0 to 7 (no fungus = 0, complete cover = 7). Analysis of covariance was used to correct for the factor effects (fungus) to give an unbiased measure of the independent variable effects on percent total hatch.

Observations of developmental stages and monitoring of salinity and temperature were conducted three times daily during the first four days, after which they were reduced to twice daily. They were further reduced after ten days to once daily. Photographs were obtained of the eggs in each dish on the first day and weekly thereafter

until the beginning of hatching. The number of viable eggs in each dish was calculated by superimposing a grid over the slides and counting the number per quadrat.

After hatch, daily samples of 15 larvae were taken from one of the four replicates per treatment, sampling being rotated through the cages on a four day cycle. Five larvae were preserved in 4% formalin for developmental stage determinations and 10 larvae in 95% alcohol for length measurements. Total length was measured from photographs using an electronic planimeter. Yolk sac volumes were calculated from the formula for an ellipsoid ($V = 3/4 \pi lh^2$) using measurements of the sac length (l) and height (h) as yolk sac thickness was approximately equal to the height. Development rates were determined by measuring the time required to develop to three critical stages for each treatment i.e. 50% hatch, functional jaw development and total yolk sac absorption, calculating the rate using the formula of Alderdice & Velsen (1971).

$$R = \frac{1}{\text{days}} \times 100$$

Rates of development then were obtained by linear regression. Growth curves to maximum length were described by the von Bertalanffy growth function to determine expected lengths at a given age (Ricker, 1975). Analysis of covariance was used to determine the significance of temperature, salinity, and density effects on embryonic survival and percent total hatch.

FIELD EXPERIMENT

Three wood and mesh cages (each approximately 0.5 m³) were placed in each of

three 30 m² salt marsh pools on May 29, 1981. Each cage contained three wooden frames designed to hold 20 (75 × 25 mm) microscope slides. Eggs were stripped onto the slides, fertilized by the "wet" method, placed into frames fitted inside the cages and submerged to a depth of approximately 30 cm. A single slide was removed daily from each cage, preserved five minutes in a 5 ml glacial acetic acid and 100 ml of 7% NaCl solution and then stored in a solution of 10% formaldehyde and 5% acetic acid (Bagenal & Braum, 1978), from which mortality rates and development stages were determined. Continuous recordings of water temperature were obtained for each cage. Salinity readings were taken during the daily sampling.

STATISTICAL ANALYSES

All statistical analyses followed conventional procedures (eg. Sokal & Rohlf, 1969; Kim & Kohout, 1975) using non-transformed data. Differences were considered significant where the results of analyses gave $P < 0.05$.

Results and discussion

DEVELOPMENT

An ANOVA showed a statistically significant effect of temperature but not salinity on development rate to 50 percent hatch of Isle Verte herring for the range of test conditions considered. A comparison of the temperature-development rate regression line with five other herring populations showed a general increase of the slope and a general decrease of the y-intercept with

an increase in natural spawning site temperature (Table II). A slope increase and y-intercept decrease reflects faster development at higher temperatures and/or slower development at lower temperatures in those populations which spawn naturally at higher temperatures. Only the slope of the regression line of the Baltic herring differed from the other populations examined by ANCOVA.

The Isle Verte stock exhibited the lowest slope and the highest intercept, corresponding to the lowest spawning temperatures (Table II). However, this temperature-development rate relationship differed statistically only from the Baltic herring regression.

Embryonic and larval development did not differ between the two salinities tested. This observation agrees with the results of Holliday & Blaxter (1960) and Alderdice & Velsen (1971) and shows that Isle Verte herring embryos would not be adversely affected by the range of salinities encountered at Isle Verte.

Development of the functional jaw stage, when the larvae are able to move their jaw (Lasker, 1964), occurred approximately one day before yolk sac absorption at all experimental temperatures (Fig. 2). Blaxter (1956) also noted that the appearance of the functional jaw coincided with total yolk sac absorption in herring larvae from the east coast of Scotland. Thus temperature does not affect development pattern since the events occur in the same sequence at difference temperatures despite temperature-related variation in development rates.

TABLE II

Comparison of temperature-development rate linear regression lines for six herring populations which spawn at different mean temperatures

Stock	Mean spawning temperature (°C)	Regression	R ²	Reference
Isle Verte	5.0	$Y = 0.517 + 0.748X$	0.987	This paper
Firth of Clyde	7.0	$Y = -0.591 + 0.885X$	0.982	Blaxter, 1956
British Columbia	7.5	$Y = -0.970 + 0.864X$	0.979	Holliday & Blaxter, 1960
Kiel and Elbe	10.0	$Y = -1.395 + 0.961X$	0.993	Alderdice & Velsen, 1971
Buchan	10.5	$Y = -1.306 + 0.982X$	0.932	Blaxter & Hempel, 1961
Baltic	12.4	$Y = -1.494 + 1.226X$	0.977	Blaxter & Hempel, 1963 Oyaveer, 1981

(Y = development rate, X = temperature)

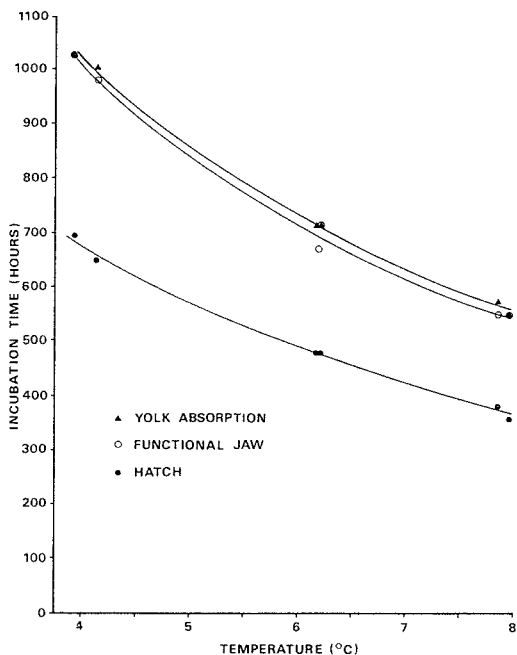


Figure 2. Effects of temperature (pooled salinities) on incubation time to 50 percent hatch, development of the functional jaw and 50 percent yolk sac absorption.

Although herring larvae begin feeding before total yolk sac depletion, gut content does not increase significantly until after yolk sac reserves are absorbed (Bjorke, 1978). Rosenthal & Hempel (1970) also noted that yolk sac larvae were unsuccessful in catching prey organisms, because of the larvae's inexperience and limited mobility associated with the presence of the yolk sac. In addition, the lower jaw mobility, which does not occur before yolk absorption, is necessary for successful snapping action during prey capture. Although larvae develop the lower jaw faster at higher temperature, active feeding begins at the same stage, relative to yolk sac absorption, at all temperatures. Hence the possible advantage to larvae developing faster at higher temperatures is diminished because they must begin feeding sooner.

SURVIVAL OF EGGS

Embryonic survival from fertilization to the onset of hatch ranged from 78.8 to 97.8 per cent (Table III). There were no significant correlations between egg density, temperature and salinity. Variation due to density and the fungus was "separated"

from variation caused by temperature and salinity by an analysis of covariance, permitting evaluation of all the variables separately on egg and larval development parameters. The ANCOVA revealed an adverse density effect on survival to hatch, which was also noted by McMynn & Hoar (1953) for Pacific herring. At 8°C and 25‰, survival was lower than at the other temperature-salinity combinations.

TOTAL HATCH

The ANCOVA revealed a significant temperature effect on percent total hatch. A multiple classification analysis (Kim & Kohout, 1975) showed that percent hatch was higher at 4°C, with lower hatches occurring at 8°C and 6°C respectively. It was unclear why percent hatch was lower at 6°C than at 8°C, but the data showed that highest hatch was as 4°C.

The results were compared to herring populations from the British Columbia coast and from the northeast Atlantic (Table IV). Stocks from the northeast Atlantic (Baltic Sea, North Sea, and Scottish west coast) were classified into warm water (≥ 10°C) and cold water spawners (< 10°C) regardless of spawning season. This separation was necessary as some 'spring' stocks spawn in warmer water than some 'autumn' spawners, which is not usually the case (Blaxter, 1958).

Response surface techniques (Box, 1954) were used where possible to describe the temperature-salinity effect on percent total hatch. A similar approach was employed by Alderdice & Velsen (1971) to describe these effects on British Columbia herring eggs. Their study showed the calculated optimum conditions for maximum percent total hatch to be at 6.5°C and 12.0‰ and for maximum percent viable hatch at 8.3°C and 17.0‰ over a temperature range of 4.0-14.0°C and a salinity range of 5.0-45.0‰.

Data for warm water spawners were pooled from various sources to calculate optimum conditions for percent total hatch (Table IV). The response surface (Fig. 3) was described by the linear model

$$Y = -49.3507 + 5.0603x_1 + 19.8054x_2 - 0.0907x_1^2 - 0.7811x_2^2 - 0.2182x_1x_2$$

where Y = total hatch, x₁ = salinity and x₂ = temperature.

ANOVA (Goodnight, 1979) showed the model to explain a significant portion of

TABLE III

Number of viable eggs incubated, egg density, fungal index, percent embryonic survival to hatch and percent total hatch for each replicate

Test conditions		Rep.	No. of eggs	Density (eggs/egg/cm ²)	Fungal index	Egg survival (%)	Total hatch (%)
Temp. (°C)	Sal. (‰)						
4.0	20.0	1	1194	10.05	6	93.0	20.6
		2	842	10.46	2	91.9	39.2
		3	1043	9.32	1	93.7	52.1
		4	946	8.96	7	88.3	27.5
4.0	25.0	1	1497	9.96	3	97.3	27.5
		2	910	7.27	5	93.0	36.0
		3	1481	9.72	7	96.4	30.2
		4	1381	9.92	7	—	34.8
6.0	20.0	1	757	8.10	2	92.7	23.1
		2	1109	8.98	4	92.4	26.2
		3	985	8.50	4	90.4	11.8
		4	1337	10.62	5	—	30.1
6.0	25.0	1	765	6.95	3	89.8	30.7
		2	1008	6.97	3	94.7	25.9
		3	874	7.14	4	94.4	16.1
		4	805	5.94	5	78.8	29.6
8.0	20.0	1	1426	7.95	7	97.8	37.3
		2	679	5.63	6	87.9	33.4
		3	890	5.48	6	92.4	45.4
		4	1515	8.32	6	97.0	38.0
8.0	25.0	1	1106	7.07	6	82.4	32.6
		2	1265	7.32	6	83.6	27.1
		3	1534	8.12	6	80.4	16.9
		4	852	8.14	6	88.7	26.8

the variance ($P < 0.02$) and that the linear term for salinity was not significant. This was presumably due to herring embryos' wide tolerance to salinity. The center of the surface was calculated to be 10.5°C and 15.2‰ at $Y_s = 93.6\%$ total hatch.

Insufficient data were available to produce a response surface model for cold water spawners, however, Firth of Clyde spring spawning herring (Blaxter, 1962) exhibit a higher percent hatch at lower temperatures (5-7°C).

All of the groups examined have calculated optimum temperatures for maximum total hatch at or near their respective natural spawning temperatures (Table IV). Calculated optimum salinity conditions are less consistent with conditions on the spawning sites, however, the models and numerous studies on salinity effects on the early life

history of herring (Holliday & Blaxter, 1960; McMyynn & Hoar, 1953) have shown a wider tolerance to salinity than those levels encountered on the respective spawning grounds.

Percent total hatch depends upon density if eggs are laid in layers (Taylor, 1970). If there is only one layer, survival to hatch is adversely affected by high density, but not percent hatch. It appears that the subtle density effect within a single layer is significant during egg development, but is masked at hatch by the greater temperature effect on mortality as larvae emerge.

GROWTH

There was a statistically significant effect of temperature on expected total length at 50% hatch (Table I, Fig. 4), as calculated by the von Bertalanffy equation.

TABLE IV
 Comparison of calculated optimum conditions for percent total hatch between
 Isle Verte, Pacific and Northeast Atlantic herring

Stock	Calculated optimum conditions for % total hatch		Spawning period	Spawning conditions			Reference
	Temp.	Sal.		Temperature range	mean	Salinity range	
Isle Verte	~4	— ¹	May	4.0- 6.0	5.0	20.0-24.8	M. Henri, pers. comm.
Pacific British Columbia	6.5	12.0 ²	Feb.-Apr.	5.0-10.0	7.5	8.2-27.7	McMynn & Hoar, 1953
Northeast Atlantic Cold water Spawners	~5-7	20.35 ³					
Firth of clyde Warm water Spawners			Feb.-Mar.	5.0- 9.0	7.0	33.0-33.9	Craig, 1958
Buchan	10.5	15.2 ¹	Aug.-Sept.	10.0-11.0	10.5	34.5-34.9	Blaxter & Hempel, 1963
Kiel			Mar.-June	8.0-12.0	10.0	8.0-24.0	Blaxter & Hempel, 1963
Elbe			Mar.-May	7.0-13.0	10.0	9.0-11.0	Svetovdov, 1952
Baltic			May-June	9.0-16.0	12.5	~3	Oyaveer, 1981
Baltic			Aug.-Oct.	8.0-16.5	12.3	~7	Oyaveer, 1981

¹ This paper.

² Alderdice & Velsen, 1971.

³ Blaxter, 1962 and Holliday & Blaxter, 1960.

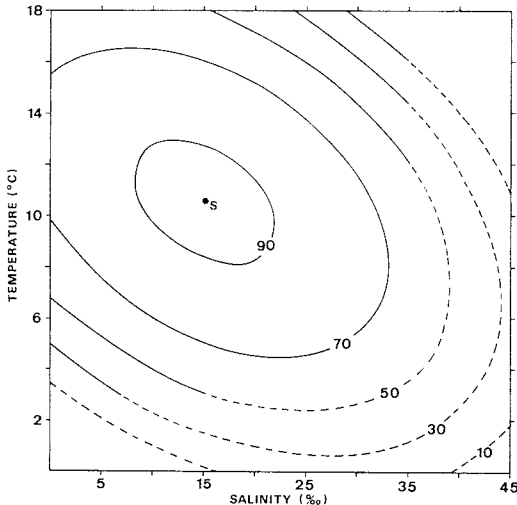


Figure 3. Calculated isopleths of percent total hatch by incubation temperature and salinity for warm water spawners of the Northeast Atlantic. Calculated maximum percent total hatch lies at S.

Lengths were significantly smaller at 8°C than at 6 or 4°C (Student-Newman-Keuls multiple comparisons test). However at yolk sac absorption, the larvae reared at all three temperatures showed no significant differences in length. The expected maximum total length calculated from the von Bertalanffy equation (Table I) showed increased growth at higher temperature. The greater growth to maximum size with temperature was caused by an increase in yolk conversion efficiency at higher temperatures. Blaxter & Hempel (1966) found, with similar sized eggs, that increased metabolic rate at higher temperatures is more than counterbalanced by the shorter time required to reach a given developmental stage. This results in an increased anabolic rate relative to the catabolic rate at higher temperatures, producing more actual growth per unit volume of yolk. A comparison of Isle Verte larval sizes with published data is difficult because of the relationship between egg size and larval size (Blaxter & Hempel, 1963). However, Blaxter (1956) also found in spring spawning herring in the Firth of Clyde that larvae at 50% hatch were longer at the lowest test temperature (5.5°C).

Alderdice & Velsen (1971) found that British Columbia herring also produced longer larvae at lower temperature (3-6°C) but since the maximum viable hatch was at

8.3°C, the calculated optimum conditions for near-maximum survival of near-maximum sized larvae (maximum biomass of larvae) occurred between 6.5-9.5°C. These herring seem to have adapted to slightly higher temperatures although their spawning temperature range is not significantly different from that of cold water spawners in the Firth of Clyde. This is possibly explained by the difference in spawning strategies between the two subspecies. Pacific herring spawn on the beaches in the littoral zone and are subjected to locally higher temperatures as they are often exposed to the air at low tide (Jones, 1972). The actual incubation temperature of these eggs is therefore higher than a measure of surface water temperature would imply.

In addition to differing lengths at hatch (Table I), growth patterns during the early stages vary with temperature (Fig. 4). At all temperatures, larval length increases to a maximum at or immediately after yolk sac absorption, and then declines following yolk sac absorption. Rates of both increase and decrease in length are temperature-dependent. At 4°C, length at age was consistently lower at 25‰ than at 20‰ but this difference was not statistically significant and could be explained by the slightly lower incubation temperature occurring in the 25‰ treatment (Table I).

In all herring populations, the ecological advantage of being larger at hatch at lower temperatures is lost, as unfed larvae grow to an equal or even greater maximum length at higher temperatures. Assuming large size to be advantageous, i.e. larger larvae are able to swim faster, potentially find more prey and to eat larger organisms thereby increasing the range in size of available prey, high temperatures appear to be favourable to growth and survival. This advantage, however, is offset because after yolk sac absorption, higher catabolic rates at higher temperatures cause faster larval deterioration, expressed by the length decrease seen in unfed larvae. Therefore, larger larvae may have an increased chance to feed due to greater size, but also must cope with a reduced time in which to find prey before starvation.

There was no significant effect of salinity on expected total length at 50% hatch, on length at yolk sac absorption or maximum length although total length was consistently greater at lower salinities (Table I). This

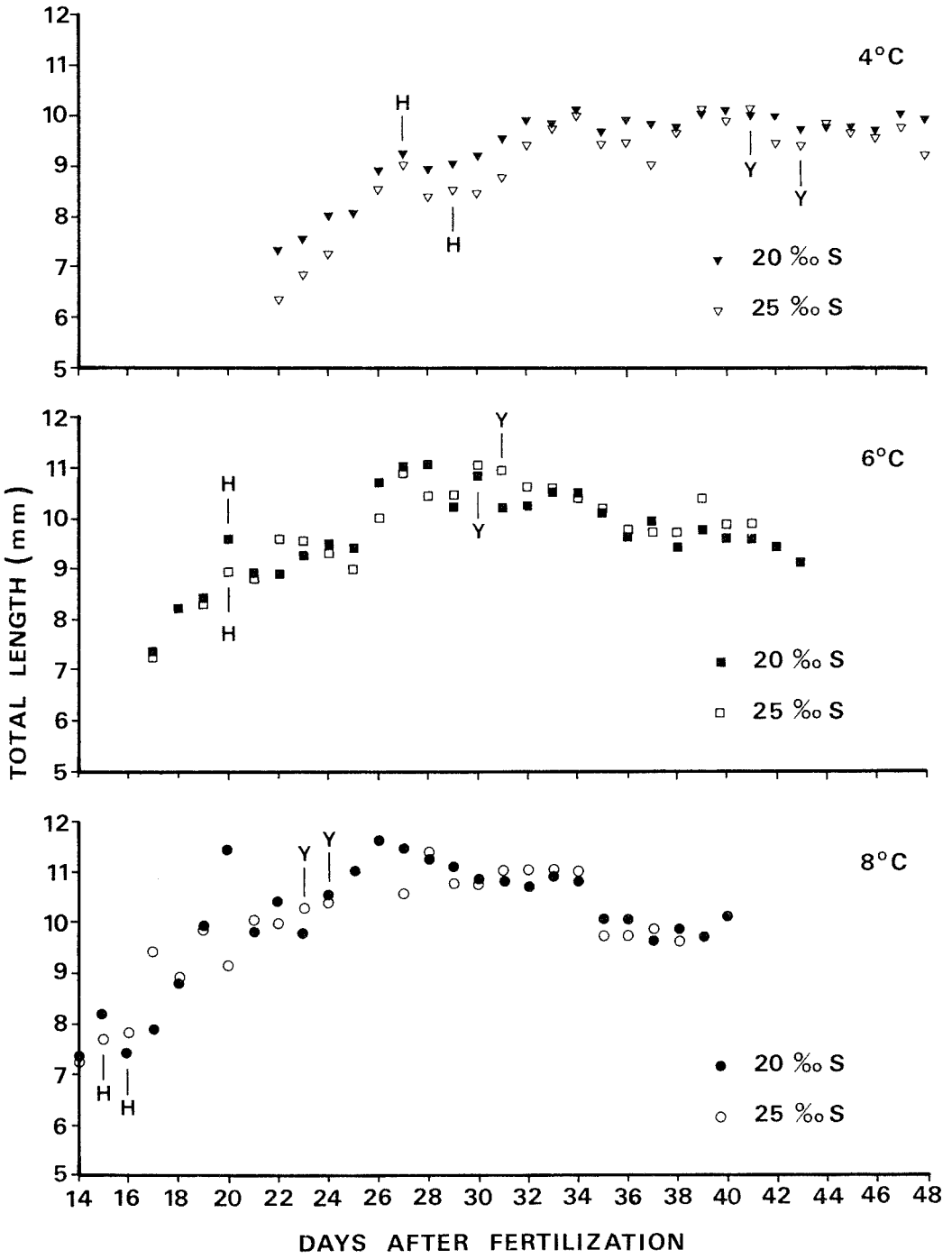


Figure 4. Total length of larvae for each treatment over the incubation period. (H — day of 50 percent hatch, Y — day of 50 percent yolk sac absorption).

slight increase in length at lower salinities is likely due to an increase in osmotic water uptake, as shown by Holliday & Blaxter (1960). There were no significant effects of temperature or salinity on yolk sac volume at 50% hatch. Furthermore, yolk sac absorption rates were compared between Isle Verte and Clyde larvae (Fig. 5) and were found to be identical for the range of temperatures studied.

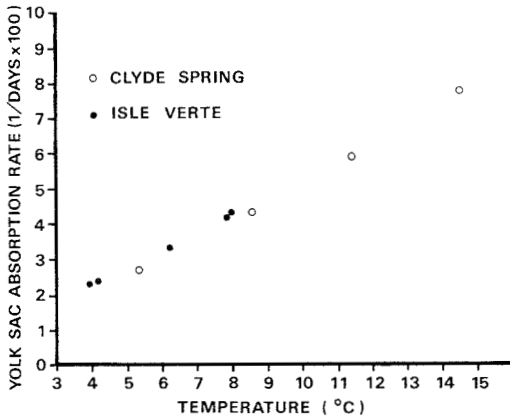


Figure 5. Effects of temperature (pooled salinities) on yolk sac absorption rate for Isle Verte herring larvae compared to spring spawned larvae from the Firth of Clyde (Blaxter, 1956).

FIELD EXPERIMENT

There was little egg mortality during the first four days (Fig. 6, top). During this time, pools were unflooded and salinities were relatively stable ranging from 8 to 11‰ (Fig. 6, bottom). However, temperature and oxygen fluctuated greatly. Temperatures ranged from 8.5 to 23.0°C during the four days (Table V), the greatest single change during any one day being 15.5°C. Dissolved oxygen was influenced by algal photosynthesis and therefore varied according to the amount of sunlight. Seasonal oxygen levels for these large pools ranged from 2 ppm at night to 10 ppm during the day (Ward & FitzGerald, 1983).

On the fifth day, survival began to decrease, plunging from approximately 86 percent to near 20 percent over the next four days. On day 5, the pools were flooded, causing the temperature to drop on average $6.0 \pm 0.91^\circ\text{C}$ within 30 minutes and the salinity concurrently to increase from 10‰ to 18-20‰. On the same day silt began to accumulate on the egg surfaces. The increase in silt on the eggs was

probably caused by mixing of sediments during flooding.

On day 7 a complete layer of silt covered the eggs and percent survival dropped by 35%. The effect of the silt cover was demonstrated on day 7 as eggs from pool 3 had a thicker silt cover than eggs in pools 1 and 2. There were 15 percent fewer live eggs in the former pool. Also, on day 9, pool 2 eggs had less silt than eggs in the other pools and had the highest percent egg survival. By day 12, eggs survival had dropped to below 10% in all pools and the experiment was discontinued.

McMynn & Hoar (1953) found that salinity changes as great as 30‰ did not affect Pacific herring egg survival, although Alderdice *et al.* (1979) found that survival was reduced by a large increase in salinity (5 → 35‰) but not by a decrease (35 → 5‰). Holliday & Blaxter (1960) found Atlantic

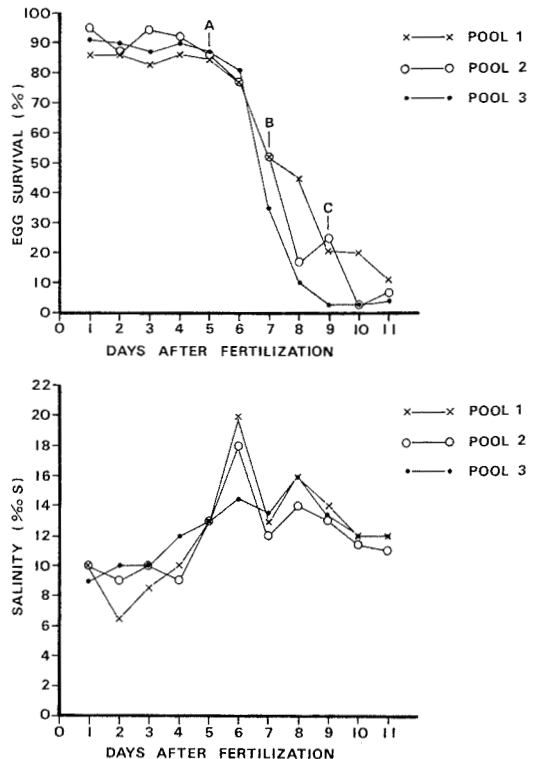


Figure 6 Top. Percent egg survival over the incubation period for the three tidal pools (A — specks of silt began to appear on the eggs. B — eggs became completely covered with silt but embryos still visible, C — embryos no longer visible through silt cover); Bottom. Daily salinity levels for each pool over the incubation period.

TABLE V
Minimum and maximum daily temperature for each tidal pool

Date	Days after fertilization	Pool 1		Pool 2		Pool 3	
		Temp. range (°C)	Δ	Temp. range (°C)	Δ	Temp. range (°C)	Δ
May 28	0	11.0-17.5	6.5	11.5-17.0	5.5	11.0-16.5	5.5
29	1	11.5-12.0	0.5	11.0-11.0	0.0	11.0-12.0	1.0
30	2	10.0-19.0	9.0	10.5-19.0	8.5	10.5-18.0	7.5
31	3	12.0-22.5	10.5	*11.5-21.5	10.0	*12.0-20.5	8.5
June 1	4	13.0-22.0	9.0	*8.5-24.0	15.5	*9.0-23.0	14.0
2	5	*9.5-19.5	10.0	*9.0-21.0	12.0	*10.0-19.0	9.0
3	6	*9.0-18.5	9.5	*8.5-19.5	11.0	*9.0-18.5	9.5
4	7	*8.5-24.0	15.5	*9.0-24.0	15.0	*8.5-24.0	15.5
5	8	*9.5-24.0	14.5	*9.0-25.5	16.5	*9.5-23.5	14.0
6	9	*11.0-20.0	9.0	*10.5-21.0	10.5	*10.5-19.5	9.0
7	10	*12.0-23.0	11.0	*11.5-23.0	11.5	*11.0-22.0	11.0
8	11	10.0-20.0	10.0	10.0-21.5	9.5	10.0-19.5	9.5

(Δ indicates maximum daily change, * indicates days where pools were flooded)

herring larvae able to resist a wide range of salinity.

A number of studies have demonstrated that Baltic (Toom, 1958) and Pacific (Galkina, 1962) herring eggs can survive large fluctuations in temperature. We also observed that egg mortality did not increase noticeably during the first four days when temperatures fluctuated greatly (Table V). Toom (1958) and Galkina (1962) also found that siltation reduced the embryonic development rate of herring but had little or no adverse effect on mortality.

These studies have generally indicated that fluctuations of salinity, temperature, oxygen and siltation individually do not result in a massive increase in mortality. It appears that oxygen uptake is sufficient for egg survival in spite of silt accumulation when oxygen concentrations are at levels normally encountered on spawning sites or at reduced oxygen levels when no silt is present. We suggest, however, that siltation in conjunction with the extremely low oxygen levels present at night in the pools accounted for the increase in mortality seen after day 5.

Conclusion

Studies on various herring spawning stocks in the northeast Atlantic (*Clupea harengus*), the Baltic Sea (*Clupea harengus membras*) and the Pacific coast of Canada

(*Clupea harengus pallasii*) have shown distinctive temperature- and salinity-dependent embryonic and larval development and mortality rates. Data collected from these studies and summarized here indicate genotypic adaptations by individual spawning stocks to the average environmental conditions, especially temperature, encountered at their respective spawning sites. These differences between populations may be due to physical and environmental factors such as egg size and feeding habits, although evidence seems to support the former conclusion (Blaxter, 1958).

Isle Verte herring (*Clupea harengus harengus*) display development rates, yolk sac absorption rates, growth rate patterns (length at hatch) and mortality patterns (percent hatch) during early development which are adapted to the environmental conditions typical of their spawning grounds and which resemble those of other cold water populations from the northeast Atlantic. This supports the conclusion that individual spawning stocks have adapted to the average conditions encountered during spawning to optimize survival and biomass production. As environmental conditions varied among spawning sites, genotypic divergence has occurred. This study therefore showed that data on temperature- and salinity-dependent early life processes can be extrapolated to the Isle Verte population from only those stocks which spawn under similar conditions.

Numerous studies have shown herring eggs to be resistant to wide fluctuations of environmental conditions such as temperature, salinity, oxygen and siltation as they vary individually. The present study, however, indicated that a combination of accumulated silt and reduced oxygen lead to massive mortalities of Atlantic herring eggs.

Acknowledgments

This study is the result of a cooperative effort between the Department of Biology, Université Laval and the Department of Fisheries and Oceans, Québec. Funding was provided by a research contract to G.J.F.. We thank Gordon Walsh and Mariette Petit for invaluable field assistance. Pierre Trudel was most helpful with the logistical operations, and Cathy Tallon from the laboratory of W.C. Leggett at McGill University for the larval length measurements. F. Whoriskey and J. Dodson critically reviewed an early version of the manuscript.

References

- ALDERDICE, D.F. & F.P.J. VELSEN, 1971. Some effects of salinity and temperature on early development of Pacific herring (*Clupea pallasii*). — J. Fish. Res. Bd Can., 28: 1545-1562.
- ALDERDICE, D.F., T.R. RAO & H. ROSENTHAL, 1979. Osmotic responses of eggs and larvae of the Pacific herring to salinity and cadmium. — Helgoländer wiss. Meeresunters., 32: 508-538.
- AUGER, F. & H. POWLES, 1980. Estimation of the herring spawning biomass near Isle Verte in the St. Lawrence estuary from an intensive larval survey in 1979. — CAFSAC Res. Doc. 80/59 MS.
- BAGENAL, T.B. & E. BRAUM, 1978. Eggs and early life history. — Pages 165-201 in T. Bagenal (ed.). Methods for assessment of fish productions in fresh water. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 365 p.
- BJORKE, H., 1978. Food and feeding of young herring larvae of Norwegian spring spawners. — Fish. Dir. Ser. HavUnders., 16: 405-421.
- BLAXTER, J.H.S., 1956. The effects of temperature and other factors on development. — Mar. Res. Scot., 5: 1-19.
- BLAXTER, J.H.S., 1958. The racial problem in herring, from the viewpoint of recent physiological, evolutionary and genetical theory. — Rapp. Cons. int. Explor. Mer, 143: 10-19.
- BLAXTER, J.H.S., 1960. The effect of extremes of temperature on herring larvae (*Clupea harengus* L.). — J. mar. biol. Ass. U.K., 39: 605-608.
- BLAXTER, J.H.S., 1962. Herring rearing. IV. Rearing beyond the yolk-sac stage. — Mar. Res. Scot., 1: 1-18.
- BLAXTER, J.H.S. & G. HEMPEL, 1961. Biological observations of reared herring spawn. — Helgoländer Wiss. Meeresunters. 7: 260-283. (Translated from German by F.R.B. Can. Transl. Ser. no. 708, 1966).
- BLAXTER, J.H.S. & G. HEMPEL, 1963. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L.). — J. Cons. int. Explor. Mer, 28: 211-240.
- BLAXTER, J.H.S. & G. HEMPEL, 1966. Utilization of yolk by herring larvae. — J. mar. biol. Ass. U.K., 46: 219-234.
- BOX, G.E.P., 1954. The determination of optimum conditions. — Pages 495-579 in O.L. Davies (ed.). Design and analysis of industrial experiments. Oliver and Boyd, London, 636 p.
- CÔTÉ, G., P. LAMOUREUX, J. BOULVA & G. LA-CROIX, 1980. Séparation des populations de hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus harengus*) de l'estuaire du Saint-Laurent et de la péninsule gaspésienne. — Can. J. Fish. aquat. Sci., 37: 66-71.
- CRAIG, R.E., 1958. Hydrography of Scottish coastal waters. — Mar. Res. Scot., 2: 1-31.
- GALKINA, L.A., 1962. Special features of the reproduction and early development stages of herring in the northern regions of the Sea of Okhotsk. — Problems of the North, 4: 107-119.
- GOODNIGHT, J.H., 1979. GLM procedure introduction — Pages 237-244 in J.T. Helwig & K.A. Council (eds.). SAS Users Guide. SAS. Institute Inc., 494 p.
- HEMPEL, G. & J.H.S. BLAXTER, 1967. Egg weight in Atlantic herring. — J. Cons. int. Explor. Mer, 31: 170-195.
- HOLLIDAY, F.G.T. & J.H.S. BLAXTER, 1960. The effects of salinity on the developing eggs and larvae of the herring. — J. mar. biol. Ass. U.K., 39: 591-603.
- JONES, B.C., 1972. Effect of intertidal exposure on survival and embryonic development of Pacific herring spawn. — J. Fish. Res. Bd Can., 29: 1119-1124.
- KIM, J.-O. & F.J. KOHOUT, 1975. Analysis of variance and covariance: Subprograms ANOVA and ONEWAY. — Pages 399-409 in N.H. Nie, C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner & D.H. Bent (eds.). S.P.S.S. Statistical Package for the Social Sciences, Volume 22. McGraw-Hill, New York, 675 p.
- KINNE, O., 1977. Cultivation of animals: research cultivation. — Pages 580-1293 in O. Kinne (ed.). Marine Ecology, 3(2). John Wiley and Sons, London, 713 p.
- LASKER, R., 1964. An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development, and growth of Pacific sardine embryos and larvae. — Copeia, 2: 399-405.

- LLOYD, M., 1967. Mean crowding. — *J. Anim. Ecol.*, 36: 1-30.
- MCMYNN, R.G. & W.S. HOAR, 1953. Effects of salinity on the development of the Pacific herring. — *Can. J. Zool.*, 31: 417-432.
- OYAVEER, E.A., 1981. Effect of temperature and salinity on embryonic development of Baltic herring. — *Biologiya morya*, 5: 39-48.
- RICKER, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. — *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, no. 191, 382 p.
- ROSENTHAL, H. & G. HEMPEL, 1970. Experimental estimates of minimum food densities for herring larvae. — *Rapp. P.-V. Réun. Cons. int. Expl. Mer*, 160: 125-127.
- SOKAL, R.R. & R.J. ROHLF, 1969. *Biometry*. — W.H. Freeman and Co. Publishers, San Francisco, 776 p.
- SVETOVIDOV, A.N., 1952. Fauna of the USSR. Fishes-volume. 2 Clupeidae. — *Zool. Inst. Akad. Nauk. SSSR, N.S.*, no. 48, 428 p. (Translated from Russian by Israel program for sci. transl., Jerusalem, no. 126, 1963).
- TAYLOR, F.H.C., 1970. Variation in hatching success in Pacific herring (*Clupea pallasii*) eggs with water depth, temperature, salinity and egg mass thickness. — *Rapp. P.-V. Réun. Cons. int. Exp. Mer*, 160: 34-41.
- TOOM, M.M., 1958. Experiments on the incubation of Baltic herring eggs. — *Trudy, VNIRO*, 34: 19-29 (Translated from Russian by Israel program for sci. transl., Jerusalem, no. 611, 1962).
- WARD, G. & G.J. FITZGERALD, 1983. Macrobenthic abundance and distribution in tidal pools of a Québec salt-marsh. — *Can. J. Zool.*, 61: 1071-1085.

COMMUNICATIONS BRÈVES

MORTALITÉS, APRÈS ENSEMENCEMENT, D'OMBLES DE FONTAINE (*SALVELINUS FONTINALIS*) APPARTENANT À DES LOTS ATTEINTS DE FURONCULOSE

P. DUMONT

Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune
Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche
6255, 13^e Avenue, Montréal (Québec) H1X 3E6

Résumé

Des ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) de plus d'un an appartenant à des lots atteints d'une forme aiguë de furunculose (provoquée par *Aeromonas salmonicida*) ont été ensemencés dans trois petits lacs du sud-ouest du Québec. Le taux de mortalité fut supérieur à 80% dans deux de ces lacs deux semaines après l'ensemencement, et à 90% dans l'autre lac 12 semaines après l'ensemencement. La croissance estivale fut très faible. Les taux de mortalité observés sont beaucoup plus élevés que ceux des lots maintenus en condition d'élevage et dépassent les taux usuels d'un ensemencement normal.

Abstract

Three small lakes in south-western Québec were stocked with yearling brook charrs (*Salvelinus fontinalis*) taken from lots infected with an acute form of furunculosis (caused by *Aeromonas salmonicida*). Mortality rate exceed 80% in two of these lakes two weeks after stocking, and 90% in the other lake 12 weeks after stocking. Summer growth was very slow. These mortality rates are much higher than those observed in lots raised in the hatchery and surpass the rates expected from a normal stocking.

Introduction

Au printemps de 1981, des mortalités anormalement élevées d'ombles de fontaine (~ 0,4% par jour) se sont produites à la Station piscicole québécoise du lac des Écorces, dans le sud-ouest du Québec. Ces mortalités ont été reliées, en conditions épidémiques, à une infection bactérienne communément appelée *furunculose* et provoquée par *Aeromonas salmonicida*. En pisciculture, les méfaits de cette maladie sont bien connus et ont été fréquemment démontrés (McCraw, 1952; Herman, 1968). Cependant la littérature scientifique est, à notre connaissance, à peu près muette sur le destin en milieu naturel des poissons infectés. Les rares informations publiées paraissent, à priori, contradictoires. Le *Furunculosis Committee* (1930) rapporte l'observation d'épi-

zooties et, dans un cas au moins, de mortalité massive de truites brunes (*Salmo trutta*) appartenant à des lots contaminés introduits en rivière. Par contre, McDermott & Berst (1968) n'ont pas noté de différence significative du taux de retour, dans l'année qui a suivi leur ensemencement en ruisseau, d'ombles de fontaine infectés et non infectés.

Étant donné les grandes quantités de poissons élevés à la Station piscicole et sujets à être atteints, nous avons évalué les effets de l'introduction, en milieu naturel, de poissons appartenant à des lots contaminés. Nous présentons ici les résultats de l'évaluation des performances à court terme de lots ensemencés dans trois petits lacs situés à proximité du lieu d'élevage. Deux aspects sont considérés: la survie et la croissance.

Aire d'étude

Les trois lacs à l'étude sont localisés sur le bouclier précambrien dans la portion nord-ouest de la réserve faunique québécoise de Papineau-Labelle, à moins de 25 km de la station piscicole. Ce sont des lacs situés à la tête des bassins de drainage, contrôlés à l'émissaire par un barrage de castors. Nous en avons consigné les principales caractéristiques dans le tableau I. Ils sont de petite superficie et peu profonds; leurs eaux sont relativement bien oxygénées jusqu'au fond.

Les lacs Wester et Archie ont une faune ichthyologique similaire composée de la barbotte brune (*Ictalurus nebulosus*), du meunier noir (*Castostomus commersoni*) et de trois espèces de cyprins. Le lac Cutaway abrite, en plus, de la perchaude (*Perca flavescens*) et du crapet soleil (*Lepomis gibbosus*). Aucun des trois lacs n'a, à notre connaissance, étéensemencé au cours des 20 dernières années. Chacun supporte une population indigène d'omble de fontaine, probablement en faible densité si on en juge par les rendements obtenus à la pêche sportive au cours de la période 1972 à 1979 et enregistrés aux postes de contrôle de la réserve faunique. Ces trois lacs se comparent bien aux lacs qui reçoivent desensemencements de soutien ou de dépôt-retrait dans le sud-ouest du Québec.

Matériel et méthodes

Les trois lacs furentensemencés le 2 juin 1981. Les quantités utilisées furent de 4 100 spécimens dans le lac Cutaway, 3 700 dans le lac Archie et 2 200 dans le lac Wester. Ces quantités équivalent à environ 285 spécimens/ha. Tous les ombles étaient des spécimens d'âge 1 + appartenant à une

lignée domestique (MASS) importée de Nouvelle-Angleterre en 1972. L'ensemencement fut fait avec le plus grand soin possible et les poissons furent répartis sur l'ensemble de la superficie de chaque lac. L'écart thermique entre l'eau de transport et les eaux d'accueil était inférieur à 4°C. Il a été réduit par un ajout progressif des eaux du lac à l'eau des bacs d'ensemencement. Tous les poissons étaient à jeun depuis 24 heures.

Tous les spécimens furent marqués par l'ablation de la nageoire pectorale droite. Au moment de l'ensemencement, tous les poissons paraissaient sains et seulement quelques individus sont morts au cours du transport entre la station piscicole et le lieu d'ensemencement.

La densité résiduelle a été estimée par la méthode de Leslie (Leslie & Davis 1939, in Ricker, 1975). Les variables considérées sont, premièrement, le succès de pêche, représenté par le nombre total des captures effectuées au cours d'une journée de pêche par l'ensemble des filets installés et, deuxièmement, le nombre cumulatif des captures quotidiennes.

Aux lacs Wester et Archie, les pêches eurent lieu du 8 au 12 juin et du 15 au 17 juin, alors qu'au lac Cutaway, les pêches se firent du 17 au 29 août 1981. Quatorze filets de pêche furent utilisés dans le lac Cutaway et sept dans les lacs Archie et Wester; après deux jours de pêche, cinq filets furent ajoutés au lac Archie. La longueur des filets était de 30-44 m. La maille étirée mesurait 3,8, 4,5, 5,1 ou 5,5 cm. Dans chacun des lacs, nous avons également placé un filet expérimental composé de six sections de maille de 2,5, 3,8, 5,1, 6,4, 7,6 et 10,2 cm.

À cause de l'ajout de cinq filets à la troisième journée de pêche, l'estimation de

TABLEAU I

Caractéristiques des lacsensemencés
(Mesures faites au début de juin 1981)

	Cutaway	Archie	Wester
Coordonnées	(46°21'N. ; 75°21'O.)	(46°10'N. ; 75°23'O.)	(46°19'N. ; 75°24'O.)
Superficie (ha)	14,5	12,9	7,6
Profondeur maximale (m)	5,2	6,1	7,4
pH à 1 m	6,5	7,1	6,1
Oxygène dissous à 3 m (%)	100,0	65,0	78,0
Conductivité à 1 m (μS)	40	63	70
Rendement moyen de 1972 à 1979 (kg/ha)	0,69	0,75	0,94

la densité résiduelle dans le lac Archie a été obtenue suivant une version modifiée de la méthode de Leslie (Dickie, 1955), applicable dans les cas où plus d'un type d'effort de pêche est utilisé. Le succès de pêche est représenté par les captures effectuées au cours d'une journée de pêche par les seuls filets qui ont été utilisés lors de toute la période, mais le potentiel de capture est pondéré en fonction de la contribution des deux ensembles de filets à la récolte totale.

Un échantillon de poissons a été capturé au filet maillant le 4 août 1981 dans le lac Wester. La mesure de l'accroissement en masse est donc possible pour les lacs Cutaway et Wester.

Résultats et discussion

La relation entre le succès de pêche quotidien et les captures cumulatives d'ombles ensemencés apparaît à la figure 1. Dans le lac Cutaway, après une première récolte élevée, les captures quotidiennes ont diminué très brusquement. Cela tient, à notre avis, à la très grande quantité de filets utilisés. La corrélation entre le succès et les captures est forte ($r = -0,93$; $P < 0,001$) alors que l'erreur standard de la pente représente moins de 15% de sa valeur. La densité résiduelle, à la mi-août, est estimée à 134 spécimens.

Au lac Archie, le potentiel de capture calculé à partir des seuls filets qui ont pêché durant toute la période, est évalué à 0,2617. La corrélation est forte ($r = -0,98$; $P < 0,001$) et l'erreur standard de la pente correspond à moins de 20% de sa valeur. Le potentiel de capture corrigé suivant la méthode de Dickie (1955) est égal à 0,2007, ce qui donne une estimation de densité, à la mi-juin, de 435 individus. Cette estimation peut-être considérée comme précise. Les tailles des poissons ensemencés (195,6 mm) et recapturés (195,7 mm) sont comparables.

Au lac Wester, la densité résiduelle à la mi-juin est estimée à 348 spécimens. Cette valeur n'est pas précise et doit être considérée comme un ordre de grandeur seulement. Le coefficient de corrélation ($r = -0,48$) est peu élevé ($P = 0,15$) et l'erreur standard de la pente représente 65% de sa valeur, ce qui est très élevé. Cela provient de fortes variations enregistrées dans les captures les 10 et 16 juin à une station de pêche située à proximité d'un petit tributaire. Les pluies abondantes de la nuit précédente ont proba-

blement attiré les ombles à proximité de l'eau courante, modifiant ainsi le potentiel de capture. La taille moyenne des individus ensemencés (192 mm) et recapturés (187,6) ne se distingue ni quant à la moyenne ni quant à la variance ($P > 0,05$).

La mortalité subie par les ombles durant les 13 jours qui ont suivi l'ensemencement est de l'ordre de 88% dans le lac Archie et de 84% dans le lac Wester; celle des ombles ensemencés dans le lac Cutaway est de l'ordre de 97% après 85 jours (tableau II). Les estimations obtenues au lac Cutaway et au lac Archie peuvent être considérées comme précises, alors que celle du lac Wester n'est qu'un ordre de grandeur. Les individus appartenant aux deux mêmes lots que les poissons ensemencés ont connu en pisciculture des taux de mortalité beaucoup plus faibles. Ces taux ont varié selon les lots entre 11,4 et 17,3% dans la première quinzaine de juin; ils furent de l'ordre de 37%

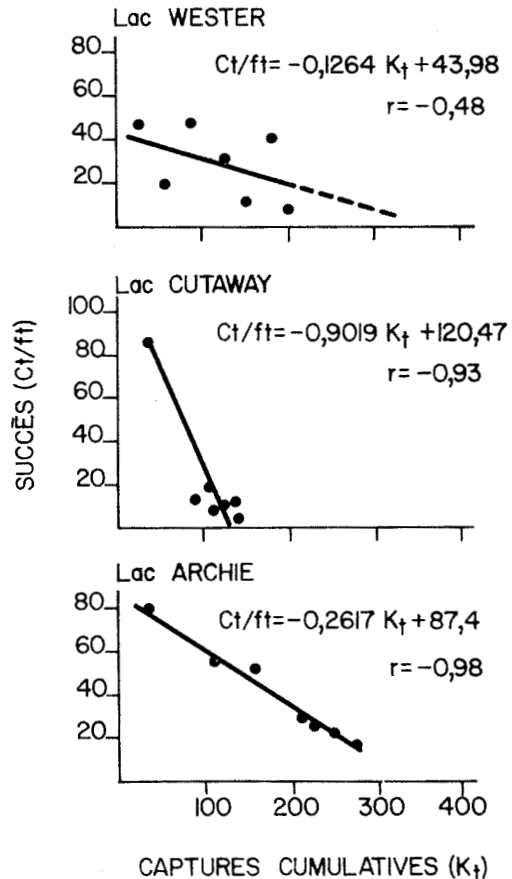


Figure 1. Relation entre le succès de pêche et la récolte cumulative dans les trois lacs à l'étude.

TABLEAU II

Évaluation de la mortalité et de la croissance des poissons ensemencés

	Archie	Wester	Cutaway
Quantité ensemencée	3 700	2 200	4 100
Quantité résiduelle	435	348	134
Intervalle entre l'ensemencement et l'estimation (jours)	13	13	85
Taux de mortalité (%)	88	84	97
Masse moyenne au moment de l'ensemencement (g)	66	61	79
Masse moyenne en août 1981 (g)	—	67	87
% d'accroissement	—	9,8	10,1

entre le 1^{er} juin et le 20 juillet dans le lot utilisé pour l'ensemencement du lac Cutaway.

Entre le moment de l'ensemencement et le mois d'août, soit après environ 80 jours dans le lac, la masse moyenne des ombles ensemencés dans les lacs Wester et Cutaway ne s'est accrue que d'environ 6 et 8 g respectivement, ce qui correspond à moins de 10% de la masse initiale. Au cours de la

même période, la masse moyenne des individus de taille comparable élevés à la pisciculture du lac des Écorces s'est accrue de 33%.

Nos résultats montrent que les ombles ensemencés ont connu des taux de mortalité beaucoup plus forts que les ombles maintenus en pisciculture. De plus les poissons qui ont survécu à l'ensemencement ont peu accru leur masse et donc très peu profité de leur séjour en milieu naturel. On ne peut imputer l'ensemble de la mortalité observée seulement à la furonculose affectant les lots ensemencés. En effet, le passage de la vie en pisciculture à la vie en milieu naturel paraît être généralement suivi d'une mortalité relativement élevée. Dans les meilleures conditions, les poissons ensemencés subissent des mortalités plus élevées que les peuplements sauvages déjà présents dans le milieu (Cooper, 1959). Cependant, des taux de mortalité comme ceux que nous avons observés dans les lacs Archie, Wester et Cutaway nous semblent très forts. Nous avons consigné dans le tableau III les données publiées sur la mortalité naturelle subie par des ombles de fontaine dans les trois à six premiers mois après l'ensemencement. Un total de 85 ensemencements, la plupart avec des indivi-

TABLEAU III

Données publiées sur la mortalité naturelle subie par l'omble de fontaine au cours des trois à six premiers mois après l'ensemencement.

Source et lieu	Nombre d'ensemencement	Taux de mortalité après 3 à 6 mois		
		Écart %	Nombre de cas où la mortalité est supérieure à 50%	80%
Webster & Flick, 1981 (Lac Laramie)	32	23-91	15	3
Flick & Webster, 1964 (Lac Bear)	3	6-51	1	0
Hatch & Webster, 1961 (4 petits lacs)	10	27-63	2	0
Vincent, 1960 (Lac Laramie)	3	35-57	2	0
Carline <i>et al.</i> , 1976 (Lac sportsman)	9	35-68	4	0
Harvey & Locke, 1980 (Lac Eagle)	1	71	1	0
Andrew, 1977 (6 lacs)	16	0-71	6	0
Alexander & Shetter, 1969 (Lac East Fish)	5	28-66	2	0
Keller & Plosila, 1981 (Lac Black)	6	28-80	5	1
	85	0-91	38	4

des d'âge 0+, ont pu être répertoriés. Les taux estimés varient entre 0 et 91%; ils sont inférieurs à 50% dans plus de la moitié des cas et ne dépassent les 80% que dans 4 des 85 cas.

De nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer le taux de survie après ensemencement. Le stress provoqué par les manipulations nécessaires à l'opération et à l'acclimatation au milieu naturel entraîne une consommation excessive d'énergie et une perturbation des fonctions métaboliques (Mazeaud *et al.*, 1977; Strange *et al.*, 1977). Les salmonidés élevés en pisciculture sont plus vulnérables à la prédation que les poissons sauvages (Vincent, 1960). Ils sont physiologiquement moins bien adaptés que ces derniers à la vie en milieu naturel (Phillips *et al.*, 1957). Une fois introduits, ils ont aussi tendance à être plus actifs et agressifs que les poissons sauvages (Moyle, 1969; Symons, 1969). Bien que commençant à s'alimenter presque immédiatement après l'ensemencement, ils sont considérés comme peu efficaces et peu opportunistes dans l'utilisation des ressources présentes (Reimers, 1963; Erbak & Hasse, 1983) et peuvent être incapables de subir la compétition de certaines espèces résidentes (Fraser, 1978).

Aucun de ces facteurs ne peut à lui seul expliquer les fortes mortalités qu'ont connues les ombles appartenant à des lots contaminés après leur introduction dans les trois lacs. Le temps de transport a été limité au minimum; l'écart thermique entre le milieu d'élevage et le lac d'accueil était faible et les poissons ont donc été acclimatés graduellement à leur nouveau milieu. Les quantitésensemencées étaient relativement élevées, mais demeurent à l'intérieur des limites généralement prescrites pour des ensemencements de soutien (Johnson, 1978). À cause de leur grande taille, les poissonsensemencés étaient à l'abri des effets de la prédation. Les difficultés d'adaptation à l'alimentation et la compétition de la part des espèces résidentes sont des facteurs qui, pour des poissons bien alimentés avant leur introduction, ne peuvent expliquer le fait que les mortalités se soient produites moins de 13 jours après l'ensemencement dans les lacs Archie et Wester.

Par contre, plusieurs de ces facteurs peuvent avoir agi concurremment de manière à rendre les omblesensemencés plus vulnérables aux effets de la furunculose, causant ainsi, très tôt après leur introduction, des

mortalités anormalement élevées. Hosmer (1980) a démontré que des lots de truite brune contaminés par la furunculose tolèrent moins bien le stress associé aux manipulations nécessaires à l'élevage et connaissent des mortalités plus élevées que des lots non contaminés.

Nos résultats paraissent contredire ceux de McDermott & Berst (1968) qui ont obtenu des taux de retour similaires après l'ensemencement d'ombles appartenant à des lots infectés et non infectés. En condition d'élevage, la furunculose peut se manifester sous quatre formes différentes. Elle est latente si la bactérie peut être isolée et si les symptômes habituels ne sont pas observés; elle peut être chronique, sub-aiguë ou aiguë selon l'importance des mortalités et la nature des symptômes (Herman, 1968). Au moment où nous avons fait cette étude, la furunculose se manifestait sous sa forme aiguë; celle-ci se caractérise par un accroissement soudain de la mortalité avec peu ou pas de lésions externes. McDermott & Berst (1968) ne précisent pas sous quelle forme la furunculose se manifestait dans les lots contaminés qu'ils ont utilisés. Il est possible que leurs résultats, les nôtres et les observations d'épizooties et de mortalité après ensemencement rapportées par le *Furunculosis Committee* (1930) rendent compte d'un gradient de vulnérabilité des omblesensemencés à des formes différentes de furunculose.

Remerciements

Réal Millette, Daniel Forget, Jean-Guy Migneault et Richard Pariseau ont participé aux travaux sur le terrain. Réjean Fortin, Marc Dubreuil, Benoît Dion et Alex M. McCombie ont largement contribué, par leurs commentaires et suggestions, à l'élaboration de la version finale de cet article.

Références

- ALEXANDER, G.R. & D.S. SHETTER, 1969. Trout production and angling success from matched planting of brook trout and rainbow trout in East Fish lake. — *J. Wildl. Mgmt.*, 33: 682-692.
- ANDREW, P.S., 1977. Trout pond management investigations: effects of three varying stocking rates on trout production and resultant fisheries. — *Maine Dept. Inland Fisheries and Game. Job final Rep. III-2*, 12 p.
- CARLINE, R.F., O.M. BRYNILDSON & M.O. JOHNSON, 1976. Growth and survival of trout stocked in northern spring pond. — *Wisconsin Dept. Nat. Res., Res. Rep.*, no. 85, 21 p.

- COOPER, E. L., 1959. Trout stocking as an aid to fish management. — Bull. College Agric. Penn. St. Univ., no. 663, 22 p.
- DICKIE, L. M., 1955. Fluctuations in abundance of the giant scallop, *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in the Diby area of the Bay of Fundy. — J. Fish. Res. Bd Can., 12: 797-857.
- ERSBAK, K. & B. L. HASSE, 1983. Nutritional deprivation after stocking as a possible mechanism leading to mortality in stream-stocked brook trout. — N. Am. J. Fish. Mgmt, 3: 142-151.
- FLICK, W. A. & D. A. WEBSTER, 1964. Comparative first year survival and production in wild and domestic strains of brook trout, *Salvelinus fontinalis*. — Trans. Am. Fish. Soc., 93: 58-69.
- FRASER, J. M. 1978. The effect of competition with yellow perch on the survival and growth of planted brook trout, splake, and rainbow trout in a small Ontario Lake. — Trans. Am. Fish. Soc., 107: 505-517.
- FURONCULOSIS COMMITTEE (THE), 1930. Editorial notes. — Salmon and Trout Mag., 60: 208-213.
- HATCH, R. W. & D. A. WEBSTER, 1961. Trout production in four central Adirondack Mountain lakes. — Memoir Agr. Exp. Station Cornell Univ., no. 373, 81 p.
- HARVEY, K. A., & D. O. LOCKE, 1980. Rapid exploitation of hatchery-reared brook trout by ice fisherman in a Maine lake. — Trans. Am. Fish. Soc., 109: 282-286.
- HERMAN, R. L., 1968. Fish furunculosis 1952-1966. — Trans. Am. Fish. Soc., 97: 221-230.
- HOSMER, M. J. 1980. Handling as a factor in mortality of trout with or without furunculosis. — Progr. Fish. Cult., 42: 157-158.
- JOHNSON, M. W., 1978. The management of lakes for stream trout and salmon. — Minn. Dept. Nat. Res., Sp. Pub., no. 125, 60 p.
- KELLER, W. T. & D. S. PLOSILA, 1981. Comparison of domestic, hybrid and wild strains of brook trout in a pond fishery. — N. Y. Fish. Game J., 28: 123-137.
- LESLIE, P. H. & D. H. S. DAVIS, 1939. An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. — J. Anim. Ecol. 8: 94-113.
- MAZEAUD, M. M., M. E. MAZEAUD & M. DONALDSON, 1977. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. — Trans. Am. Fish. Soc., 106: 201-212.
- McCRAW, B. M. 1952. Furunculosis of fish. — U.S. Fish Wildl. Serv. Spec. Sci. Rep. Fish., no. 84, 87 p.
- McDERMOTT, L. A. & A. H. BERST, 1968. Experimental planting of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) from furunculosis-infected stock. — J. Fish. Res. Bd Can., 25: 2643-2649.
- MOYLE, P. B., 1969. Comparative behavior of young brook trout of domestic and wild origin. — Progr. Fish. Cult., 31: 51-59.
- PHILLIPS, A. M., Jr., D. R. BROCKWAY, F. E. LOVE-LACE & H. A. PODOLIAK, 1957. A chemical comparison of hatchery and wild brook trout. — Progr. Fish. Cult., 19: 19-25.
- REIMERS, N., 1963. Body condition, water temperature and over-winter survival of hatchery-reared trout in Convict Creek, California. — Trans. Am. Fish. Soc., 92: 39-46.
- RICKER, W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. — Bull. Fish. Res. Bd Can., no. 191, 382 p.
- STRANGE, R. J., C. B. SCHRECK & J. T. GOLDEN, 1977. Corticoid stress responses to handling and temperature in salmonids. — Trans. Am. Fish. Soc., 106: 213-218.
- SYMONS, P. E. K. 1969. Greater dispersal of wild compared with hatchery-reared juvenile atlantic salmon in streams. — J. Fish. Res. Bd Can., 26: 1867-1876.
- VINCENT, R. E., 1960. Some influences of domestication upon three stocks of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell). — Trans. Am. Fish. Soc., 89: 35-52.
- WEBSTER, D. A. & W. A. FLICK, 1981. Performance of indigenous, exotic and hybrid strains of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in waters of the Adirondack Mountains. New York. — Can. J. Fish. aquat. Sci., 38: 1701-1707.

UTILISATION D'ACCUMULATIONS DE COQUILLES D'UNIONIDAE COMME FRAYÈRES PAR LE TOULADI (*SALVELINUS NAMAYCUSH*)

R. CHATELAIN et J. CHABOT

Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune
Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche
13 rue Buteau, Hull (Québec) J8Z 1V4

Résumé

Les auteurs signalent l'utilisation pour la fraye d'importantes accumulations de coquilles d'Unionidae par le touladi (*Salvelinus namaycush*) au Petit lac des Cèdres dans le sud-ouest du Québec. À l'exception de la frayère localisée sur une partie du lit du ruisseau des Cèdres, on n'a pu trouver d'œufs déposés sur des sites d'enrochement; seuls les sites où il y avait accumulation de coquilles d'Unionidae étaient utilisés par le touladi. De deux sites aménagés par la fraye du touladi, dont un premier constitué de moëllons et le deuxième, de coquilles d'Unionidae, seul ce dernier fut utilisé par le touladi.

Abstract

The authors report the use of large accumulations of Unionidae shells for spawning by lake trout (*Salvelinus namaycush*) in Petit lac des Cèdres in south-western Québec. With the exception of a spawning site located in a portion of the des Cèdres stream bed, the searches did not reveal, in any of the cases, eggs deposited on rocky sites; only those sites where there were accumulations of Unionidae shells were utilized. On the two types of habitat managed for the spawning of lake trout, the first consisting of rubble, and the second, of Unionidae shells, only the latter was used by lake trout.

Introduction

Une partie de la population de touladis du Petit lac des Cèdres (46°18'N., 76°04'O.) fraye dans le ruisseau des Cèdres, tributaire du lac, et à trois autres endroits dans le lac même (Vincent & DeSerres, 1963; Séguin & Roussel, 1970; Chatelain, 1971). Dans ce dernier cas, des œufs de touladis furent observés parmi un nombre important de coquilles vides d'Unionidae.

Ce comportement du touladi semble être un cas très exceptionnel car, à notre connaissance, il n'a jamais été décrit dans la littérature (Machniak, 1975; Martin & Oliver, 1980). Nous avons donc voulu vérifier si les accumulations de coquilles étaient bel et bien un substrat recherché par cette population de touladis pour y déposer ses œufs.

Matériel et méthodes

Dans un premier temps, nous avons examiné la plus grande superficie du lac, soit

en plongée sous-marine, soit en embarcation motorisée afin de localiser des endroits offrant un potentiel pour la fraye du touladi.

Dans un deuxième temps, nous avons aménagé sur un sol relativement compact et plat, sous 3 m d'eau, deux sites de superficie de 9 m² chacune, séparés l'un de l'autre d'une distance de 3 m. Sur un premier site, la surface fut couverte d'une épaisseur de 8 à 15 cm de coquilles recueillies sur d'autres sites dans le même lac. L'autre site fut couvert d'une épaisseur de 20 à 45 cm de moëllons de diamètre variant de 5 à 25 cm. Les deux sites aménagés étaient situés à environ 30 m de la rive ouest, à l'extrémité sud du lac, à environ 8 m d'un site déjà utilisé par le touladi comme frayère.

Ces ouvrages, ainsi que les trois autres frayères naturelles que nous connaissons, ont fait l'objet d'une surveillance constante à toutes les 75 minutes, entre 17 h et 23 h 15, du 17 au 31 octobre 1970. L'observation sous l'eau était rendue possible par l'utilisation de

phares scellés, fixés à l'extrémité des manches et plongés sous la surface de l'eau à partir d'une embarcation motorisée se déplaçant à vitesse réduite à proximité des sites. Cette méthode permettait d'observer et d'identifier facilement les touladis situés dans un rayon de 6 m de chaque phare, de la surface jusqu'au fond.

De plus, du 30 octobre au 1^{er} novembre inclusivement, des plongées d'observation furent effectuées dans le but de vérifier si des œufs de touladis avaient été déposés sur les sites aménagés, sur les frayères connues et les sites offrant un potentiel pour la fraye.

Résultats

Malgré une recherche intensive en plongée sous-marine sur plus de 50% du périmètre du lac, de la surface jusqu'à 12 m de profondeur, et sur le reste de la superficie du fond du lac observable de la surface, nous n'avons localisé que six aires d'enrochement ayant vraisemblablement des conditions favorables à la fraye du touladi. Tous étaient de très petite superficie; quatre étaient localisés sous 30 cm d'eau, donc vulnérables au gel; les deux autres étaient localisés entre 60 et 90 cm sous la surface. Aucun œuf ne fut trouvé sur ces six derniers sites.

Des deux sites aménagés, seul celui couvert de coquilles fut utilisé. Au total, 16 touladis y furent observés et plusieurs œufs ont pu être décelés. Sur l'aire d'enrochement, un seul spécimen fut observé et aucun œuf n'y a été trouvé malgré une inspection minutieuse.

Sur les trois frayères naturelles, respectivement 97, 12 et 6 touladis furent dénombrés. Une de ces frayères est située sur un rocher d'environ 6 m de diamètre à la base et dont la crête surplombe la surface de l'eau d'environ 50 cm. De par sa forme, le rocher possède plusieurs facettes parallèles à la surface de l'eau à quelques centimètres sous celle-ci. Ces plateaux, en quelque sorte, sont pour la plupart recouverts de coquilles de moules, et constituent la frayère dont la superficie globale est d'environ 9 m².

Une deuxième frayère est située sur un autre rocher émergeant dont la base atteint près de 30 m de longueur et 15 m de largeur. L'accumulation de coquilles de moules sur la paroi est de la roche atteint près de 20 m² de superficie et a une épaisseur d'environ 60 cm.

La troisième frayère est située également sur un rocher émergeant, près de l'embouchure du ruisseau des Cèdres. Les coquilles constituent encore le seul matériel utilisé comme frayère et la superficie couverte par ces dernières est d'environ 9 m². La frayère est à 90 cm sous la surface de l'eau.

Discussion et conclusion

Les sites conventionnels propices à la fraye du touladi semblent très rares au Petit lac des Cèdres puisque la roche mère et la vase constituent à presque 100% le substrat de la superficie inventoriée. Les recherches n'ont démontré en aucun cas des œufs déposés sur des roches s'il n'y avait pas d'écailles qui recouvraient le site.

Face à l'absence d'étendues importantes de moëllons favorables à la fraye du touladi, la population de ce lac semble s'être adaptée à frayer dans le ruisseau tributaire et sur des sites d'amoncellements de coquilles de moules dans le lac même. Cette adaptation est si bien ancrée que, des deux sites aménagés, seul celui formé de coquilles fut utilisé.

Le très grand nombre d'interstices à travers les accumulations d'écailles de moules est possiblement un des facteurs qui incite le touladi à y déposer ses œufs, ces derniers étant ainsi moins accessibles aux prédateurs, tout en étant dans un milieu d'incubation probablement adéquat.

Une observation, cependant unique, nous amène à penser que les mollusques auraient été prélevés dans la vase, dont est couvert en majeure partie le fond de ce lac, par des rats musqués (*Ondatra zibethicus*). Ces derniers les auraient transportés sur des îlots rocheux où, après les avoir vidés de leur chair, ils les auraient rejetés à l'eau créant avec le temps des accumulations importantes.

Références

- CHATELAIN, R., 1971. Les frayères des truites grises du Petit lac des Cèdres et quelques observations sur l'acte de fraye dans le ruisseau des Cèdres. — Serv. Am. Expl. Faune Québec, Hull, Rapp. non publié, 19 p.
- MACHNIAK, K., 1975. The effects of hydroelectric development on the biology of northernfishes (reproduction and population dynamics) IV. Lake trout *Salvelinus namaycush* (Walbaum). A literature review and bibliography. — Env. Canada. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. no. 530, 52 p.

- MARTIN, N. V. & C. H. OLIVER, 1980. The lake charr, *Salvelinus namaycush*. — Pages 205-277 in E. K. Balon (ed.). Charrs. Salmonid fishes of the genus *Salvelinus*. Perspectives in vertebrate sciences, vol. 1, 930 p.
- SÉGUIN, R. L. & Y. ROUSSEL, 1970. Étude de la frayère et du comportement de la truite grise, *Salvelinus namaycush*, au ruisseau des Cèdres, canton Bouchette, comté Gatineau. — Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de la faune du Québec, Travaux en cours en 1965. Rapport n° 5, p. 127-158.
- VINCENT, B. & L. DESERRES, 1964. Description d'une frayère de touladi (*Salvelinus namaycush*) dans un ruisseau de la région de Maniwaki, province de Québec. — Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche, Service de la faune du Québec. Travaux en cours en 1963, Rapport n° 3, p. 225-234.

REVUE DES LIVRES

IRELAND, R. R., 1982. **Moss flora of the Maritimes Provinces.** — Musées nationaux du Canada, Musée national des sciences naturelles, Publications de botanique n° 13, 738 p., 398 pl. 19,5 × 26 cm. Relié, 20\$. Disponible chez McClelland and Stewart Ltd., 25 Holligan Road, Toronto (Ontario) M4B 3G2

Enfin, une flore bryologique pour une région du Canada! Cette œuvre de 738 pages, avec de nombreuses illustrations originales, que viennent de produire Robert Ireland et le Musée national des sciences naturelles, est un bon modèle de ce qui serait désirable pour les autres régions du pays.

Cette flore traite des 381 espèces de mousses (dont 36 espèces de sphaignes) connues des provinces maritimes — La Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick, et l'Île-du-Prince-Édouard. Mais elle sera presque aussi utile pour l'identification des mousses de plusieurs autres régions du Canada et des États-Unis, particulièrement la Gaspésie, les îles du golfe du Saint-Laurent, Terre-Neuve et la Nouvelle-Angleterre.

On y trouve une introduction de 40 pages (qui comprend une clé des genres), suivie de la flore proprement dite (pages 41 à 693), avec une page de dessins pour presque chacune des espèces. La section finale (pages 694 à 738) comprend une liste de taxons exclus, les symboles et abréviations, un glossaire illustré, une liste de références et un index.

Les familles, genres et espèces sont tous en ordre taxonomique. Les descriptions de genre sont organisées d'une façon originale qui facilite les comparaisons. La plupart des espèces ont une description (ou au moins une phrase donnant les caractères les plus importants), suivie de notes sur l'habitat, la distribution dans les Maritimes, la répartition mondiale, le nombre de chromosomes (si connu), et parfois un paragraphe de «Remarks» qui peut traiter de la nomenclature, des caractères variables, de la reproduction ou de l'origine des spécimens illustrés. Chaque espèce a sa propre illustration, mais les illustrations sont regroupées à la fin de chaque genre (ou section, pour les sphaignes).

Les concepts taxonomiques d'Ireland sont un peu plus modernes que ceux de Crum et Anderson. Par exemple, on trouve dans Ireland le *Dicranum leioneuron* et le *Polytrichum strictum* comme bonnes espèces, tandis que dans Crum et Anderson elles sont considérées comme synonyme et variété, respectivement. Dans Ireland, les descriptions des espèces sont très variables, et ne

sont souvent qu'une répétition des caractères de la clé. Aussi, il y manque souvent des données morphologiques (surtout des sporophytes) qui auraient été très utiles pour l'identification des spécimens fructifiés.

Ce sont les illustrations qui donnent à ce volume son élan. Elles sont plus uniformes et mieux organisées que celles parues en 1981 dans «Mosses of eastern North America». Il est d'autant plus dommage que plusieurs dessins montrant le port des espèces aient perdu beaucoup de leurs détails par la reproduction.

Je n'ai pu trouver que quelques erreurs de typographie. Le prix, de 20\$, est très raisonnable, même pour étudiants. Voici une flore que beaucoup de botanistes du Québec ou de l'est de l'Amérique du Nord trouveront très utile. Tous ceux qui s'intéressent aux mousses de l'est du Canada devraient s'en procurer un exemplaire. Espérons que sa parution stimulera la bryologie dans l'est du pays.

Guy R. BRASSARD

Département de biologie,
Université Memorial,
Saint-Jean, Terre-Neuve

LANGENHEIM, J. H. & K. V. THIMANN, 1982. **Botany. Plant biology and its relation to human affairs.** — John Wiley & Sons, New York, 624 p., 19 × 24 cm, 39,50\$.

Ce volume veut établir les relations entre l'homme et le monde végétal. Il cherche à se servir de ces relations pour éveiller l'intérêt des étudiants à la science des plantes. Il initie donc les étudiants à la botanique mais aussi à l'agriculture, puisque cette dernière se retrouve au centre des intérêts de l'homme envers le végétal. Les auteurs insufflent ainsi un dynamisme nouveau dans la présentation généralement statique de la botanique centrée sur le monde végétal en soi.

Les chapitres 1, 4 et 5 situent respectivement l'origine de la vie, les utilisations contemporaines des plantes aussi bien que le rôle des végétaux sur notre planète. Ces trois chapitres font de multiples références à l'intervention de l'homme sur le végétal, aussi bien qu'aux bienfaits inestimables du végétal pour la survie et le bien-être de l'humanité.

Les parties 2 et 3 présentent les fondements habituels de la science des plantes. Dans un premier volet, les auteurs présentent la structure, la photosynthèse, le rôle de l'eau, des minéraux et

de l'azote pour les plantes et dans un deuxième temps, ils situent les populations de plantes dans leur écosystème.

D'une présentation soignée et d'une rédaction claire, ce volume trouvera preneur auprès des étudiants de la biologie végétale ou encore de ceux de la phytologie appliquée à l'agriculture. Ce volume est complété par un glossaire, une imposante suggestion de lectures complémentaires et par un index de sujets des plus appropriés.

Claude-André ST-PIERRE

*Département de phytologie
Faculté des sciences de l'agriculture
et de l'alimentation
Université Laval*

WILEY, E.O., 1981. **Phylogenetics: The theory and practice of phylogenetic systematics.** — J. Wiley and Sons, New York. 439 p., ill.

Au cours de la dernière quinzaine d'années, on a vu s'imposer à la systématique une école de pensée nouvelle, que d'aucuns ont baptisé « cladistique » mais que ses défenseurs, et parmi eux Wiley, préfèrent appeler « phylogénétique ». Wiley est un des maîtres de cette école et ses écrits ont largement contribué au développement de cette discipline. Dans « Phylogenetics », l'auteur expose surtout ses propres idées. La thèse qu'il y défend est qu'on peut retracer les patrons de relations généalogiques entre les organismes vivants et que la meilleure façon d'y parvenir est d'utiliser les méthodes phylogénétiques, qui se baseraient, selon lui, sur des prémisses philosophiques et théoriques plus précises et rigoureuses, au contraire des autres approches.

En introduction (chapitre 1), l'auteur rappelle brièvement les origines de la phylogénétique et les grands principes qui la régissent. Il explique ensuite l'organisation du volume. Une série de définitions suivent alors dont la nécessité ou l'utilité ne paraissent pas toujours évidentes puisque la plupart sont reprises avec plus de rigueur et de détails dans les chapitres subséquents. Certaines sont même trop vagues : ainsi en est-il de la définition du terme « systématique » car, en ne précisant pas le sens de « specified kind of relationships » (entre organismes), l'auteur laisse la porte ouverte à l'écologie, etc. Quelques ambiguïtés existent aussi dans le texte, quant à l'usage que fait Wiley des expressions « speciation » et « speciation event ». Pour clore cette introduction, l'auteur aborde le délicat problème des relations entre la philosophie et la systématique, un sujet qu'il traite de manière trop superficielle pour qu'on en acquière la compréhension. On en retient que, comme tout phylogénéticien qui se respecte, Wiley a adopté Popper comme mentor et la méthode hypothético-déductive comme modèle scientifique.

Dans le second chapitre, l'auteur s'attarde au concept de l'espèce. Il adopte celui de l'« evolu-

tionary species ». Cependant, ne discerne-t-on pas un élément de téléologisme lorsque sont inclus dans la définition de ce concept des expressions comme « evolutionary tendencies » et « historical fate » ? L'auteur discute ensuite les différents modes de spéciation tels que développés par divers biologistes : il donne les hypothèses sur lesquelles chacun repose et essaie ensuite d'en déduire certaines conséquences (ce qu'il appelle prédictions) aux niveaux évolutif, biogéographique ou phylogénétique. Ceux qu'intéresse la spéciation au niveau théorique pourront juger de la validité de ces interprétations. On sent cependant que Wiley n'est pas à l'aise, que ce n'est pas là son domaine d'expertise. Il conclut ce chapitre en nous exposant sa façon de procéder lorsqu'il est confronté au problème pratique de la reconnaissance des espèces. Cette section s'avère intéressante, car rares sont les systématiciens à l'avoir fait de manière aussi détaillée.

La section suivante (chapitre 3) résume la pensée de Wiley sur les taxons supérieurs. Il discute d'abord en longueur du concept de nature, pour conclure que les taxons supérieurs sont naturels, selon sa définition. L'auteur aborde ensuite la question de la monophylie, de la paraphylie et de la polyphylie, avec une digression sur les problèmes soulevés en systématique par l'utilisation de la similitude globale pour délimiter les taxons supérieurs.

Les chapitres 4, 5 et 6 constituent le cœur du volume. Le propre de la phylogénétique y est exposé, et Wiley y déploie sa connaissance intime du domaine. Dans le chapitre 4, il décrit ce que sont les arbres phylogénétiques et discute la relation qui existe entre ceux-ci, les cladogrammes, et les populations, les espèces ou les taxons supérieurs. Il introduit les concepts de parcimonie et de hors-groupe. Finalement, il conclut par les types d'erreur qui se rencontrent dans l'analyse d'arbres phylogénétiques.

Au chapitre 5, l'auteur s'arrête à l'analyse de caractères et aux problèmes qu'elle soulève. C'est un chapitre crucial puisque c'est sur une telle étude que repose toute analyse phylogénétique et à cela, tout travail de systématique. Après une définition du terme « caractère » et des types de caractères, Wiley discute du problème d'homologie en relation, tout particulièrement, avec le niveau d'universalité et l'ancienneté relative des états d'un caractère. Il s'étend ensuite aux critères de reconnaissance des homologies qui, selon lui, sont de deux types : morphologiques (c'est-à-dire critères classiques) et phylogénétiques. L'auteur dit alors (p. 138) : « The « problem of homology » does not exist, however, if we admit phylogenetic relationships based on other characters as a major criterion in the hypotheticodeductive mode of hypothesis testing ». Plusieurs voudront en discuter ! Il s'attarde longuement sur ce sujet et décrit la règle de comparaison hors-groupe, pour enfin explorer les liens qui unissent ontogenèse et phylogenèse. Mais quelle est donc la notion de néoténie chez

Wiley s'il y inclut des cas où l'expression de caractères adultes non liés à la reproduction peut être modifiée par les conditions du milieu où l'organisme se trouve (cas de la salamandre *Eurecia nana*)? L'auteur poursuit avec une série d'exemples très détaillés d'analyses de caractères, tirés de la zoologie et de la botanique, où chaque étape du raisonnement est disséquée. Le chapitre se termine sur le « groundplan divergence analysis » de Wagner et les algorithmes qu'on a développé à partir de cette approche. L'auteur souligne alors la qualité fort variable et l'existence de graves défauts dans la plupart des programmes conçus pour l'analyse cladistique.

Dans le sixième chapitre, Wiley décrit la classification phylogénétique en longueur et développe tout une suite de conventions qu'il serait bon d'employer. Il défend l'idée d'une classification de type *linnéenne annotée*.

Le chapitre qui suit (chapitre 7) constitue un examen critique des concepts entretenus par les deux autres écoles généralement reconnues en systématique contemporaine : les écoles évolutive et phénétique. Il s'attarde surtout à la première, mais conclut à leur insuffisance sur des bases philosophique et théorique.

Le huitième chapitre est une revue très brève de certains concepts biogéographiques, en particulier ceux qui touchent à la biogéographie historique. L'auteur résume les principaux aspects d'une biogéographie qu'il nomme évolutive (étiquette artificielle, semble-t-il), de la biogéographie phylogénétique, développée par Hennig et Brundin, et de la vicariance géographique qu'il explore plus à fond puisqu'elle a été adoptée par les phylogénéticiens.

Les derniers chapitres (9 à 11) s'ajoutent au livre pour en faire, selon Wiley, un manuel plus complet de systématique phylogénétique. Au chapitre 9, il parle brièvement de la récolte et de la préservation des spécimens et rappelle l'importance des collections systématiques. Quant à l'analyse quantitative des caractères, c'est au chapitre 10 qu'il l'aborde, de façon succincte. Après une revue des divers types de caractères utilisés en systématique, l'auteur mentionne l'analyse univariée et s'étend ensuite à l'analyse multivariée : il décrit superficiellement les analyses en composante principale et discriminante. Le tout est trop superficiel pour faire plus que suggérer des approches au lecteur. Enfin, le dernier chapitre réunit les outils nécessaires à une bonne publication systématique : littérature taxonomique, format de publication de monographies, règles de nomenclature.

Le livre comprend une longue liste de références citées. Certains articles pertinents, publiés avant 1980 par des botanistes, manquent cependant. Néanmoins, on trouve là une bibliographie systématique extensive, ce qui n'est pas la moindre contribution de l'auteur. Un index des termes, des taxons et des noms propres suit. Le texte est

illustré de nombreux graphiques, surtout des cladogrammes, et de quelques figures lorsque des caractères sont analysés en longueur.

« Phylogenetics » est un ouvrage important car il représente la synthèse des idées que Wiley avait publiées au cours des dernières années, avec parfois des modifications de ses prises de position antérieures. Cependant, ce livre pourrait difficilement servir de texte d'introduction, car la discussion y est souvent très technique ou philosophique : on se perd parfois au milieu des arguments. De plus, le niveau est irrégulier : très avancé parfois, il devient presque simpliste lorsque des exemples sont mentionnés. Malgré cela, ce volume représente un excellent point de départ pour une discussion. Mentionnons enfin que les erreurs typographiques sont nombreuses, assez pour être gênantes. L'auteur confond les verbes « affect » et « effect ». Les idées sont parfois perdues au milieu de phrases ou de paragraphes longs. Cela laisse malheureusement l'impression que le livre fut fait avec un peu de hâte...

Luc BROUILLET

*Institut botanique
Université de Montréal*

FUTUYMA, D.J. & M. SLATKIN (édit.), 1983. **Co-evolution**. — Sinauer Associates Inc., Sunderland, Massachusetts 01375, 555 p., 15 x 22,5 cm. Relié : 46,50\$ US ; Couverture souple : 24,95\$ US.

Dans la perspective des théories de l'évolution et de la génétique des populations, chaque espèce est généralement considérée indépendamment de l'environnement, et les espèces associées, reléguées à l'arrière-plan, sont considérées comme facteur constant. L'étude des forces coévolutives fournit, de l'évolution génétique, une vue différente de celle qui est traditionnellement présentée. La théorie de la coévolution postule que les changements génétiques peuvent se produire chez toutes les espèces, par rétroaction à travers l'ensemble d'une communauté.

Le volume contient dix-neuf essais. Il examine les processus et conséquences de la coévolution à différents points de vue (génétique des populations, écologie, épidémiologie, phylogénie, systématique et paléontologie). En se basant sur des études théoriques aussi bien qu'empiriques, les auteurs fournissent des vues schématiques et tirent des conclusions générales sur la nature de la coévolution entre les compétiteurs, les mutualistes, les prédateurs et leurs proies ainsi qu'entre les parasites et leurs hôtes. Ils décrivent en profondeur la dynamique de la coévolution dans les systèmes d'espèces sympatriques, des bactéries jusqu'aux espèces carnivores.

Dans le domaine de la coévolution, la revue de la littérature dépasse sans doute la compétence d'un seul auteur, au moins dans le cas présent. Les auteurs mentionnent que leur but n'était pas

de produire une synthèse des études touchant la coévolution, ce champ de recherche étant trop nouveau et trop diversifié. L'objectif était plutôt d'illustrer l'étendue et la richesse du sujet, caractéristiques qui ne sont pas toujours apparentes dans les études de coévolution pour un seul groupe d'organismes ou un seul type d'interactions écologiques. Dans cette optique, l'achat de cet ouvrage vaut la peine, pour tous ceux qui s'intéressent à l'évolution.

Gérard J. FITZGERALD

Département de biologie
Université Laval

BREWER, P.G. (édit.), 1983. **Oceanography: The present and future.** — Springer-Verlag, New York, 392 p., 16 × 24 cm. Relié, 39,80\$ US.

Ce volume, dont le titre est tout un programme, est la résultante d'un Congrès international tenu à Woods Hole (Massachusetts, U.S.A.) à l'occasion du cinquantième anniversaire de la fondation de cette institution. Son contenu qui est ambitieux, comprend 22 articles répartis entre 4 sections principales : océanographie à petite échelle locale, océanographie à l'échelle régionale, océanographie à grande échelle et océanographie à l'échelle (dite) humaine. Ce regroupement par échelle, s'il a le mérite de classer les travaux présentés au Congrès en évitant une certaine dispersion du fait de la grande diversité des sujets, ne dégage cependant pas des blocs cohérents autour de thèmes dominants. L'on ne s'étonnera pas de retrouver à travers la majorité des articles, des idées-maîtresses comme le développement des concepts lié à celui de l'instrumentation ou le développement des institutions océanographiques nationales et la coopération internationale liés aux pouvoirs politiques et financiers.

Les contributions sont d'inégale valeur, et il convient sans doute d'en citer quelques-unes parmi les meilleures, qui pourraient inciter à faire la lecture et même l'acquisition de cet ouvrage. L'étude de J.S. Turner est intéressante à plus d'un titre. En mettant l'accent sur l'importance de la structure fine de l'océan ainsi que de la micro-structure turbulente, elle implique une révision des hypothèses de travail communément admises (océan partout turbulent en raison de ses grandes dimensions, diffusion moléculaire alors totalement négligeable). En insistant sur les processus d'interface de densité, elle souligne l'importance des choix d'échelle (en présence de turbulence liée à la double diffusion, les considérations sur le transport vertical basées sur le nombre de Cox ne sont plus valables). De ces choix peuvent dépendre et l'utilisation, et l'efficacité des modèles uni ou multidimensionnels. C. Garrett, H.T. Rossby et P. Niiler insistent tour à tour sur les mêmes considérations. G.R. Harbison ramène la controverse Haeckel-Hansen à propos des techniques *in situ* à une simple question d'échelle, et il pose à l'occasion, avec beaucoup d'à-propos, le problème

de « l'intercalibration de la perception de la vie » en mer ouverte, ainsi que la nécessité des travaux *in situ* et le développement de l'instrumentation nécessaire à ces travaux. Une autre contribution de valeur est à mon sens celle de W. Munk, qui également, souligne l'importance de la structure fine de l'océan dans les problèmes acoustiques (transmission à grande échelle) en liaison avec les ondes internes : le développement de la tomographie acoustique y est d'un intérêt certain. L'on ne pourrait passer sous silence les non moins intéressants articles de H.D. Livingston et W.J. Jenkins (sur les traceurs radio-actifs et leur utilisation en océanographie dynamique), de J.J. Childress (sur les communautés d'animaux pélagiques des grandes profondeurs et la nécessité de reconsidérer les conséquences sur l'histoire de la vie des environnements stables nutritivement pauvres), de C. Carey (sur l'utilisation de la télémétrie pour étudier les comportements de poissons face à une contrainte thermique ou en rapport avec la migration de la thermocline) et de A. Lavi (sur les sources d'énergies exploitables en mer). En mettant en exergue le droit de la mer et le pouvoir maritime, sujets ô combien ! d'actualité, E.J. Miles et A. Berman soulèvent le problème des contraintes déterminant l'orientation et le développement de l'océanographie. On pourrait seulement regretter que leurs travaux, à l'instar de ceux d'autres auteurs (au moins 5 articles) soient essentiellement, sinon totalement axés sur les U.S.A.

Cet ouvrage dans l'ensemble fort valable, a cet autre mérite d'attirer l'attention sur la nécessité de former de futurs chercheurs en océanographie. De plus, la rareté des erreurs et la mise en page très soignée ajoutent à sa qualité. Il intéressera sans doute les océanographes de toutes disciplines et qualifications.

Abdourrahmane BAH

GIROQ
Département de biologie
Université Laval

ROTHSCHILD, B.J. (édit.), 1983. **Global fisheries. Perspectives for the 1980s.** — Springer-Verlag New York Inc., 175 Fifth Avenue, New York, Springer Series on environmental management, 289 p., 16 × 24,5 cm. Relié, 34,80\$ US.

Ce volume vise à « rassembler une série de vues personnelles sur les stratégies de gestion et la formulation de politiques pour les pêches mondiales » (Introduction). Ainsi, n'est-il pas, comme on le lit sur la pochette arrière « une description et analyse compréhensive des politiques mondiales des pêches ». L'objectif de l'ouvrage est bien atteint. Les 12 articles qu'il contient offrent des perspectives et réflexions stimulantes et proposent de nouveaux angles d'attaque aux problèmes des pêches des années 1980.

L'impact de la promulgation des zones économiques exclusives (ZEE) de 200 milles, sous la nouvelle Loi de la mer, représente la toile de fond

de tout ce volume. Les ZEE sont traitées du point de vue de leur développement légal (Burke). On y décrit leur impact actuel et potentiel sur les pêches du Mexique (Székely), des États-Unis (McHugh), de l'Afrique nord-ouest (Troader) et pour le thon dans le Pacifique est (Joseph). Suivent des contributions plus générales, sur la gestion des pêches (Rothschild, Gulland, Brewer, Larkin), les aspects économiques de la gestion (Anderson), la recherche sur les pêches en général (Cushing) et dans les pays en voie de développement (Kesteven).

Plusieurs thèmes courants reviennent dans les contributions de divers auteurs. Les conséquences directes des ZEE sont déjà manifestes, mais continueront de se développer : mentionnons notamment une participation accrue des États côtiers aux bénéfices économiques des ressources halieutiques (surtout d'importance pour les pays en voie de développement), et une plus grande efficacité de pêche par le remplacement des flottes de grande pêche avec leurs bateaux-usines par des bateaux moins grands basés dans les États côtiers. Les pêches « artisanales » représentent un outil de développement d'une importance potentielle considérable (avant les ZEE, on supposait que le modèle de grande pêche était le seul souhaitable). Les organismes internationaux conservent leur raison d'être malgré les ZEE, les poissons n'ayant pas encore appris à respecter les frontières nationales. Le développement de régimes complexes de gestion, en particulier les systèmes de « quotas », a mené à la détérioration des statistiques de pêche, les pêcheurs ayant découvert que des faux rapports de captures et d'effort peuvent payer. Il en découle que la collaboration de ceux qui exploitent la ressource est essentielle à la saine gestion. En effet, chaque participant à la pêche est un gestionnaire qui doit être encouragé à agir comme tel (ceci étant évidemment très difficile quand plusieurs groupes de « gestionnaires » sont en conflit pour la même ressource!). Du côté biologique, la gestion de systèmes écologiques deviendra plus importante par rapport à la gestion actuelle espèce par espèce. Enfin, plusieurs auteurs notent la nécessité de reconnaître que la gestion des pêches est et sera en évolution permanente. Ceci représente, à mon avis, une avance philosophique importante sur le point de vue d'il y a 10-15 ans, supposant que tout sera parfait un jour.

Comme on pouvait s'y attendre dans une telle collection de réflexions d'experts, on trouve de véritables merveilles dans leur genre : la description d'un système de gestion idéal d'une simplicité, beauté et infaisabilité parfaites (Rothschild); des directives au nouveau directeur d'un centre de recherche sur les pêches dans un pays en voie de développement (Kesteven); la description des imperfections inévitables dans la gestion des pêches (Gulland). Ma préférée (Brewer) suggère qu'il y a autant de relation entre la science traditionnelle et la gestion des pêches qu'il y en a entre la taxidermie et un cirque — commentaire à première vue dur pour les scientifiques, mais qui exprime

bien le plaidoyer de l'auteur invitant les scientifiques à délaisser la recherche d'une précision accrue à l'intérieur des modèles traditionnels, pour mettre plus d'insistance sur les nouvelles initiatives.

Les contributions sont généralement rédigées dans un style stimulant, sans trop de jargon, et seront ainsi accessibles à des non-spécialistes. Le volume sera surtout utile pour les initiés, qui connaissent les problèmes des pêches et cherchent des perspectives d'avenir. Mais tous ceux qui s'intéressent à ce domaine complexe et fascinant, où la nature, la tradition, la science, l'économique, la politique et tant d'autres éléments se rejoignent, trouveront intérêt à le lire.

Howard POWLES

Pêches et Océans Canada
Direction de la recherche sur les pêches
Québec.

FENTON, M.B., 1983. **Just bats.** — University of Toronto Press, 165 p., 15 × 23 cm. Relié, 25\$; couverture souple, 9,95\$.

Ce petit livre est destiné au grand public auquel il offre une excellente introduction à la biologie générale des chiroptères. C'est l'œuvre d'un enthousiaste de cet ordre de mammifères et d'un auteur capable de communiquer son enthousiasme à son lecteur. Malgré une surabondance de publications spécialisées sur divers aspects de la biologie de ces animaux, ceux-ci demeurent peu connus, voire méconnus et redoutés. Fenton s'emploie avec succès à combattre ignorance et préjugés. Il est avant tout écologiste et éthologiste, c'est-à-dire homme de terrain. Il a passé des années, semble-t-il, à étudier les chauves-souris en nature sous tous les cieux du monde. Il nous donne un tableau général de la distribution géographique des chiroptères, de leurs subdivisions taxonomiques et de leur évolution passée. Les ailes et le vol de ces mammifères sont brièvement décrits et l'on nous procure les notions de base nécessaires pour comprendre l'écholocalisation auditive (ou écholocation, sous la forme fautive qui semble adoptée en français). Les usages de la vision et de l'olfaction sont également évoqués; les divers régimes alimentaires sont caractérisés, l'auteur en montrant bien la complexité, contrairement à d'autres qui réduisent cet aspect de la biologie des chauves-souris à une catégorisation simpliste. La douzaine de courts chapitres qui suivent relève de l'écologie et de l'éthologie des chiroptères : des problèmes de survie et des migrations au comportement social, aux incidences épidémiologiques et à la conservation, l'auteur nous présente, de l'univers des chauves-souris, un panorama d'un intérêt soutenu. Sans entrer dans les arcanes d'un traitement technique spécialisé, Fenton satisfait la curiosité du lecteur intéressé par la biologie des mammifères volants en lui fournissant une information sérieuse et mise à date : mieux encore, il éveille-

ra sûrement l'intérêt de ceux qui, jusqu'ici, n'ont pas soupçonné à quel point les chiroptères peuvent poser des problèmes biologiques d'une profondeur peu ordinaire. Une liste des principaux genres et espèces (noms scientifiques et anglais) ainsi qu'une bibliographie sommaire et un index clôturent l'ouvrage. L'illustration (nombreux croquis et une quarantaine de photographies) est de bonne qualité. Comme information générale sur

les chauves-souris, c'est-à-dire sur l'un des groupes de mammifères les plus fascinants par leurs adaptations évolutives, l'ouvrage de Fenton est à recommander vivement.

Paul PIRLOT

*Département de sciences biologiques
Université de Montréal.*

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 numéroter 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 a 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.

Maintenant disponible

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

Available now

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 110

NUMÉRO 3

1983

SCHMID, F. Encore quelques <i>Stactobia</i> McLachlan (Trichoptera, Hydroptilidae)	239-283
VANDER KLOET, S.P. Seed and seedling characters in <i>Vaccinium</i> & <i>Myrtillus</i>	285-292
CAYOUILLE, J., J.-P. BERNARD, C. ROY & M. DUBÉ Plantes vasculaires nouvelles pour le Québec : additions, échappées de culture et éphémérophytes	293-312
GRANDTNER, M.M. & G. ROY Les plantes introduites de la Petite île au Marteau (archipel de Mingan, Québec)	313-326
McELROY, A.R. & P. GERVAIS Yield-quality relationships in barley and oats grown for forage	327-333
HARVEY, M., B. VINCENT & G. VAILLANCOURT Développement et fécondité de <i>Campeloma decisum</i> (Say) (Gastropoda: Prosobranchia) en climat froid	335-342
McQUINN, I.H., G.J. FITZGERALD & H. POWLES Environmental effects on embryos and larvae of the Isle Verte stock of Atlantic herring (<i>Clupea harengus harengus</i>)	343-355
COMMUNICATIONS BRÈVES	
DUMONT, P. Mortalités, après ensemencement, d'ombles de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) appartenant à des lots atteints de furunculose ..	357-362
CHATELAIN, R. & J. CHABOT Utilisation d'accumulations de coquilles d'Unionidae comme frayères par le touladi (<i>Salvelinus namaycush</i>)	363-365
REVUE DES LIVRES	367-372

LE NATURALISTE CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 110
NUMÉRO 4
1983



UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

février 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 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 — Quatrième trimestre 1983. Bibliothèque nationale du Québec — Bibliothèque nationale d'Ottawa

**A MORPHOMETRIC ANALYSIS OF NORTH AMERICAN SHREWS
OF THE SOREX ARCTICUS GROUP, WITH SPECIAL CONSIDERATION
OF THE TAXONOMIC STATUS OF S.A. MARITIMENSIS**

C.G. VAN ZYLL DE JONG

*National Museum of Natural Sciences, National Museums
of Canada, Ottawa, Ontario K1A 0M8*

Résumé

Une analyse morphométrique multivariée (analyse canonique, distance généralisée) des formes nord-américaines du groupe *Sorex arcticus* a été réalisée pour clarifier ses relations systématiques. Elle démontre que *S. a. maritimensis* est une espèce indépendante et confirme le statut spécifique de *Sorex tundrensis*. *S. a. laricorum* du sud du Manitoba manque de netteté morphologique par rapport aux populations contiguës de l'est et de l'ouest du Canada, ce qui rend douteuse la validité de cette sous-espèce. L'histoire biogéographique et évolutionnaire de ces musaraignes est discutée.

Abstract

A multivariate morphometric analysis of the North American taxa of the *Sorex arcticus* group, using canonical variate and distance analysis, was undertaken to elucidate their systematic inter-relationships. The results confirm the specific status of *S. tundrensis* and suggest that *S. a. maritimensis* may represent a separate species. The lack of morphological distinctness of *S. a. laricorum* from southern Manitoba relative to contiguous populations of *S. arcticus* from eastern and western Canada sheds doubt on the validity of this subspecies. The biogeographical and evolutionary history of the North American forms is discussed.

Introduction

The *arcticus* group in the subgenus *Sorex* comprises a number of shrews characterized by the presence of a post-mandibular foramen, tri-coloured pelage, attenuated glans penis and, at least in the forms thus far karyotyped, trivalent sex chromosomes (YYX) in the male (Meylan & Hausser, 1973). The group, which is predominantly Palaearctic, is generally considered to be represented in the New World by two Recent species, *Sorex tundrensis* Merriam and *S. arcticus* Kerr (Jackson, 1928; Junge & Hoffman, 1981). The taxonomic status of *tundrensis* has been subject to varying opinions since Bee & Hall (1956) relegated it to subspecific status in *S. arcticus*. The question of the relationship of *tundrensis* and *arcticus* was again considered by Youngman (1975), who examined specimens of both forms from north-western North America and came to the same conclusion as Jackson (1928), i.e. that *tundrensis* and *arcticus* are specifically distinct. Unlike *S. tundrensis*, *S. arcticus* has an extensive distribution in North America (Fig. 1) and is sub-

divided into three subspecies *S. a. arcticus*, *S. a. laricorum* and *S. a. maritimensis*. The last named taxon is of particular interest from an evolutionary and zoogeographic point of view because of its restricted, allopatric distributional range.

The aim of the present study is to analyse the morphometric relationships of the Nearctic taxa, and in particular to examine the systematic status of *S. a. maritimensis*. Geographic variation within the contiguous range of *S. arcticus* could not be analysed in detail because of the lack of a sufficient number of geographic subsamples.

Materials and methods

The analyses presented here are based on data derived from 240 museum specimens (skins and skulls) including 63 *S. a. arcticus*, 16 *S. a. laricorum*, 46 *S. a. maritimensis* and 115 *S. tundrensis*. Further details on these specimens are given in the Appendix.

The variables analysed included eight cranial and five mandibular measurements: 1, greatest length of skull; 2, width of cranium; 3, least inter-

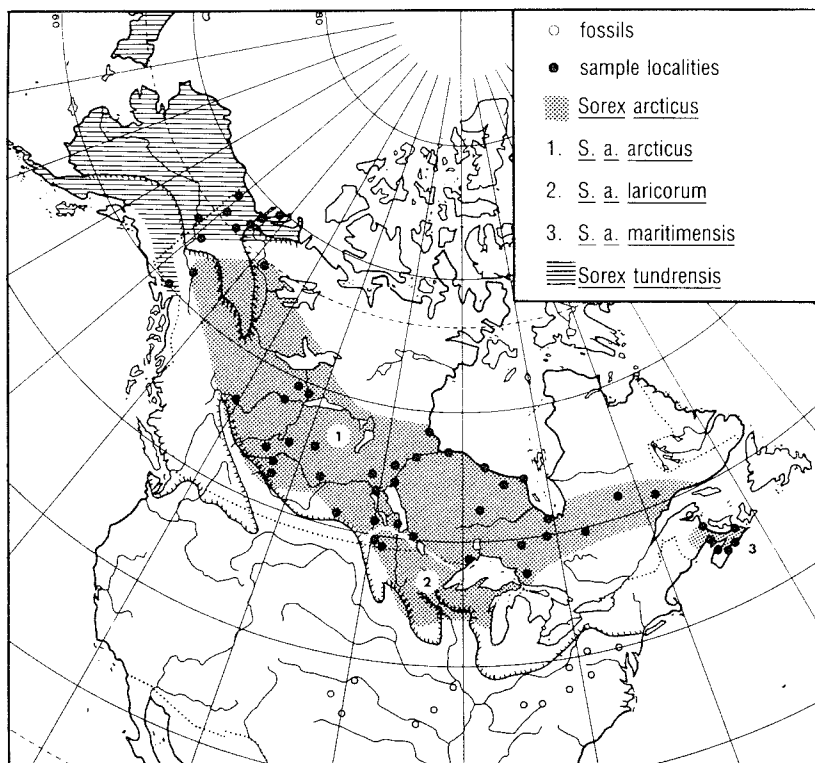


Figure 1. Map of the present distribution of shrews of the *arcticus* group in North America, localities from which specimens have been examined in this study and those from which fossil finds have been reported are shown. The maximum extent of the Wisconsin glaciation is also shown.

orbital width; 4, least width of the zygomatic plate; 5, width across M2-M2; 6, length of the upper unicuspid tooththrow; 7, P4-M3 length; 8, width across I¹-I¹; 9, length of the mandible; 10, height of the coronoid process; 11, coronoid process-condyle length; 12, greatest condylar depth; 13, width of lower condylar facet; 14, length of mandibular tooththrow. These measurements, except number 4, are defined elsewhere (van Zyll de Jong, 1980). Complete sets of measurements were taken from 134 unbroken crania and 107 entire mandibles.

In addition to cranial measurements, external measurements as well as the colour of the pelage were compared, the latter using Munsell colour standards (Anonymous, 1954).

Basic statistics were calculated for all measurements and differences between samples were tested with Student's *t* test (Simpson *et al.*, 1960). Lubischew's (1962) coefficient of discrimination and its corresponding probability of misidentification were calculated to test single characters as discriminators. Morphometric relationships of

the taxa were further assessed by canonical variate analysis and distance analysis using a computer programme modified from Davies (1971).

Results

Preliminary univariate and multivariate analyses showed that *S. a. laricorum* from southern Manitoba was more similar to *S. a. arcticus* from northern Manitoba, Alberta, Saskatchewan, the Northwest Territories and the Yukon, than the latter was to a subsample of *S. a. arcticus* from Ontario and Québec. The morphometric relationships between each of the subsamples of *S. arcticus* are shown in Table I. Because of the lack of distinctness from *S. a. arcticus*, the data for *laricorum* from southern Manitoba were combined with those for *arcticus* in subsequent analyses.

The basic statistics for the cranial and standard measurements of the three forms are shown in Table II. The means for all cranial measurements of *arcticus* and *maritimensis* differ significantly ($P < 0.01$), except for width across M2-M2 (no. 5). For purposes of discrimination, the height of

TABLE I

Distance matrix of three geographic samples of *S. arcticus* based on eight cranial measurements, 1: *S. a. arcticus* from western Canada, 2: *S. a. arcticus* from eastern Canada, 3: *S. a. laricorum* from southern Manitoba

	1	2	3
¹ <i>arcticus</i> (western Canada)	—	1.96	0.66
² <i>arcticus</i> (eastern Canada)		—	1.30
³ <i>laricorum</i> (southern Manitoba)			—

the coronoid process is the best single variable with a probability of misidentification of < 0.02 , followed by no. 1 greatest length of skull ($P = 0.11$), no. 11, coronoid process-condyle length ($P = 0.13$) and no. 4, least width of the zygomatic plate ($P = 0.14$).

Similarly, the means for the cranial measurements of *arcticus* and its western neighbour *tundrensis* differ significantly ($P < 0.001$). The best univariate discriminator is again measurement no. 10 ($P < 0.0002$), followed by no. 6, length of upper unicuspid tooththrow ($P < 0.003$), no. 1, greatest length of skull; and no. 12, greatest condylar depth ($P = 0.06$).

The results of the canonical variate analysis of all 14 variables (Table I, Fig. 2) show that the taxa form three distinct non-overlapping clusters. The differences among group means are highly significant ($P < 0.005$; $X^2 = 405.8$, d.f.28). The

morphometric relationships of the skulls of the three taxa expressed in terms of intercentroid distances indicate that *maritimensis* is much more remote from its geographic neighbour *arcticus* than from the geographically more distant *tundrensis*, which itself is well removed from *arcticus*.

The character vectors on the graph (Fig. 2) show differences in shape of the skull in the three forms. The skull of *arcticus* differs from that of *tundrensis* in greater height of the coronoid process (no. 10), longer upper unicuspid tooththrow (no. 6), relatively shorter mandible length (no. 9) and narrower interorbital width (no. 3). The skulls of *arcticus* and *maritimensis* differ in much the same way, whereas *maritimensis* differs from *tundrensis* in its greater height of the coronoid process (no. 10), greater length of the upper unicuspid tooththrow (no. 6), greater coronoid process-condyle length (no. 11); greater M2-M2 width (no. 5) and P4-M3 length (no. 7), and greater skull length (no. 1).

Externally, *arcticus* and *maritimensis* resemble each other closely in colour and dimensions, while *tundrensis* shows obvious differences from the other two. The standard measurements for *arcticus* and *maritimensis* overlap to a considerable extent, but their means for hind foot and tail length differ significantly ($P < 0.001$, $P = 0.02$). Although not differing significantly in head-body length from *arcticus* or *maritimensis*, *tundrensis* differs significantly from both in tail length ($P < 0.001$) and from *maritimensis* in hind foot length as ($P < 0.001$). Its considerably shorter tail separates *tundrensis* clearly from both *arcticus* and *maritimensis*.

TABLE II

Standard statistics for measurements (mm) of *S. a. arcticus*, *S. a. maritimensis* and *S. tundrensis*

	<i>S. a. arcticus</i>			<i>S. a. maritimensis</i>			<i>S. tundrensis</i>		
	\bar{X}	SD	N	\bar{X}	SD	N	\bar{X}	SD	N
1. Greatest length of skull	19.16	0.30	56	18.48	0.23	31	17.70	0.38	47
2. Width of cranium	9.40	0.32	56	9.15	0.20	31	8.90	0.18	47
3. Least interorbital width	3.49	0.18	56	3.24	0.11	31	3.32	0.14	47
4. Least width of zygomatic plate	1.67	0.14	56	1.40	0.10	31	1.54	0.10	47
5. Width across M2-M2	4.57	0.10	56	4.60	0.06	31	4.37	0.07	47
6. Length of upper unicuspid tooththrow	3.04	0.10	56	2.69	0.07	31	2.55	0.09	47
7. P4-M3 length	4.45	0.13	56	4.38	0.07	31	4.20	0.09	47
8. Width across I ¹ -I ¹	1.83	0.07	56	1.78	0.06	31	1.71	0.06	47
9. Length of mandible	9.69	0.30	34	9.13	0.21	26	9.06	0.17	47
10. Height of coronoid process	4.76	0.12	34	4.31	0.08	26	4.04	0.08	47
11. Coronoid process-condyle length	3.37	0.10	34	3.15	0.10	26	2.99	0.10	47
12. Greatest condylar depth	2.34	0.09	34	2.09	0.20	26	2.08	0.08	47
13. Width of lower condylar facet	1.27	0.06	34	1.16	0.19	26	1.15	0.05	47
14. Length of mandibular tooththrow	5.14	0.10	34	4.89	0.20	26	4.81	0.12	47
15. Length of head-body	68.64	8.66	34	68.26	4.57	34	67.26	6.07	56
16. Length of tail	40.52	2.76	34	42.05	2.41	34	28.67	2.43	56
17. Length of hindfoot	13.07	1.24	34	14.04	0.84	34	13.42	0.69	56

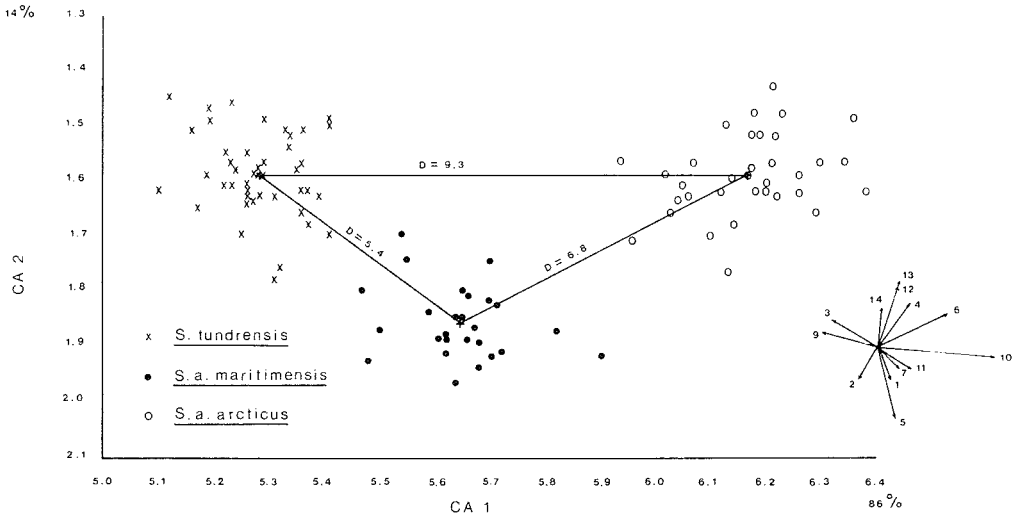


Figure 2. Position of specimens of *S. a. arcticus*, *S. a. maritimensis* and *S. tundrensensis* in the projection on the first two canonical axes. The projection of character vectors (numbers as listed in Table II) displays the relative contribution of the original variables to the canonical variates. The vector lengths equal three standard deviations. The lines connecting the three centroids represent the distances (D) separating the taxa.

timensis. The probability of misidentification based on tail length of the samples used is < 0.01 and < 0.003 , respectively.

Pelage colour in adult *arcticus* and *maritimensis* is similar, but tends to be slightly lighter in the latter. Both forms are black (10 YR 2/1) to very dark brown (10 YR 2/2) on the back; dark brown (10 YR 3/3) to dark grey brown (10 YR 4/2) on the sides, and dark greyish brown (10 YR 4/2) on the belly. I could not detect a difference in colour between summer and winter pelts of adult specimens of *arcticus* and *maritimensis*.

In the summer pelt of adult *tundrensensis* the back is dark brown (10 YR 2/2) to very dark greyish brown (10 YR 3/2), the sides grey brown (10 YR 4/2) to brown (10 YR 5/3), and the belly light brownish grey (10 YR 6/2). In winter pelage the sides and belly are grey (10 YR 5/1).

The pelage of juveniles or subadults of all three forms lack the distinct tricoloured pattern of the adult and is more nearly bicoloured with indistinct demarcation and less contrast between the back and sides. The ventral side of juveniles and subadults tends to be browner in *arcticus* and *maritimensis* and greyer in *tundrensensis*.

Discussion

The results of the foregoing morphometric analysis confirm the specific distinctness of *S. a. arcticus* and *S. tundrensensis*, and suggest that *S.*

maritimensis represents a separate species. The subspecific status of *S. a. laricorum*, or at least the occurrence of that form in southern Manitoba appears doubtful. Analysis of material from the United States is required to clarify the status of *laricorum*.

The morphological distinctness of *tundrensensis* and *arcticus* is evident even in specimens from peripheral localities of the two forms nearest to one another. Specimens of *arcticus* from the extreme northwestern part of the species' range are as different from *tundrensensis* as are those from the eastern extreme of the range. The cranium of *S. a. maritimensis* differs from that of *S. a. arcticus* in a similar way and to a similar degree as does that of *S. tundrensensis*.

The present occurrence of *S. tundrensensis* in northwestern North American and northeastern Siberia supports a Beringian origin of this species (Rand, 1954). The geographic origin of *arcticus* and *maritimensis* appears to have been the boreal life zone south of the continental ice of the last glaciation. Fossil remains assigned to *S. arcticus* from Pleistocene deposits of North America (Fig. 1) (Stephens, 1960; Guilday *et al.*, 1964, 1977; Kurtén & Anderson, 1980) support this. Whether the precursors of *arcticus* and *maritimensis* formed one contiguous population during the Wisconsin, or were already isolated in western and eastern refugia is unknown.

Significant warming of the climate between 11,000 and 9,500 years B.P. (Mott *et al.*, 1981)

in northeastern North America caused a northward shift in the distribution of boreal species including shrews of the *arcticus* group, which began to appear in more northern localities (LaSalle & Guilday, 1980) after deglaciation. The time of the establishment of present climatic conditions cannot be pinpointed exactly, but by $9,340 \pm 1000$ years B.P., the fauna in Pennsylvania was composed of modern forms (Guilday, 1971). If the precursors of *arcticus* and *maritimensis* did have their origin in the Appalachian area they may have been split into two geographically isolated populations by the Champlain Sea and ensuing water bodies, shortly after deglaciation, when the distributional range shifted northwards. Relatively high reproductive potential and short generation time characteristic of these shrews (Buckner, 1966) would have allowed evolution in the two isolates to proceed rapidly and speciation to have been completed within the relatively short period of isolation, possibly the last 9000 years.

The presence of the similar sized *S. fumeus* may be another factor in the evolutionary and zoogeographic history of the *arcticus* group in eastern North America. *S. a. arcticus* and *S. fumeus* appear to replace one another in boreal and mixed or deciduous forest zones respectively. Within the boreal forest and southern transition zones *S. a. arcticus* may be found in a variety of habitats, although preferring grass-sedge marsh and willow-alder fens (Wrigley *et al.*, 1979). On the other hand, *S. a. maritimensis*, whose distributional range is situated entirely within that of *S. fumeus*, is much more stenotopic. Available capture data indicate that *maritimensis* is restricted to areas with a vegetation of grass and sedges such as the edges of marshes, damp banks of ditches and streams, dikes, railway embankments, grassy alder copses etc. and is absent from wooded habitats where *S. fumeus* is found. The present habitat selection and restricted distribution of *maritimensis* may be a result of ecological interaction between it and *S. fumeus*.

Confirmation of the specific status of *maritimensis*, and clarification of the systematics and evolution of the North American forms of the *arcticus* group require further biometric analysis of fossil material and karyotypic and biochemical analysis of living forms.

Acknowledgments

I am grateful to S. Gorham, New Brunswick Museum (NMB), J.L. Patton, the Museum of Vertebrate Zoology, University of California, Berkeley (MVZ), R.L. Peterson, the Royal Ontario Museum, Toronto (ROM), F. Scott, the Nova Scotia Museum, Halifax (NSM) for the loan of specimens. Donna Naughton prepared the distribution map and C.H. Douglas Figure 2.

References

- ANONYMOUS, 1954. Munsell soil color charts. — Munsell Color Company, Baltimore.
- BEE, J.W. & E.R. HALL, 1956. Mammals of northern Alaska. — Kans. Mus. nat. Hist. Misc. Publ., no. 8, 309 p.
- BUCKNER, C.H., 1966. Populations and ecological relationships of shrews in tamarack bogs of south-eastern Manitoba. — J. Mammal., 47: 181-194.
- DAVIES, R.G., 1971. Computer programming in quantitative biology. — Academic Press, New York, 492 p.
- GUILDAY, J.E., 1971. The distributional history of the biota of the southern Appalachians. Part III: Vertebrates. — Res. Div. Monogr. no. 4, Virginia Polytech. Inst. and State Univ., p. 233-262.
- GUILDAY, J.E., P.S. MARTIN & A.D. McCRADY, 1964. New Paris no. 4. A Pleistocene cave deposit in Bedford County, Pennsylvania. — Bull. natl. Speleol. Soc., 26: 121-194.
- GUILDAY, J.E., P.W. PARMALEE & H.W. HAMILTON, 1977. The Clark's Cave bone deposit and the late Pleistocene paleoecology of the central Appalachian Mountains of Virginia. — Bull. Carnegie Mus. nat. Hist., no. 2, 87 p.
- JACKSON, H.H.T., 1928. A taxonomic review of the American long-tailed shrews (Genera *Sorex* and *Microsorex*). — N. Am. Fauna, no. 51, 238 p.
- JUNGE, J.A. & R.S. HOFFMAN, 1981. An annotated key to the long-tailed shrews (genus *Sorex*) of the United States and Canada, with notes on middle American *Sorex*. — Occ. Pap. Mus. nat. Hist. Univ. Kans., 94: 1-48.
- KURTÉN, B. & E. ANDERSON, 1980. Pleistocene mammals of North America. — Columbia Univ. Press, 442 p.
- LASALLE, P. & J.E. GUILDAY, 1980. Caverne de Saint-Elzéar-de-Bonaventure. Rapport préliminaire sur les fouilles de 1977 et 1978. — Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, DPV-750, 31 p.
- LUBISCHEW, A.A., 1962. On the use of discriminant functions in taxonomy. — Biometrics, 18: 455-477.
- MEYLAN, A. & J. HAUSSER, 1973. Les chromosomes des *Sorex* du groupe *araneus-arcticus* (Mammalia, Insectivora). — Z. Säugetierk., 38: 143-158.
- MOTT, R.J., J.W. ANDERSON & J.V. MATTHEWS, Jr., 1981. Late glacial paleo-environments of sites bordering the Champlain Sea based on pollen and macrofossil evidence. — Pages 129-171 in Mahaney, W.C. (ed.). Quaternary Paleoclimate Geo. Abstracts Norwich, England, 464 p.
- RAND, A.L., 1954. The Ice Age and mammal speciation in North America. — Arctic J., 7: 31-35.
- SIMPSON, G.G., A. ROE & R.C. LEWONTIN, 1960. Quantitative zoology. — Harcourt, Brace and Co., New York, 440 p.
- STEPHENS, J.J., 1960. Stratigraphy and paleontology

of a late Pleistocene basin, Harper County, Oklahoma. — Bull. Geol. Soc. Am., 71: 1675-1702.

VAN ZYLL DE JONG, C.G., 1980. Systematic relationships of woodland and prairie forms of the common shrew, *Sorex cinereus cinereus* Kerr and *S. c. haydeni* Baird, in the Canadian Prairie Provinces. — J. Mamm., 61: 66-75.

WRIGLEY, R.E., J.E. DUBOIS & H.W.R. COPLAND, 1979. Habitat, abundance, and distribution of six species of shrews in Manitoba. — J. Mamm., 60: 505-520.

YOUNGMAN, P.M., 1975. Mammals of the Yukon Territory. — Natl. Mus. nat. Sci. (Ottawa) Publ. Zool., no. 10, 192 p.

APPENDIX Specimens examined

Sorex a. arcticus (Total 63): Alberta 9 (NMC); British Columbia 1 (NMC); Manitoba 18 (NMC), 1 (ROM); Northwest Territories 2 (NMC); Ontario 19 (ROM), 3 (NMC); Québec 6 (NMC); Saskatchewan 2 (NMC), 1 (ROM); Yukon 1 (NMC).

Sorex a. laricorum (Total 16): Manitoba 16 (NMC).

Sorex arcticus maritimensis (Total 46): New Brunswick 2 (NMC), 1 (NBM); Nova Scotia 25 (MVZ), 14 (NMC), 1 (NSM), 2 (ROM), 1 (NBM).

Sorex tundrensis (Total 115): British Columbia 5 (ROM); Northwest Territories 93 (NMC); Yukon 17 (NMC).

**IMPLICATIONS OF DIFFERENCES IN EMERGENT TIMES ON GROWTH
AND BEHAVIOUR OF JUVENILE ATLANTIC SALMON
(*SALMO SALAR*) AND BROOK CHARR (*SALVELINUS FONTINALIS*)
IN SYMPATRIC STREAM POPULATIONS¹**

H.R. MacCRIMMON, T.A. DICKSON²

*Department of Zoology
University of Guelph
Guelph, Ontario N1G 2W1*

and

R.J. GIBSON

*Fisheries and Oceans
Research and Resources Services
P.O. Box 5667
St. John's, Newfoundland A1C 5X1*

Résumé

Alors qu'en cours d'eau naturel, les taux de croissance de jeunes saumons, sauvages et de pisciculture, sont ralentis lorsqu'ils vivent en sympatrie avec des ombles de plus grande taille, en bassin expérimental, chez des individus de taille équivalente évoluant dans des conditions nutritives non limitantes, aucune des deux espèces n'est avantagée. Dans les deux cas, l'ampleur et la fréquence des manifestations comportementales des ombles, des saumons sauvages et de pisciculture sont comparables. La croissance des ombles et des saumons est toutefois moindre dans le cours d'eau naturel que dans le bassin expérimental. Les auteurs discutent des conséquences écologiques de différences dans les périodes d'émergence des alevins des deux espèces.

Abstract

In a cool second-order stream with a natural supply of food, growth rates of both wild and hatchery-reared Atlantic salmon juveniles were suppressed in sympatric populations with larger wild charr. However, in an experimental stream tank, where underyearlings were of the same average size and food was unlimited, neither species had an advantage. The extent and frequency of behavioural displays utilized by charr, wild and hatchery-reared salmon were the same for the two locations. Growth of both salmon and charr was less in the tributary stream than in the experimental stream tank. The ecological implications of differences in natural alevin emergent times of charr and salmon are discussed.

Introduction

Within its native range, the Atlantic salmon (*Salmo salar*) commonly breeds in the same river systems as the brook charr (*Salvelinus fontinalis*) in North America and the brown trout (*Salmo trutta*) in Europe (MacCrimmon & Marshall, 1968; MacCrimmon & Campbell, 1969; MacCrimmon

& Gots, 1979). While the actual selection of redd sites may be species specific, the resulting progeny commonly occupy the same general nursery waters in the months following emergence (Gibson, 1973; Egglisshaw, 1970; Jones, 1970). Emergent times of the salmon are typically about a month later than those of the other two species and, hence, establish a size differential between salmon and co-resident charr or trout (Gibson, 1973; Egglisshaw & Shackley, 1973, 1977; Leclerc & Power, 1980). It has been proposed that the smaller salmon are placed at a disadvantage in terms of behaviour and growth performance and, therefore, that juvenile salmon production may

¹ Contribution no. 75 of the Woods Hole Oceanographic Institution's Matamek Research Station.

² Present address: Environmental Management Associates, 1510-10th Avenue S.W., Calgary, Alberta T3C 0J5.

be negatively affected by the presence of brook charr or brown trout in nursery streams (Lindroth, 1956; Kalleberg, 1958; Egglshaw & Shackley 1973; Gibson, 1973; Leclerc & Power 1980).

This paper reports on the findings of controlled experiments which have investigated the comparative behaviour and growth performance of wild and hatchery-reared Atlantic salmon in allopatric populations and in sympatric populations with brook charr of similar or larger size. These observations were made on fish held under simulated natural conditions in a stream tank located on the Matamec River, and in enclosures situated in Trappers Cabin Creek, a natural tributary nursery stream.

Materials and methods

Wild young-of-the-year brook charr and Atlantic salmon were netted from the Matamec River (50°18'N; 65°57'W). The hatchery-reared salmon used in 1978 were progeny of Matamec River females and Saguenay River males, and those in 1979 were the product of Matamec River adults. In both years, the ova were incubated and alevins held past exogenous feeding at the Tadoussac Fish Culture Station of the Québec Government. The wild fish were transferred directly to the experimental facilities, while the hatchery-reared fish were transported there by truck and helicopter by July 5 of each year.

The artificial stream tank was located below the second falls on the Matamec River with water supplied by gravity from the river (Gibson & Power, 1975). A head tank flowed into three channels each divided into three sections, giving a total of nine 150 × 60 cm compartments with a water depth of 30.0 ± 1.0 cm. The tank was open to natural illumination and the artificial stream bottom simulated natural stream substrate and cover conditions. The fish were observed through glass walls from a darkened blind. Six 14-day trials were made between 6 July and 28 September, 1979. During that period, water temperatures ranged from 12 to 22°C (mean 13.6°C) and mean water velocities from 14.4 to 21.6 cm·s⁻¹. In addition to natural food passing through the tanks, the fish were fed to repletion twice daily (1.0 g·fish⁻¹·day⁻¹) using freshly ground and blended shrimp (*Pandalus borealis*). Groups of six fish, consisting of wild salmon, hatchery-reared salmon or charr alone, or half mixtures of each, were placed in each experimental compartment, giving a density of 6.7 fish·m⁻². The underyearling brook charr, wild salmon and hatchery-reared salmon ranged in size from 3.5 to 5.0 cm FL (\bar{x} = 4.3 cm FL) at the initiation of each experiment.

During the summers of 1978 and 1979, field studies were conducted in the lower reaches of Trappers Cabin Creek (TC Creek), a second order nursery stream entering the Matamec River below the Fifth Falls, some 6.7 km from the estuary. Experimental enclosures, each measuring 3.5 m in length, 1.0 to 1.5 m in width and 10 to 15 cm in water depth, were blocked off using 3.2-mm mesh screening or netting. Ten metres of stream were left between areas. Each enclosure contained a pool and riffle area, and the natural stream bed, consisting of small rocks, gravel and sand, was preserved. Overhead cover was provided by the natural forest canopy.

In 1978, two 29-day experiments were conducted between 8 July and 6 September in five enclosures. Another two were undertaken over a similar period in 1979, utilizing six enclosures for the first trial and 8 enclosures for the second. Data from both years were combined. Thirty fish (wild salmon, hatchery-reared salmon, charr or 50% mixtures) were released into each compartment at a density of 0.9 fish·m⁻², approximating that of the natural resident juvenile salmonid population which was removed. Fish in the TC Creek enclosures were dependent on natural food only. Mean water temperatures were 8 to 11°C minimum, 11 to 13°C maximum. Charr used for these studies were 13% longer than the wild and hatchery-reared salmon at the initiation of each experiment (4.2 vs 3.8 cm FL aver.), and represent natural size differences between wild charr and salmon which result from the different emergence times.

At both Matamec and TC Creek test sites, measurements of fork length (±0.1 cm) and weight (±0.01 g) of the fish were made at the beginning and end of each experiment. Growth performance was calculated as percent increase in weight (g) per fish per day.

Behaviour of the salmon and charr was documented using the following criteria as suggested by Keenleyside & Yamamoto (1962) and Gibson (1973): *approach*, an attacking fish swimming at another fish without accelerating; *nip*, a fish biting another; *lateral display*, the maximal opening of all the fins with a slight concavity of the dorsal surface and the head and tail flexed upwards presenting the lateral side; *frontal display*, the fish orients with its head pointed towards another fish with the dorsal surface slightly convex, the head lower than the tail, the mouth open and the floor of the mouth slightly depressed; and *charge and chase*, a fish charges another fish at high speed and displaces it.

The behavioural display data were averaged by species/population type for each experiment.

The percentage each fish used the individual behavioural display and the growth data from individual fish were analysed using a statistical program package (2V, BMDP, Jennrich & Sampson, 1977) to determine sources of significance variation, within species for treatment effects and between species differences. The model was a one factor completely randomized block design with blocking on replicates (Steel & Torrie, 1960). Observations on similar behavioural displays by fish in the TC Creek enclosures were not suitable for statistical analysis because of visual constraints in observing the fish from above the natural setting. The rate of successful encounters, in which one fish displaces the other, was recorded as the mean number of inter/intraspecific interactions executed by each fish per unit of time.

Results

In both the Matamec and TC Creek environments, the wild salmon maintained a close association with the bottom in fast current while the charr occupied midwater positions in the water column in relation to the substrate in slower current. Observations on natural (non-confined) juvenile populations in the Matamec River supported these observations and further established that the charr were typically in currents $< 15\text{--}20\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$, and the salmon in currents $> 15\text{--}20\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Hatchery-reared salmon, although showing the same preference for fast current as wild salmon, tended to hold station just off the bottom, a position intermediate to that occupied by the wild salmon and charr.

The dominant salmon were strongly territorial and site specific, whereas the dominant charr were also territorial but less site specific within the territory. Dominant salmon were distinguished from subordinate fish by the presence of very strong parr markings; dominant charr by a bright

colouration of fins and body. In the stream tank, dominant fish of both species located themselves in upstream areas in all of the experimental chambers. Subordinate fish of both species located themselves in less competitive positions within the test chambers. In sympatric populations, dominant salmon or charr interacted more with subordinate individuals of either species than the dominant individual of the other species. Successful interspecific interactions were split evenly between the two species.

In TC Creek, in allopatric populations, both species were found throughout the experimental areas, although charr usually avoided regions of fastest water current ($> 20\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$), while salmon avoided the slowest water current. In sympatric populations, charr were located in areas near or under cover in medium ($15\text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$) or slow current and salmon were in the fastest current areas. However, salmon appeared to be displaced from areas of medium flow associated with cover, occupied in allopatric populations, to slow or medium currents in the open when in sympatry with the charr.

From behavioural observations on the salmon and brook charr underyearlings in the Matamec stream tank, it was apparent that there were differences in the extent and frequency of behavioural displays between species, and between wild and hatchery-reared salmon (Table I). The most obvious differences in single species populations was a much greater use of *approach* ($P \leq 0.05$) and a lesser use of *charge and chase* ($P \leq 0.1$) by the charr than the salmon. The number of successful encounters per individual was much greater in single species charr populations. Behavioural patterns of wild and hatchery-reared salmon were similar in allopatric populations with the exception of a slightly greater, but not significant, use of *lateral display* by the hatchery-reared fish.

TABLE I

Percentage use of each display by single and mixed populations of brook charr, Atlantic salmon (wild) and Atlantic salmon (hatchery-reared) in the Matamec stream tank

Population type	Behavioural displays (%)					Successful encounter rate (average number/fish/unit time)
	Approach	Nip	Lateral display	Frontal display	Charge and chase	
Brook charr (wild)	29.0	36.8	9.1	1.8	24.4	30
Atlantic salmon (wild)	4.9	43.0	7.2	0	42.4	8
Atlantic salmon (hatchery)	5.7	42.6	12.6	0	40.0	6
Charr with salmon (wild)	28.3	40.4	7.3	0.7	23.1	9
Charr with salmon (hatchery)	34.5	34.6	8.7	2.4	19.8	12
Salmon (wild) with charr	13.5	38.5	6.1	0	41.8	8
Salmon (hatchery) with charr	10.6	39.2	13.1	0	37.0	14

In mixed populations, the rate of successful encounters by the charr decreased substantially (Table I). Otherwise, the behaviour patterns of the charr and salmon were little different in sympatric from allopatric populations except for a pronounced increase in the use of *approach* ($P \leq 0.05$) by both wild and hatchery-reared salmon. Hatchery-reared salmon again made a greater (non-significant) use of *lateral display* than wild salmon. Only the charr used *frontal display* in either allopatric or sympatric populations.

Less precise observations, because of the viewing angle from above, made on the behaviour of salmon and charr in the TC Creek enclosures distinguished no apparent differences in the percentage use of behavioural displays or encounter rates from those quantified in the Matamec stream tank within either allopatric or sympatric populations.

Comparison of growth performance (mean weight gain) of the young-of-the-year brook charr, wild salmon and hatchery-reared salmon in the Matamec stream tank reveals a strong similarity in growth rate among species with a tendency of the wild and hatchery-reared salmon to do better than the charr whether in allopatric or sympatric populations (Fig. 1). Analysis of variances showed observed differences in growth not to be significant.

Mean weight gain of the charr and salmon in the TC Creek enclosures was considerably lower than in the Matamec stream tank for each species, whether in allopatric or sympatric populations (Fig. 1). The wild and hatchery-reared salmon grew better than charr in allopatric populations but the

opposite was true in sympatric populations. In this latter situation, the charr showed an increase in growth rate, while the hatchery-reared and wild salmon showed a decrease from that shown in allopatric populations. Observed differences in growth were not significant.

Discussion

Observations on behavioural patterns in the Matamec stream tank and those in TC Creek show the juvenile charr to utilize a broader and more balanced repertoire of displays than the salmon. However, in sympatric populations of charr and salmon, the salmon tended to adopt display characteristics more like those of the charr, especially in their use of *approach*, although *frontal display* was not used. Since the off-bottom position in fast water that the hatchery-reared salmon were observed to occupy in the water column subjects them to full force of the current, their greater use of *lateral display*, when compared with the charr or wild salmon, may reflect a lower energetic cost in the use of this type of behaviour in the faster water current (Symons, 1968; Cole, 1976; McNicol, 1979). Several authors have noted an increase in the use of *lateral display* behaviours by salmonids in faster water current (Mason, 1969; Cole 1976; Gibson, 1978; McNicol, 1979).

The generally low encounter rates (Table I) for both charr and salmon in sympatry suggest that direct aggression may become a less important activity than, say, feeding once within-species and population hierarchies have become established. Also, interactions between the two salmonid species are facilitated by the similarity of behavioural displays (Kalleberg, 1958; Gibson, 1973).

The slower growth rate of brook charr and salmon juveniles in TC Creek is not surprising in view of lower summer water temperatures in comparison to the Matamec River, and because of their dependence on natural autochthonous and allochthonous organisms for food. As the test density ($0.9 \text{ fish} \cdot \text{m}^{-2}$) was approximately that occurring naturally in the stream, our findings suggest that the combined effects of differences in food availability and summer water temperatures between lower and higher order streams may partially account for ranges in the age of emigrating smolts occurring on many watersheds.

In stream tank studies undertaken by Laarman (1969) and Stein *et al.* (1972), the dominant species displaced the subordinate species within the area of habitat overlap and exhibited an increase in mean growth rate in sympatric versus allopatric populations. This was what occurred in TC Creek where the growth performance of the hatchery-

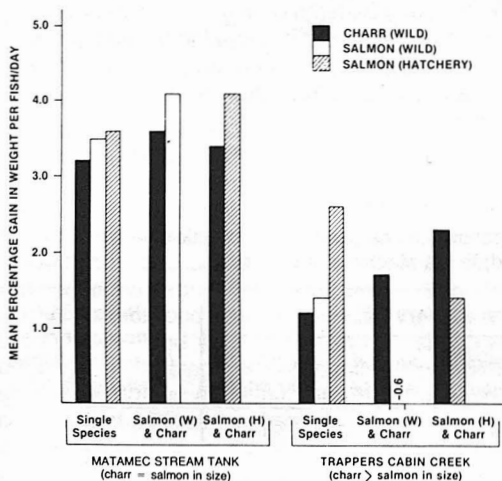


Figure 1. Growth rates (percentage gain by weight, $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$) of young-of-the-year wild brook charr, wild salmon and hatchery-reared salmon in allopatric and sympatric populations at the two experimental sites.

reared and wild salmon were suppressed in the presence of young-of-the-year charr of larger size and is similar to the study of Eggishaw & Shackley (1973) with salmon and brown trout in that differences in the relative size of the two species is disadvantageous to the salmon in terms of growth performance. The difference in growth occurs because the upper ranks of the social hierarchy established in sympatric populations is dominated by individuals of the dominant species. Therefore, the mean growth rate for the dominant species is the product of a larger percentage of dominant individuals than is possible for an allopatric population in the same area. Hence, there is an increase in the mean growth rate over that in an allopatric population. Similarly, for the subordinate species there is a decrease in growth.

However, in the Matamec stream tank, where there was no difference in average fish size and food was abundant, both the salmon and the charr sustained good growth rates in mixed populations. In fact, there was an observed increase in mean growth rates of both salmon and charr over that noted in isolated populations although not statistically significant. It could be postulated that this occurred because in allopatric populations in the stream tank there was one dominant fish, but in sympatric populations each species had a dominant individual which did not participate in an integrated 'nip-right' (Newman, 1956). Therefore, the proportion of dominant to subordinate individuals increased in sympatric populations and the mean growth rate was the product of a larger percentage of dominant individuals of each species than was possible for an allopatric population in the same area. Thus, the growth performance of neither wild nor hatchery-reared salmon would seem to be appreciably affected by the presence of charr of the same average size.

Our present findings show that young-of-the-year salmon are at a disadvantage when in association with young-of-the-year brook charr of larger size. The earlier natural emergence of brook charr alevins from the gravel before the Atlantic salmon alevins gives the charr an advantage in both growth and behaviour over the later emerging salmon. Competition between the two species, however, is minimized by interactive segregation, with partitioning of habitat (Keenleyside, 1962; Gibson, 1966) and food (Williams, 1981). Future studies, especially using natural populations, are necessary to more fully understand charr and salmon interactions, and provide a biological basis for the management of salmon rivers in eastern Canada.

Acknowledgments

This paper reports on a part of the findings of a study supported jointly by operating grants to the senior

author by the National Science and Engineering Research Council (NSERC) and the Woods Hole Oceanographic Institution. Our appreciation is extended to the Government of Québec for their production of the hatchery-reared salmon at the Tadoussac Hatchery. We would also like to thank Mrs. B. Gots for her help with the manuscript preparation.

References

- COLE, K.S., 1976. Social behavior and social organization of young rainbow trout, *Salmo gairdneri*, of hatchery origin. — M.Sc. thesis, Univ. Guelph, Ontario, 100 p.
- EGGLISHAW, H.J., 1970. Production of salmon and trout in a stream in Scotland. — *J. Fish Biol.*, 2: 117-136.
- EGGLISHAW, H.J. & P.E. SHACKLEY, 1973. Experiment on faster growth of salmon (*Salmo salar* L.) in a Scottish stream. — *J. Fish Biol.*, 5: 197-204.
- EGGLISHAW, H.J. & P.E. SHACKLEY, 1977. Growth, survival and production of juvenile salmon and trout in a Scottish stream, 1966-75. — *J. Fish Biol.*, 11: 647-672.
- 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., 1973. 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., 1978. The behavior 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. & G. POWER, 1975. Selection by brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) of shade related to water depth. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 32: 1652-1656.
- JENNRICH, R. & P. SAMPSON, 1977. Analysis of variance and covariance including repeated measures. — Pages 540-580 in M.B. Brown (ed.), *BMPD-77*, Biomedical Computer Programs, P. Series. University of California Press, London, 880 p.
- JONES, A.N., 1970. A study of salmonid populations of the River Teify and tributaries near Tregaron. — *J. Fish Biol.*, 2: 183-197.
- KALLEBERG, H., 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout. — *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottingholm*, 39: 55-98.
- KEENLEYSIDE, M.H.A., 1962. Skin diving observations of Atlantic salmon and brook trout in the Miramichi River, New Brunswick. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 19: 625-634.
- KEENLEYSIDE, M.H.A. & F.T. YAMAMOTO, 1962. Territorial behavior of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). — *Behavior*, 19: 139-169.
- LAARMAN, P.W., 1969. Effects of a limited food supply

- on growth rates of coho salmon and steelhead trout. — Trans. Am. Fish. Soc., 98: 393-397.
- LECLERC, J. & G. POWER, 1980. Production of brook charr and ouananiche in a large rapid tributary of the Caniapiscou River, northern Québec. — Env. Biol. Fish., 5: 27-32.
- LINDROTH, A., 1956. Distribution, territorial behavior and movements of sea trout fry in the River Indalsälven. — Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm, 36: 104-119.
- MacCRIMMON, H.R. & J.S. CAMPBELL, 1969. World distribution of brook charr, *Salvelinus fontinalis*. — J. Fish. Res. Bd Can., 26: 1699-1725.
- MacCRIMMON, H.R. & B.L. GOTS, 1979. World distribution of Atlantic salmon, *Salmo salar*. — J. Fish. Res. Bd Can., 36: 422-457.
- MacCRIMMON, H.R. & T.L. MARSHALL, 1968. World distribution of brown trout, *Salmo trutta*. — J. Fish. Res. Bd Can., 25: 2527-2548.
- MASON, J.C., 1969. Hypoxial stress prior to emergence and competition among coho salmon fry. — J. Fish. Res. Bd Can., 26: 63-91.
- McNICOL, R.E., 1979. Territory defense among juvenile brook charr (*Salvelinus fontinalis*) in an artificial stream channel. — M.Sc. thesis, Univ. of Guelph, Ontario, 119 p.
- NEWMAN, M., 1956. Social behavior and interspecific competition in two trout species. — Physiol. Zool., 29: 64-81.
- STEEL, R.G.D. & J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. — McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 481 p.
- STEIN, R.A., P.E. REIMERS & J.D. HALL, 1972. Social interaction between juvenile coho (*Oncorhynchus kisutch*) and fall chinook salmon (*O. tshawytscha*) in Sixes River, Oregon. — J. Fish. Res. Bd Can., 29: 1737-1748.
- SYMONS, P.E.K., 1968. Increase in aggression and in strength of the social hierarchy among juvenile Atlantic salmon deprived of food. — J. Fish. Res. Bd Can., 25: 2387-2401.
- WILLIAMS, D.D., 1981. The first diets of post-emergent brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) alevins in a Québec river. — Can. J. Fish. aquat. Sci., 38: 765-771.

RELATION ENTRE LA QUALITÉ DU MILIEU ET LES GROUPEMENTS BENTHIQUES DANS LA ZONE LITTORALE DU SAINT-LAURENT

G. VAILLANCOURT et M. LAFERRIÈRE

Groupe de recherche sur les écosystèmes aquatiques (GRÉA)
Département de chimie-biologie
Université du Québec à Trois-Rivières
C.P. 500, Trois-Rivières, Québec G9A 5H7

Résumé

Nous avons étudié le benthos récolté à onze stations du Saint-Laurent en vue de définir les différents gradients de pollution. Le groupement à *Bithynia tentaculata* et *Sparganophilus tamesis* est typique des zones littorales propres; celui à *Peloscocox ferox* et *Limnodrilus hoffmeisteri* typique d'un milieu légèrement pollué. L'espèce eurytope *L. hoffmeisteri* est omniprésente: en forte densité en milieu pollué sur substrat vasosableux, en faible densité sur substrat sableux.

Les indices de diversité et de régularité calculés sur le benthos confirment le degré d'altération des biotopes définis par l'analyse physico-chimique. L'analyse factorielle des correspondances taxons-stations distingue les stations en fonction de la qualité des biotopes et du benthos qui les colonise.

Abstract

Benthos samples were collected at 11 sites in the St. Lawrence River in order to establish the water pollution level. The *Bithynia tentaculata* and *Sparganophilus tamesis* association is typical of non-polluted littoral areas, whereas the *Peloscocox ferox* and *Limnodrilus hoffmeisteri* association is typical of slightly polluted areas. The euryoecious species *L. hoffmeisteri* is always present, at high density in polluted areas on a silt-sand substratum, and at low density on a sandy bottom.

The diversity and equitability indexes computed on the benthos samples confirm the pollution level shown in the physical and chemical analysis. Reciprocal averaging of the benthos per site data enables a distinction to be made between sites in relation with the quality of the biotopes and the observed benthic fauna.

Introduction

Bien que plusieurs auteurs aient étudié la qualité des eaux douces du Saint-Laurent (Dumas *et al.*, 1976, 1977; Vaillancourt *et al.*, 1976; Gouin & Lalo, 1977; Vincent & Vaillancourt, 1978), aucun n'a étudié les groupements benthiques en vue d'établir un système de classification de la qualité de l'eau (Lamarche *et al.*, 1982).

Afin d'établir le rôle indicateur des groupements benthiques du Saint-Laurent, un programme d'échantillonnage fut poursuivi entre les mois de juin et octobre 1978 pour (1) évaluer, par le biais d'analyses physico-chimiques des eaux et des sédiments, le degré d'altération de deux milieux, (2) analyser la communauté benthique et (3) mettre en relation la mesure d'altération et le benthos. Nous avons aussi vérifié la performance des indices de diversité (Shannon, 1948; Simpson,

1949; Menhinick, 1964), de régularité H/H max (Pielou, 1966), ainsi que la proportion des oligochètes dans le benthos et leur abondance comme estimateurs de la qualité des milieux étudiés.

Matériel et méthode

SITES D'ÉCHANTILLONNAGE

Deux sites d'échantillonnage ont été retenus: l'un sur la rive sud, l'autre sur la rive nord du Saint-Laurent. Le premier (fig. 1) est localisé dans le delta d'un affluent mineur du Saint-Laurent, qui reçoit, peu avant l'embouchure, un volume important d'eaux usées de nature organique. La profondeur moyenne des stations en période d'étiage (fin août) est d'environ un mètre. Des herbiers à dominance de *Vallisneria americana* caractérisent ce milieu.

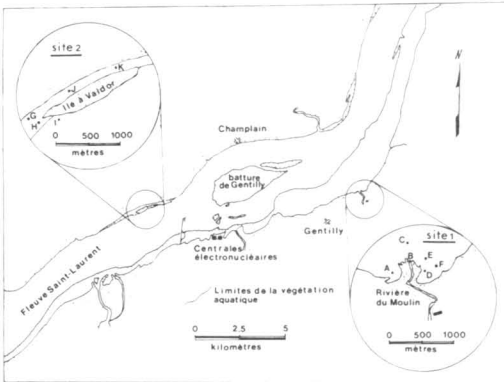


Figure 1. Emplacement des stations d'échantillonnage.

Le site 2 est dans une partie du fleuve qui reçoit les effluents de l'industrie papetière en plus des eaux usées de nature organique originant des municipalités sises en aval du site. Le couloir formé par l'île à Valdor et la terre ferme supporte une forte biomasse de macrophytes: *Vallisneria americana*, *Scirpus americanus*, *Sagittaria latifolia*, *Pontederia cordata* et *Nuphar variegatum*. La profondeur des stations est d'environ 1,5 m en période d'étiage, sauf celle de la station 1 qui atteint 2,5 m.

ANALYSE DE L'EAU ET DES SÉDIMENTS

À chacune des stations, on a déterminé une fois par mois, de juin à septembre, l'alcalinité totale, le calcium, la numération des coliformes totaux, la conductivité, les ortho-phosphates, l'oxygène dissous, le pH, le tannin-lignine, la température et la turbidité. Les analyses ont été réalisées suivant les techniques suggérées par l'American Public Health Association (1975).

Le pH, le pourcentage de matière organique, le phosphore et le calcium des sédiments furent déterminés en juillet et en septembre. Compte tenu de la stabilité relative des substrats durant la période d'étude (Long, 1979), nous avons fait une seule fois l'analyse granulométrique, en juillet. Les sédiments ont été recueillis avec une benne Petersen de 0,1 m² et leur analyse chimique a été réalisée suivant les techniques préconisées par l'American Public Health Association (1975). La détermination de la texture du sédiment fut faite à l'aide d'une colonne de tamis (1 410 µm, 841 µm, 500 µm, 50 µm et fond de tamis). Après séchage à l'étuve (110°C), le sédiment a été criblé durant 30 minutes. Les particules retenues à chaque niveau ont été pesées et leur pourcentage calculé. La méthode de Boyoucos (1936) a été utilisée pour déterminer le pourcentage de particules fines non retenues par les tamis.

ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSE DU BENTHOS

On a échantillonné le benthos une fois par mois de juin à octobre, au moyen d'une benne Petersen de 0,1 m². Le tamisage des échantillons a été fait sur le terrain à l'aide d'un treillis de 500 µm de vide de mailles. Tous les éléments ont été déterminés à l'espèce sauf les chironomides et quelques oligochètes dont l'identification s'est arrêtée au genre. À l'aide des données obtenues, nous avons examiné la composition des groupements benthiques d'après la similarité des pourcentages de Whittaker (1952), d'après certains indices de diversité (Shannon, 1948; Simpson, 1949; Menhinick, 1964), de régularité H/H max (Pielou, 1966), selon deux indices basés sur l'abondance des oligochètes (Goodnight, 1973), ainsi que d'après l'analyse factorielle des correspondances.

Résultats

SÉDIMENTS ET EAU

L'analyse granulométrique effectuée à toutes les stations indique que les textures du sédiment sont des sables (B, I), des sables vaseux (A, C, D, E, F, G, H, K) et des sables gravelo-vaseux (J) (fig. 1).

Une numération de plus de 215 000 bactéries coliformes par 100 ml, des concentrations d'ortho-phosphates de l'ordre de 0,9 mg/L P et des concentrations d'oxygène dissous inférieures à 4,5 mg/L classent la station B du site 1 dans la catégorie «sérieusement polluée» selon les normes établies par Gaufin & Tarzwell (1952), McKee & Wolf (1963), Nisbet & Verneaux (1970) et Olive (1976). Les stations D, E et F, toutes en aval de l'affluent, sont affectées à différents degrés; elles sont sujettes à de fortes contaminations bactériennes (> 240 000 bactéries/100 mL en août) et à des concentrations élevées de phosphore dans les sédiments (> 300 mg/L). Les concentrations d'oxygène dissous y sont néanmoins élevées. Le nombre de bactéries coliformes en juillet et août (50 000 et 240 000 m/L), la concentration en ortho-phosphates en juin (0,4 mg/L P), les valeurs moyennes d'acide tannique au cours des trois derniers mois (1,02 mg/L), les fortes turbidités de juillet et de septembre (28 et 36 mg/L SiO₂) indiqueraient que la station D est la station la plus affectée par les rejets d'eaux usées. Les valeurs obtenues à la station témoin A (tableau I) sont indicatrices d'un milieu peu contaminé: une teneur relativement élevée en oxygène dissous, une faible turbidité, un nombre peu élevé de bactéries coliformes (110 à 900/100 mL pour les trois premiers mois). Un nombre de bactéries coliformes élevé en septembre (20 000/100 mL) aux stations A et C dénote une

TABLEAU I

 Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques de l'eau
 et des sédiments mesurés aux stations d'échantillonnage

Variable	Site 1						Site 2				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
EAU											
Alcalinité totale (mg/L CaCO ₃)	61,0	74,6	70,2	68,0	67,2	67,5	33,6	30,8	32,2	34,8	34,8
Calcium (mg/L Ca)	16,6	6,8	11,0	15,6	17,9	17,9	8,2	7,9	7,5	9,0	9,1
Coliformes totaux (n/100 mL)	6 290	215 000	13 328	74 254	61 212	64 225	15 275	22 425	32 775	14 100	4 075
Conductivité (μS/cm)	241	261	241	240	246	248	124	114	119	131	126
Ortho-phosphate (mg/L P)	0,08	0,9	0,2	0,2	0,2	0,08	0,05	0,1	0,09	0,08	0,08
Oxygène dissous (% de saturation)	122,3	51	122,7	134,2	90	119,5	90	85,7	82,5	109	83,7
Oxygène dissous (mg/L)	11,1	4,5	11,2	11,7	11,4	10,8	8,0	7,7	7,5	9,6	9,6
pH	8,65	7,77	8,70	8,92	8,86	8,84	7,27	7,16	7,16	7,77	7,52
Tannin-lignine (mg/L acide tannique)	0,51	1,73	0,76	0,86	0,64	0,85	1,37	1,29	1,33	1,10	1,01
Température (°C)	18,1	20,9	17,8	19,0	18,5	18,3	19,4	19,0	18,8	19,5	19,3
Turbidité (mg/L SiO ₂)	14	49	18	20	18	18	17	18	18	16	20
SÉDIMENTS											
pH des sédiments	6,7	6,4	6,4	6,2	6,8	5,8	5,5	6,2	6,1	5,0	5,1
Matière organique (%)	2,4	0,2	1,8	1,5	2,0	2,0	2,6	1,8	1,0	4,1	2,7
Phosphore (mg/L)	155	98	384	391	352	306	105	118	91	91	98
Calcium (mg/L)	1 615	275	1 132	998	1 873	1 231	542	509	460	1 065	749
Granulométrie	SV	S	SV	SV	SV	SV	SV	SV	S	Sgv	SV

certain contamination en amont de l'embouchure de la rivière. La station C semble légèrement polluée: nombre moyen de bactéries coliformes de 13 325/100 mL et concentration en ortho-phosphate de 0,2 mg/L. La teneur en oxygène dissous indique toutefois une sursaturation du milieu.

L'alcalinité totale moyenne de l'eau du site 1 est de 68 mg/L de CaCO_3 tandis que les concentrations de calcium (15,3 mg/L Ca) des eaux sont inférieures à la moyenne du secteur: 28,0 mg/L Ca (Dumas *et al.*, 1977). Les valeurs de pH sont dans l'ensemble plus élevées que celles de Dumas *et al.* (1977); les stations polluées, caractérisées par la présence sporadique de «fleurs d'eau», ont les valeurs de pH les plus élevées du site 1, les milieux étudiés sont très différents du second site, conséquence de la faible teneur en calcium des eaux et des sédiments (tableau I). Nous y avons mesuré des valeurs de pH plus faibles, une conductivité peu élevée et de faibles valeurs d'alcalinité; la pollution bactérienne est importante et explicable par la proximité de centres urbains en amont. Les stations I et H, les plus près de la voie navigable du Saint-Laurent (fig. 1), sont particulièrement touchées par ce type de pollution. À la station I, nous avons obtenu les valeurs les plus faibles d'oxygène dissous au cours des trois premiers mois (87%, 94% et 80% de saturation). Les sédiments des stations J et K, situées dans le couloir formé entre l'île et la terre ferme, ont des pH très bas et des proportions élevées de matière organique. À certains moments cependant, le pH de l'eau est très élevé et les pourcentages de saturation en oxygène très forts.

BENTHOS

Nous avons récolté 35 144 organismes benthiques et identifié 97 taxons parmi lesquels sont représentés 56 espèces et 41 genres (tableau II). Les groupes taxonomiques les mieux représentés dans l'ensemble de nos échantillons sont les oligochètes (52,8%), les chironomides (14,9%), les gastéropodes (13,9%), les crustacés (8,2%) et les lamellibranches (3,2%). Les stations les plus contaminées (tableau I) sont caractérisées par un petit nombre de taxons, un grand nombre d'oligochètes ou encore par l'absence d'organismes (stations B, D, H, I).

Dans le but de classer les stations à partir de leur composition faunistique, nous les avons regroupées selon la similarité des pourcentages de Whittaker (1952). La moyenne des pourcentages de chacune des matrices de similarité est de 52,9% en juin, 48,8% en juillet, 32,8% en août, 29,7% en septembre et 32,9% en octobre. Soulignons le décalage important qui se produit entre

les mois de juillet et août. Ceci résulte de l'abondance et de la diversification des taxons, qui sont maximales à compter d'août. Conséquemment, les stations sont alors mieux individualisées du point de vue faunistique.

La présence d'oligochètes est souvent associée aux mauvaises conditions d'un milieu (Hynes 1959, 1960; Goodnight, 1973; Milbrink, 1973; Gross, 1976). Nous avons enregistré plus d'oligochètes (Tubificidae) aux stations B, D, E et F du site 1 qu'à la station témoin A (tableau III). Au site 2, les stations G et H ont les moyennes d'oligochètes les plus élevées alors que la station I a la plus faible moyenne. Notons l'écart important entre la station G et les stations J et K, toutes trois situées dans la zone littorale.

Les stations A, C, J et K sont celles où l'abondance relative des oligochètes est la plus faible. À ces mêmes stations, les pourcentages diminuent au cours des trois premiers mois. Les pourcentages maximaux ont été enregistrés aux stations H, D et B alors que les valeurs les plus faibles furent notées aux stations C et K.

L'indice de Shannon (1948) nous a permis de mesurer la diversité des communautés; les indices les plus faibles ont été enregistrés aux stations B, D, E, G et H alors que les indices les plus élevés ont été enregistrés aux stations A et J (fig. 2).

Les indices de régularité H/H max (Pielou, 1966) plus élevés signifient une plus grande diversité de la faune benthique à une station (fig. 2). Ces indices ont été trouvés aux stations I, C et A alors que les indices les plus faibles ont été enregistrés aux stations B, D, F, G et H. Les indices des stations B et D sont dans l'ensemble inférieurs à ceux des autres stations alors que ceux de la station I sont nettement supérieurs à ceux des autres stations.

Nous avons calculé l'indice de diversité de Simpson (1949) pour chacune des stations, à chaque mois (fig. 2). Pour un organisme qui entre dans une communauté et rencontre deux individus au hasard, cet indice indique la probabilité que ces deux organismes appartiennent à différentes espèces; un indice élevé est indicateur d'un plus grand nombre d'espèces. Les indices les plus élevés sont trouvés aux stations A, C, I et J. Les indices les plus faibles appartiennent aux stations B, D, G et H.

L'indice de Menhinick (1964), le plus simple des indices, est très près du rapport «nombre d'espèces/nombre d'individus». Les valeurs maximales ont été observées aux stations I, J, K et A. Les valeurs minimales ont été trouvées aux stations B et D (fig. 2).

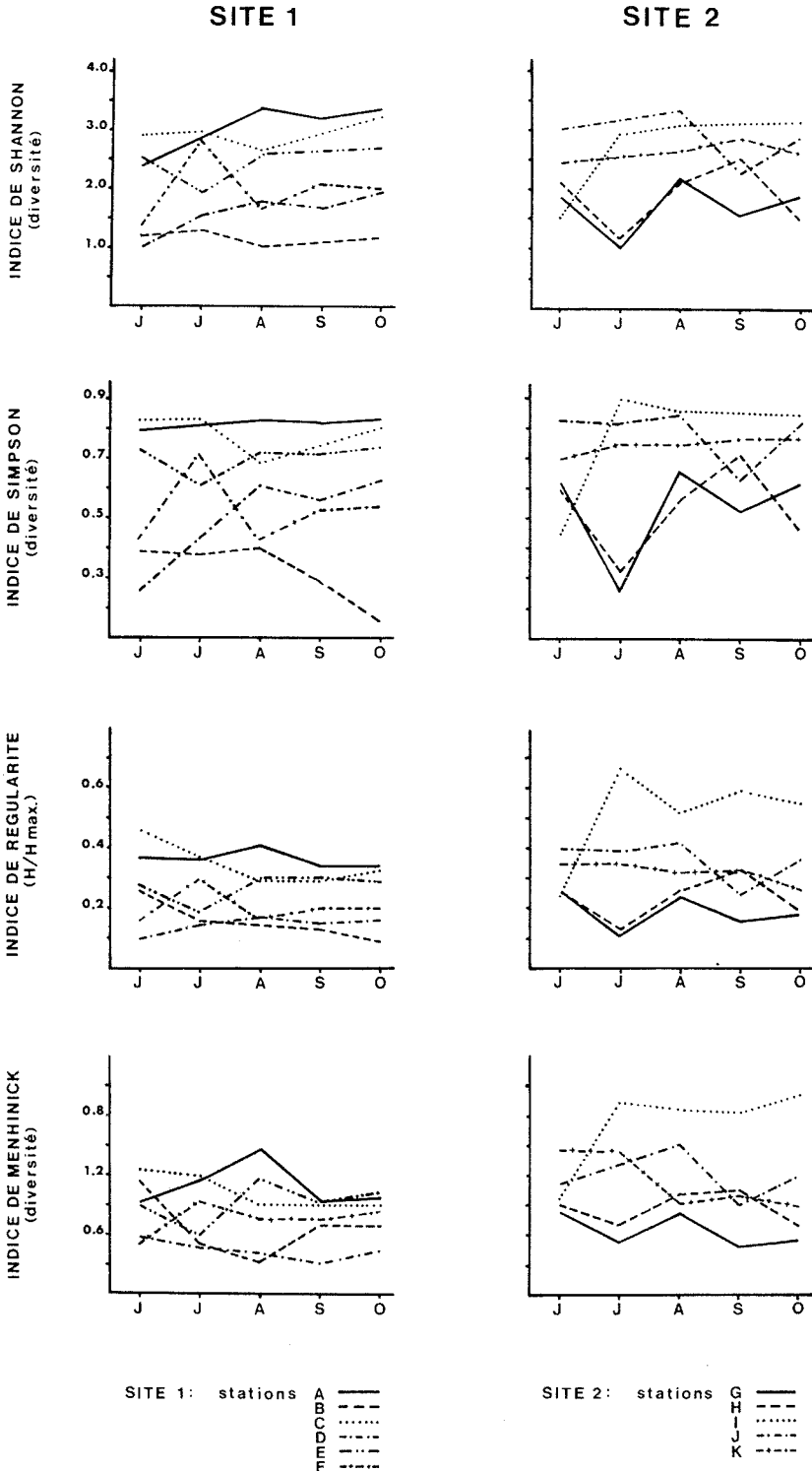


Figure 2. Qualité des milieux d'après la valeur des indices de diversité et de régularité.

TABLEAU II

Abondance (ind./m²) et répartition du benthos récolté aux stations pendant la période d'échantillonnage

Taxon	Site 1						Site 2				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
GASTÉROPODES											
<i>Amnicola limosa</i> (Say)	4	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1
<i>Bithynia tentaculata</i> (Linné)	153	3	154	42	220	155	21	33	2	87	304
<i>Lymnaea elodes</i> (Say)	1	0	1	3	1	5	1	0	0	0	0
<i>Lymnaea stagnalis</i> (Say)	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4
<i>Physa gyrina</i> Say	22	1	59	34	34	33	1	1	0	3	4
<i>Gyraulus deflectus</i> (Say)	0	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Gyraulus parvus</i> (Say)	4	0	4	1	4	2	0	0	1	3	0
<i>Helisoma anceps</i> (Menke)	3	0	19	1	1	4	1	0	0	7	2
<i>Helisoma campanulata</i> (Say)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1
<i>Helisoma trivolvis</i> (Say)	3	0	1	1	7	11	0	0	0	0	0
<i>Valvata sincera</i> Say	350	5	604	63	385	263	0	0	0	11	0
<i>Valvata tricarinata</i> (Say)	86	2	21	4	5	7	1	0	0	1	2
LAMELLIBRANCHES											
<i>Pisidium amnicum</i> (Müller)	7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
<i>Pisidium compressum</i> Prime	1	0	5	0	0	3	0	0	2	1	1
<i>Pisidium equilaterale</i> Prime	0	0	1	3	3	0	3	3	2	47	5
<i>Pisidium henslowanum</i> (Sheppard)	4	0	11	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Pisidium supinum</i> Schmidt	12	1	27	1	13	10	3	2	3	2	1
<i>Pisidium variabile</i> Prime	5	0	5	5	1	1	21	7	1	9	5
<i>Pisidium</i> (embryo)	95	1	91	2	18	59	40	4	14	45	3
<i>Sphaerium corneum</i> (Linné)	3	0	3	3	31	11	7	0	3	7	1
<i>Sphaerium lacustre</i> (Müller)	11	0	12	15	19	16	1	1	0	3	1
<i>Sphaerium transversum</i> (Say)	2	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0
HIRUDINÉES											
<i>Erpobdella punctata</i> (Leidy)	63	0	20	5	90	30	107	10	1	38	41
<i>Nepheleopsis obscura</i> Verrill	1	0	1	0	3	1	1	0	0	0	1
<i>Mooreobdella microstoma</i> (Moore)	1	1	2	11	111	36	15	16	1	6	11
<i>Batrachobdella phalera</i> (Graf)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3
<i>Glossiphonia complanata</i> (Linné)	5	0	0	2	3	5	23	1	0	6	9
<i>Glossiphonia heteroclita</i> (Linné)	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	13

<i>Helobdella elongata</i> (Castle)	0	1	0	4	12	22	1	0	0	5	4
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linné)	0	0	1	0	1	10	77	1	1	41	16
<i>Helobdella triserialis</i> (Castle)	3	0	1	1	5	0	1	0	0	1	3
<i>Theromyzon tessulatum</i> (Müller)	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
OLIGOCHÈTES											
<i>Sparganophilus tamesis</i> Benham	217	1	103	0	3	9	0	0	0	5	4
<i>Eclipidrilus lacustris</i> (Verrill)	1	0	0	1	0	0	1	2	3	11	15
<i>Lumbriculus variegatus</i> (Müller)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparède	0	1	1	0	0	0	11	5	5	1	1
<i>Paranis litoralis</i> (Müller)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Aulodrilus pluriset</i> a (Piguet)	0	0	0	0	0	0	5	31	5	0	0
<i>Limnodrilus cervix</i> Brinkhurst	0	21	2	45	2	19	3	16	1	2	1
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède	98	515	119	4674	1113	2300	1189	674	61	208	253
<i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparède	0	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0
<i>Pelosclex ferox</i> (Eisen)	0	0	0	1	0	0	0	251	27	3	1
<i>Potamoithrix moldaviensis</i> Vejdovsky et Mrazek	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1
<i>Potamoithrix vej dovskyi</i> (Hrabe)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tubifex tubifex</i> (Müller)	1	5	2	65	9	27	11	8	0	1	0
Tubificidae ind.	2	9	0	449	51	63	20	5	0	2	0
INSECTES											
<i>Chironomus</i> Meigen, 1803	112	35	311	2009	38	153	0	16	2	1	1
<i>Cryptochironomus</i> Kieffer, 1918	11	0	9	41	3	26	0	16	9	0	0
<i>Dicrotendipes</i> sp.	14	0	94	57	13	33	0	7	0	0	0
<i>Endochironomus</i> Kieffer, 1918	29	3	51	90	10	0	0	6	0	0	0
<i>Glyptotendipes</i> Kieffer, 1913	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	0
<i>Parachironomus</i> Kieffer, 1911	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Polypedilum</i> Kieffer	0	1	7	0	0	0	0	1	5	0	0
<i>Rheotanytarsus</i> Bause	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenochironomus</i> Kieffer	3	0	6	17	1	0	0	0	0	0	0
<i>Tribelos</i> spp.	9	0	20	3	7	0	0	5	1	4	0
<i>Cricotopus</i> Van der Wulp, 1909	0	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0
<i>Procladius</i> Skuse, 1889	7	0	11	39	1	17	5	1	3	3	0
<i>Tanypus</i> Meigen, 1803	0	0	0	0	1	3	0	3	0	0	0
<i>Phylocentropus</i> sp.	0	0	1	1	12	0	1	0	2	149	163
Chironomides ind.	8	3	21	27	3	7	4	8	9	1	0
CRUSTACÉS											
<i>Asellus racovitzai</i> Williams, 1970	0	0	0	1	0	1	1126	5	1	358	430

TABLEAU III

Abondance (ind./m²) et abondance relative (%) des oligochètes du benthos

Mois	Site 1						Site 2				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Juin	187 (58,3)	77 (82,1)	97 (38,7)	4146 (92,9)	801 (43,9)	1572 (84,0)	303 (60,0)	768 (73,3)	253 (87,4)	256 (36,7)	127 (28,6)
Juillet	407 (57,5)	840 (91,6)	300 (35,9)	3988 (83,1)	2404 (59,0)	859 (48,9)	1895 (87,6)	1441 (93,9)	40 (57,1)	326 (35,8)	80 (15,9)
Août	179 (17,4)	360 (83,1)	183 (9,2)	1708 (47,0)	775 (50,7)	3307 (77,3)	999 (53,2)	1695 (83,3)	106 (51,6)	146 (16,5)	67 (5,8)
Septembre	413 (18,8)	1213 (87,1)	183 (5,5)	7799 (70,9)	783 (51,2)	3224 (71,0)	946 (21,2)	525 (76,7)	47 (53,9)	229 (11,7)	187 (15,2)
Octobre	420 (16,3)	290 (91,6)	373 (14,1)	8565 (57,4)	1132 (50,3)	3124 (67,4)	2055 (46,2)	536 (86,1)	67 (35,7)	204 (24,4)	934 (29,1)
\bar{X} ind./m ²	321	556	227	5241	1179	2417	1240	993	103	232	279
\bar{X} (%)	(33,7)	(87,1)	(20,7)	(70,2)	(51,0)	(70,0)	(54,0)	(82,7)	(57,1)	(25,0)	(18,8)

L'analyse factorielle des correspondances taxons-stations (fig. 3) montre que les stations se distinguent en fonction de la qualité des biotopes et du benthos qui les colonise. Cependant, il est difficile de caractériser les groupes de stations moyennement polluées. Le pourcentage d'inertie expliqué sur le premier axe est de 19,6%. Ce premier facteur différencie les stations J, K et G. Les espèces qui contribuent le plus fortement à l'axe sont le crustacé *Asellus racovitzai* (59,1%)

et l'insecte *Phylocentropus sp.* (10,6%). Notons particulièrement que les stations J et K, à substrat fibreux, abritent la quasi totalité des trichoptères. Ce facteur traduit donc principalement l'abondance relative de deux espèces (tableau II) échantillonnées au second site, en milieu légèrement pollué.

Le pourcentage d'inertie expliqué sur le deuxième axe est de 14,9% (fig. 3). *Valvata sincera* et *Sparganophilus tamesis* ont des contributions relatives de 30,6% et 16,9%. Ce deuxième facteur

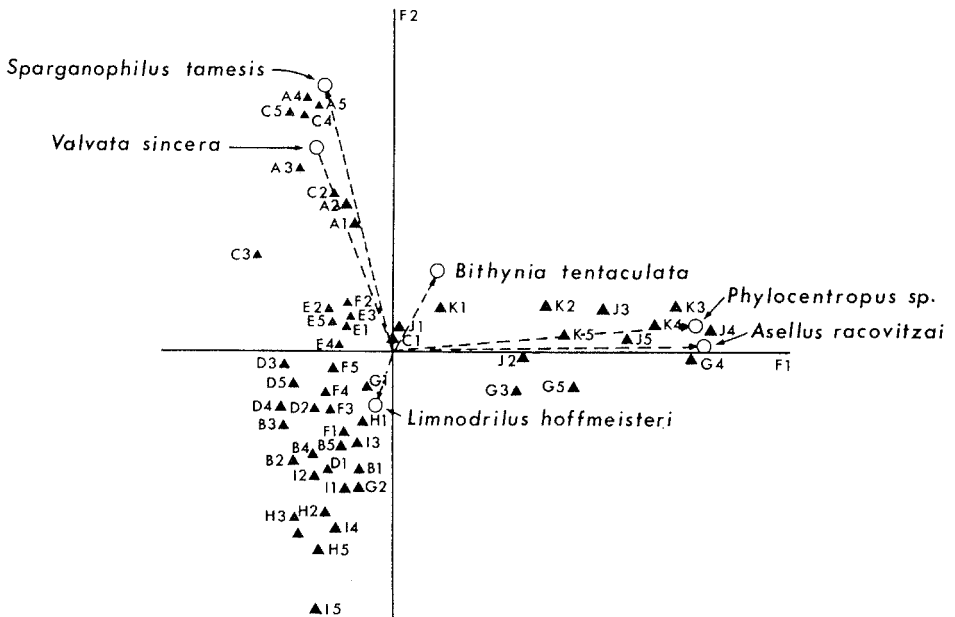


Figure 3. Analyse factorielle des correspondances taxons-stations.

discrimine les stations propres situées au sommet de l'axe, des stations polluées placées à la partie inférieure de l'axe. On retrouve les stations à fortes densités A et C avec *V. sincera* et *S. tamesis*; les stations H et I correspondent aux faibles densités de *S. tamesis* et de *V. sincera*.

Discussion

Les résultats des analyses physico-chimiques (tableau I) ont permis d'esquisser une ordination des stations selon leur degré de pollution. Les stations A, C, D, E, F du site 1, caractérisées par des valeurs satisfaisantes (Nisbet & Verneaux, 1970) d'oxygène dissous, d'alcalinité, de conductivité et de matière organique pour le benthos favoriseraient la faune benthique si ce n'était de l'effet direct des eaux usées de l'affluent. En se basant sur les paramètres coliformes/oxygène dissous, tannin-lignine, matière organique et phosphore, le classement des stations d'après les normes suggérées par Taylor (1958), McKee & Wolf (1963) et Vaillancourt (1968), serait le suivant: B et D très polluées, E et F moyennement polluées, A et C légèrement polluées. Les stations G, H et I du site 2 seraient légèrement polluées tandis que les stations J et K présenteraient un milieu relativement propre, si l'on fait abstraction de la teneur élevée en fibre de bois résultant de la présence du bois de pulpe des industries papeteries de la région.

En examinant la composition du benthos aux stations (tableau II), on s'aperçoit que le Tubificidae *Limnodrilus hoffmeisteri* est omniprésent: abondant en milieu pollué sur un substrat sablo-vaseux (D), peu nombreux sur un substrat sableux (B). Le chironomide *Chironomus* sp. est peu indicateur; nous l'avons retrouvé dans deux groupements tout en étant espèce compagne de deux autres. Dans l'ensemble, le critère de présence fait ressortir la plupart des espèces à forte abondance relative et les stations B et D sont les seules stations où les groupements ne sont pas typiques des biotopes définis selon le gradient de pollution.

Vincent & Vaillancourt (1978) ont défini, dans l'ensemble du secteur de Gentilly, des groupements benthiques en fonction de la vitesse du courant, de la profondeur et de la texture du substrat, sans tenir compte de la pollution. Nous avons répertorié deux de leurs groupements à nos stations. Le premier est celui à *Bithynia tentaculata* et *Sparganophilus tamesis* qu'ils considèrent typique des zones littorales. Or, nous avons noté l'absence de *S. tamesis* aux stations littorales polluées (D, E et F) du site 1. Il semble donc que le groupement à *B. tentaculata* et *S. tamesis* (tableau IV) soit typique des zones littorales propres. Le deuxième groupement est celui à

Pelosclex ferox et *L. hoffmeisteri* (H, I) qui, tel que les résultats le dénotent, serait typique d'un milieu légèrement pollué.

La performance des indices retenus permet-elle en s'appuyant sur la faune benthique, le regroupement des stations en fonction du degré de pollution? Pour évaluer cette performance, nous avons d'abord fait pour chaque indice un test de Friedman (1937) afin de vérifier l'homogénéité de l'ensemble des groupes; une telle analyse a montré qu'il existe une variation significative ($P < 0,001$) dans l'ensemble des stations. Par la suite, nous avons effectué les tests de Wilcoxon (1945) par paires de stations. Compte tenu du petit nombre de mois ($n = 5$) pendant lesquels s'est poursuivi l'échantillonnage, nous avons été contraints d'utiliser le niveau de probabilité ($0,20 > P > 0,10$) pour distinguer les tendances entre nos populations.

OLIGOCHÈTES

Au site 1, les indices d'abondance des oligochètes (tableau III) sont plus élevés aux stations classées polluées, B, D, E et F qu'aux stations légèrement polluées-propres A et C. Bien que la station B soit la plus polluée, le nombre d'individus par mètre carré est peu élevé. Ceci peut s'expliquer par le régime hydrique particulier (Vincent, 1979), c'est-à-dire un écoulement de l'eau plus rapide au confluent de la rivière et du fleuve; de plus, un sédiment sableux et une faible teneur en matière organique (tableau I) ne favoriseront pas la présence des oligochètes en grand nombre (Vincent & Vaillancourt, 1978; Vincent, 1979). Au site 2, c'est aux stations G et H que nous avons observé les densités les plus élevées. Le milieu y est plus dégradé qu'aux stations J et K. Par ailleurs, bien que la station I soit localisée en milieu pollué, elle abrite une faible densité d'oligo-chètes; cela semble résulter de la nature sableuse du substrat et de la faible teneur en matière organique (0,2%) (tableau I). Les stations à substrat sableux B et I ne suivent pas le regroupement des stations établi à partir de l'analyse physico-chimique.

À partir de l'abondance relative des oligochètes, il est possible de réunir les stations A, D et E ainsi que les stations G, I et J dont les affinités, d'après l'analyse physico-chimique, étaient médiocres. Contrairement à l'étude de l'abondance des oligochètes par mètre carré, cet indice met en évidence les conditions de pollution sérieuse de l'affluent (station B). Il permet aussi d'associer les indices de la station G aux indices de la station I; ces deux stations reçoivent le même type d'eau (fig. 1) mais sont très différentes par leurs propriétés édaphiques. En appliquant les critères de Goodnight & Whitley (1961) à l'abondance relative (%) des oligochètes dans le benthos (tableau III), on arrive à la classification suivante des stations:

TABLEAU IV

Groupements benthiques caractéristiques des stations d'échantillonnage

Stations	Groupements d'espèces	Espèces compagnes	Densité (ind/m ²)	Indice de Shannon	Indice de régularité	Indice de Simpson	Indice de Menhinick	Type de biotope
B	<i>L. hoffmeisteri</i>	<i>Tribelos</i> sp. <i>L. cervix</i> <i>Chironomus</i> sp <i>Psychoda</i> sp.	631	1,18	0,16	0,32	0,70	Rivière à substrat sableux. Pollution élevée.
H-I	<i>L. hoffmeisteri</i> <i>P. ferox</i>	<i>L. cervix</i> <i>A. pluriseta</i> <i>M. microstoma</i> <i>Cryptochironomus</i> sp.	1003 (H) 167 (I)	1,92 (H) 2,70 (I)	0,23 (H) 0,51 (I)	0,54 (H) 0,78 (I)	0,73 (H) 1,71 (I)	Milieu fluvial à faciès lotique. Substrat sableux. Pollution légère.
D	<i>L. hoffmeisteri</i> <i>Chironomus</i> sp.	<i>V. sincera</i>	7781	1,62	0,15	0,50	0,47	Milieu fluvial à faciès lénitique. Pollution élevée.
E-F	<i>L. hoffmeisteri</i> <i>B. tentaculata</i> <i>S. lacustre</i> <i>E. punctata</i> <i>M. microstoma</i> <i>Chironomus</i> sp.	<i>S. corneum</i> <i>V. sincera</i>	2637	2,25	0,24	0,61	0,87	Milieu fluvial à faciès lénitique. Pollution moyenne.
G	<i>B. tentaculata</i> <i>L. hoffmeisteri</i> <i>E. punctata</i>	<i>Asellus racovitzae</i> <i>H. stagnalis</i>	2741	1,73	0,19	0,54	0,69	Milieu fluvial à faciès lénitique. Substrat acide composé de fibres végétales. Abondance de grands macrophytes. Pollution légère.
J-K	<i>L. hoffmeisteri</i> <i>B. tentaculata</i> <i>A. racovitzae</i>	<i>P. equilaterale</i> <i>Phylocentropus</i> sp. <i>V. sincera</i> <i>H. stagnalis</i> <i>E. punctata</i>	1184	2,79	0,34	0,77	1,23	Milieu fluvial à faciès lénitique. Substrat acide composé de fibres végétales. Abondance de grands macrophytes.
A-C	<i>B. tentaculata</i> <i>S. tamesis</i> <i>L. hoffmeisteri</i>	<i>V. sincera</i> <i>P. gyrina</i> <i>S. lacustre</i> <i>P. supinum</i> <i>P. henslowanum</i> <i>Chironomus</i> sp. <i>Endochironomus</i> sp.	1590	2,98	0,35	0,80	1,18	Milieu fluvial à faciès lénitique. Milieu propre.

1) stations très polluées (> 80%)

juin: B, D, F, I
 juillet: B, D, G, H
 août: B, H
 septembre: B
 octobre: B, H

2) stations douteuses (60%-80%)

juin: G, H
 juillet: nil
 août: F
 septembre: D, F, H
 octobre: F

Parmi les deux indices biologiques utilisés, l'abondance des oligochètes par mètre carré semble le plus apte à distinguer les niveaux de pollution; cependant, cet indice est difficilement applicable dans le cas de fonds sableux caractérisés par une faible teneur en matière organique.

DIVERSITÉ ET RÉGULARITÉ

À partir des 36 relations entre paires de stations établies par les test de Wilcoxon (1945) sur les autres indices, nous avons isolé le groupe de stations A, K, J et C, le groupe F, G, E et H, les stations B et D et la station I, cette dernière se regroupant autant avec les stations de milieu pollué que de milieu propre. En comparant ce regroupement avec celui réalisé à partir de l'abondance relative des oligochètes, on aperçoit une meilleure individualisation des groupes de stations en fonction du degré de pollution. Les indices de diversité de Shannon (1948) et de Simpson (1949) qui sont connus pour être en forte relation ont réuni chacun 10 paires de stations; suivent par ordre, l'indice de régularité H/H_{\max} (Pielou, 1966) avec 9 et l'indice de diversité de Menhinick (1964) avec 7.

L'analyse factorielle des correspondances taxons-stations distingue les stations A et C, les stations J, K et E et les stations D, B et F. L'ordination des stations est fonction du degré de pollution: propres au sommet, polluées à la partie inférieure de l'axe.

Le tableau IV résume les observations précédentes. La densité des organismes des milieux très pollués est, ou forte (station D), ou faible (station B). Les stations propres comptent moins d'individus que les stations polluées. Tout comme Vincent & Vaillancourt (1978) et Levasseur (1977), qui ont travaillé sur ce tronçon fluvial, il semble qu'un indice de Shannon supérieur à 2,50 indique des milieux propres. Les indices de diversité et de régularité séparent la station G des station J et K, même si ces stations avaient plusieurs propriétés édaphiques communes; ces stations

étaient déjà différenciées par la qualité de leurs eaux (tableau I).

Dans des cas de pollution élevée comme Rabani & Gibbs (1977) l'ont déjà observé, on s'aperçoit que la détermination de groupements d'espèces, à elle seule, ne suffit pas pour définir la qualité des biotopes fluviaux. Il faudra donc combiner plusieurs méthodes. La détermination de groupements benthiques associée à l'abondance des organismes et au calcul d'un indice de diversité ou de régularité pertinent permet d'obtenir de meilleurs résultats. Notre travail ayant été fait dans la zone littorale, les résultats ne peuvent être généralisés aux autres zones du profil fluvial.

Remerciements

Ce travail a été rendu possible grâce à l'assistance financière de l'Hydro-Québec, d'Énergie Atomique du Canada Limitée, du ministère de l'Éducation du Québec et de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Références

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1975. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th ed. — Washington, D.C., 1193 p.
- BOYOUCOS, G.J., 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by hydrometer method. — *Soil Sci.*, 42: 225-229.
- DUMAS, J.-P., J. MEUNIER, L. PAZDERNIK, D. BOUCHARD & A. DUFRESNE, 1976. Étude de la physico-chimie de l'eau du Saint-Laurent, secteur du site nucléaire Gentilly. — Groupe de recherche Thermopol, Univ. Québec Trois-Rivières, 69 p.
- DUMAS, J.-P., L. PAZDERNIK, D. BOUCHARD & G. VAILLANCOURT, 1977. Étude de la qualité des eaux du fleuve Saint-Laurent dans le secteur de Gentilly. — *Ann. ACFAS*, 45^e congrès, p. 69.
- FRIEDMAN, M., 1937. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. — *J. Am. Statist. Assoc.* 32: 675-701.
- GAUFIN, A.R. & C.M. TARZWELL, 1952. Aquatic invertebrates as indicators of stream pollution. — *Publ. Health Rep.*, 67: 57-64.
- GOODNIGHT, C.J., 1973. The use of aquatic macro-invertebrates as indicators of stream pollution. — *Trans. Am. microsc. Soc.*, 92: 1-13.
- GOODNIGHT, C.J. & L.S. WHITLEY, 1961. Oligochaetes as indicators of pollution. — *Eng. Bull. Purdue Univ., Eng. Ext. Ser.*, 106: 139-142.
- GOUIN, D. & D. LALO, 1977. Étude de la qualité générale de l'eau. — Étude sur le fleuve Saint-Laurent, SPEQ. *Rapp. tech.* n° 11.
- GROSS, F., 1976. Les communautés d'oligochètes d'un ruisseau de plaine, leur utilisation comme indicateurs

- de la pollution organique. — *Ann. Limnol.*, 12: 75-87.
- HYNES, H.B.N., 1959. The use of invertebrates as indicators of river pollution. — *Proc. linn. Soc. London*, 170: 165-169.
- HYNES, H.B.N., 1960. The biology of polluted waters. — *Liverpool Univ. Press*, 200 p.
- LAMARCHE, A., P. LEGENDRE & A. CHODOROWSKI, 1982. Factors responsible for freshwater gastropod distribution in the St. Lawrence River, Canada. — *Hydrobiologia*, 89: 61-76.
- LEVASSEUR, H., 1977. Étude du benthos du fleuve Saint-Laurent. — *Service de protection de l'environnement, Rapport technique n° 10, Québec*, 280 p.
- LONG, B., 1979. Le régime sédimentaire du fleuve Saint-Laurent entre le lac Saint-Pierre et Batiscan. — *Ann. ACFAS*, 47^e congrès, p. 108.
- McKEE, J.E. & W. WOLF, 1963. Water quality criteria. — *Resources Agency of California, States Water Quality Control, Sacramento*, 548 p.
- MENHINICK, E.F., 1964. A comparison of some species-individuals diversity indices applied to samples of field insects. — *Ecology*, 45: 859-861.
- MILBRINK, G., 1973. Communities of oligochaeta as indicators of the water quality in Lake Hjalmarén. — *Zoon*, 1: 77-88.
- NISBET, M. & J. VERNEAUX, 1970. Les composantes chimiques des eaux courantes. — *Ann. Limnol.*, 6: 161-190.
- OLIVE, J.H., 1976. Chemical, physical and biological assessment of water quality in the Cuyahoga River (1973-1974). — *Ohio J. Sci.*, 76: 5-15.
- PIELOU, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. — *J. theoret. Bio.* 13: 131-144.
- RABANI, C.F. & K.E. GIBBS, 1977. Benthic invertebrates as water quality indicators in the Pembiscot River, Maine. — *Univ. Maine Land and Water Resour. Inst., Orono, Completion Rep.*, 75 p.
- SHANNON, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. — *Bell Syst. Tech. J.*, 27: 379-423.
- SIMPSON, E.H., 1949. Measurement of diversity. — *Nature (Lond.)*, 163, p. 688.
- TAYLOR, E.W., 1958. The examination of waters and water supplies. 7th ed. — *J. and A. Churchill Ltd, London*, 841 p.
- VAILLANCOURT, G., 1968. Indice de pollution des eaux de la rivière des Prairies. — *Naturaliste can.*, 95: 979-1029.
- VAILLANCOURT, G., R. COUTURE, E. LACOURSIÈRE & J. DUBÉ, 1976. Effets thermiques de la centrale Gentilly I. — *Presses de l'Université du Québec, Montréal*, 219 p.
- VINCENT, B., 1979. Étude du benthos d'eau douce dans le haut-estuaire du Saint-Laurent (Québec). — *Can. J. Zool.*, 57: 2171-2182.
- VINCENT, B. & G. VAILLANCOURT, 1978. Les groupements benthiques du fleuve Saint-Laurent près des centrales nucléaires de Gentilly (Québec). — *Can. J. Zool.*, 56: 1585-1592.
- WHITTAKER, R.H., 1952. A study of summer foliage insect communities in the Great Smoky Mountains. — *Ecol. Monogr.*, 22: 1-44.
- WILCOXON, F., 1945. Individual comparisons by ranking methods. — *Biometrics Bull.*, 1: 80-83.

LA COMMUNAUTÉ DE POISSONS D'UN MARÉCAGE INTERTIDAL DE L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

J.-D. DUTIL et M. FORTIN

Ministère des Pêches et des Océans du Canada
Direction de la recherche sur les pêches
C.P. 15500, 901 Cap Diamant, Québec (Québec)
G1K 7Y7

Résumé

Nous avons trouvé douze espèces de poissons lors d'un inventaire du marécage intertidal de Kamouraska (estuaire du Saint-Laurent, Québec). Six sont dominantes: *Gasterosteus wheatlandi*, *Microgadus tomcod* et *Osmerus mordax* qui totalisent 86,9% des prises, suivies de *Pungitius pungitius*, *Gasterosteus aculeatus* et *Liopsetta putnami*. Les autres espèces sont *Anguilla rostrata*, *Alosa sapidissima*, *Dorosoma cepedianum*, *Fundulus diaphanus*, *Mallotus villosus* et *Pseudopleuronectes americanus*. La densité moyenne des poissons est de 375 individus/1 000 m² soit une masse de 946 g/1 000 m². La densité est maximale au printemps, mais la diversité est maximale l'été. Les pics de densité des six espèces dominantes dans le marécage intertidal ne coïncident pas, mais leur régime de migration est similaire: les individus d'un an et plus entrent dans le marécage, puis se retirent pour être remplacés par les individus de moins d'un an. Ces poissons se nourrissent principalement de polychètes (capitelliformes et néréidiformes) et de crustacés (copépodes et amphipodes). L'échantillonnage sur la batture vaseuse révèle la présence de 7 autres espèces: *Hippoglossoides platessoides*, *Acipenser oxyrhynchus*, *Boreogadus saida*, *Clupea harengus*, *Cyclopterus lumpus*, *Cyprinus carpio* et *Salmo gairdneri*. La communauté de poissons du marécage intertidal de Kamouraska est similaire dans une certaine mesure aux communautés de poissons des marécages intertidaux de l'est et du sud des États-Unis, notamment par sa structure et celle de ses populations.

Abstract

Twelve species of fish were found in a survey of the Kamouraska tidal marshes (St. Lawrence Estuary, Québec). Six species can be classified as dominant: *Gasterosteus wheatlandi*, *Microgadus tomcod* and *Osmerus mordax* (accounting for 86.9% of total catch), followed by *Pungitius pungitius*, *Gasterosteus aculeatus* and *Liopsetta putnami*. The other species are *Anguilla rostrata*, *Alosa sapidissima*, *Dorosoma cepedianum*, *Fundulus diaphanus*, *Mallotus villosus* et *Pseudopleuronectes americanus*. Mean fish density over the sampling period was 375 fish/1 000 m² or in terms of mass 946 g/1 000 m². Fish density was maximal in spring but species diversity peaked in summer. Not all the dominant species are abundant at the same time, but a general pattern emerges in which 1-year old and older individuals are to be found in the marsh early in the season but are replaced by individuals less than 1-year old later. The dominant species mainly fed on polychaetes (capitelliformes and nereidiformes) and crustaceans (copepods and amphipods). Sampling in the mud flats zone yielded 7 other fish species: *Hippoglossoides platessoides*, *Acipenser oxyrhynchus*, *Boreogadus saida*, *Clupea harengus*, *Cyclopterus lumpus*, *Cyprinus carpio* and *Salmo gairdneri*. The Kamouraska tidal marsh fish community is similar to those of eastern and southern U.S.A. particularly as concerns their structure and the structure of their populations.

Introduction

Les marécages intertidaux sont considérés comme un habitat rare le long du fleuve Saint-Laurent. Ils ont donné lieu à certaines publications citées par Reed & Moisan (1971). Ces derniers résument les particularités du marécage intertidal et montrent la valeur de cet habitat pour les oiseaux.

Dans l'est du Canada, les travaux ont porté sur la production primaire (Martin, 1974; Hatcher & Mann, 1975) et le benthos (Bromley & Bleakney, 1979). Ces travaux et ceux de Teal (1962) et de Turner (1976) aux États-Unis permettent de classer le marécage intertidal parmi les habitats les plus productifs. Le marécage rehausse la productivité marine le long de la côte (Teal, 1962; Heinle & Flemmer, 1976; Armstrong & Hinson,

1978; Niering & Warren, 1980), mais ce n'est pas toujours le cas (Woodwell & Whitney, 1977; Welsh, 1980).

Récemment, plusieurs chercheurs ont démontré que la marée déterminait les mouvements des poissons dans le marécage (Bozeman & Dean, 1980; Cain & Dean, 1976; Shenker & Dean, 1979; Subrahmanyam & Drake, 1975). Ces poissons, principalement des jeunes stades (larves et juvéniles), y trouvent abri et nourriture (McHugh, 1966; Levy *et al.*, 1979). Teal (1962), en Georgie, et Nixon & Oviatt (1973), en Nouvelle-Angleterre, ont dressé le bilan énergétique d'un marécage intertidal, incluant la communauté de poissons.

Nos connaissances des poissons des marécages intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent sont parcellaires et concernent presque exclusivement les Gasterosteidae du marécage intertidal de l'Isle Verte. L'utilisation des marelles par les Gasterosteidae a été décrite sous l'angle du partage de la nourriture (Worgan & FitzGerald, 1981a; Ward & FitzGerald, 1983a) et de l'habitat (Worgan & FitzGerald, 1981b), et sous l'angle de la reproduction (Craig & FitzGerald, 1982; FitzGerald, 1983). Ward & FitzGerald (1983b) ont décrit le benthos des marelles. Lambert & FitzGerald (1979) notèrent les mouvements et la diète du poulamon (*Microgadus tomcod*) dans la rivière des Vases.

À la suite du drainage de certains marécages intertidaux de l'estuaire du Saint-Laurent pour leur mise en culture (Gauthier *et al.*, 1980), nous avons voulu déterminer dans quelle mesure les poissons fréquentent le marécage intertidal et la batture vaseuse dans l'estuaire du Saint-Laurent. Nous examinons ici la communauté de poissons d'un marécage intertidal, son cycle annuel de diversité, de densité et de biomasse, la structure des populations dominantes et la diète des principales classes de longueur. Nous discutons des liens possibles entre la communauté de poissons du marécage et la biocénose de l'estuaire du Saint-Laurent. Nous établissons un parallèle avec les communautés de poissons des marécages intertidaux de la côte est des États-Unis.

Méthodes et matériel

AIRE D'ÉCHANTILLONNAGE

Le marécage intertidal de Kamouraska (fig. 1), situé à deux kilomètres à l'est de Kamouraska (Québec), recouvre 350 hectares sans la batture vaseuse. Deux fois par jour, la marée inonde la bande de *Spartina alterniflora* et la batture vaseuse. L'amplitude de marée est de 4,2 m. La batture vaseuse, qui a une largeur de 3 à 4 km à marée basse, est entièrement recouverte lors

de toute marée haute. Par contre, la bande de *S. alterniflora*, plus étroite (50 m), est plus ou moins inondée suivant le niveau maximal de la marée haute. Le haut du marécage (bande de *S. patens* et herbaçaille salée) n'est inondé qu'occasionnellement et particulièrement le printemps et l'automne. La salinité et la température de l'eau de surface sont très variables au cours de l'année. Les moyennes de l'été sont de 20‰ et 10° (Ouellet & Cerceau, 1976).

L'hiver, les conditions sont rigoureuses. Le haut du marécage est recouvert de neige et les marelles sont gelées de janvier à avril. La neige et la glace recouvrent entièrement la bande de *S. alterniflora*. La batture vaseuse est parsemée de blocs de glace et, là où elle demeure libre, elle est soumise à de très basses températures à marée basse. Le marécage est exposé à l'action érosive des blocs de glace, des vagues et des courants.

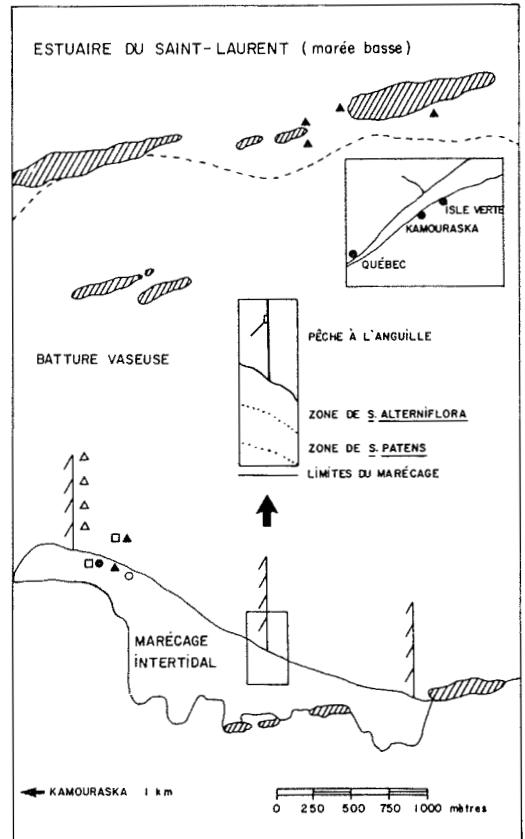


Figure 1. Le marécage intertidal de Kamouraska. Les zones hachurées sont des crêtes rocheuses ou des îles. Stations d'échantillonnage: (○) Seine, (●) Trappe, (□) Palangre, (▲) Filet maillant, (Δ) Pêche commerciale.

ÉCHANTILLONNAGE

Les stations d'échantillonnage (fig. 1) sont concentrées dans la zone de *S. alterniflora* et sur la batture vaseuse, mais nous avons aussi échantillonné dans la colonne d'eau, hors de l'estran. Six engins de pêche ont permis de recueillir les échantillons du printemps à l'automne, en 1980 et 1981 (tableau I).

Seine

L'aire de seinage, bien que limitée à la bande de *S. alterniflora*, n'était pas totalement recouverte de végétation. Deux échantillons étaient prélevés chaque semaine lors de deux marées baissantes consécutives. Des poteaux renseignaient sur le niveau d'eau et délimitaient l'aire de seinage de telle sorte que le volume et l'aire de seinage étaient constants. Les dimensions de la seine de rivage étaient: longueur de 30 m, hauteur de 1,8 m, poche centrale de 2,8 m sur 2,5 m, maille de 6 mm de diamètre.

Trappe

La trappe, tendue perpendiculairement à la rive, échantillonnait aussi dans la bande de *S. alterniflora*. Retenue par des poteaux, sa boîte, dont l'armature de bois était recouverte d'un treillis

métallique (maille carrée de 6 mm de côté) doublé d'une moustiquaire, mesurait 1,2 m de longueur, 0,4 m de largeur et 1,0 m de hauteur. Les deux ouvertures (hauteur 60 cm et largeur 6,0 cm), pratiquées aux extrémités, faisaient saillie à l'intérieur de la boîte. À partir de chaque ouverture, deux ailes, faites de treillis métallique (maille carrée de 6 mm de côté) et mesurant l'une 10 m et l'autre 16 m de longueur par 1,0 m de hauteur, formaient un entonnoir. L'angle entre les ailes était de 50°. La trappe, installée à marée basse, pêchait pendant deux cycles de marée consécutifs. Les échantillons étaient récoltés à marée basse.

Filets maillants

Des filets maillants furent tendus dans la bande de *S. alterniflora*, sur la batture vaseuse et près des îles de Kamouraska, au bas de l'estran. Les filets, constitués de 5 panneaux mis bout à bout (mailles étirées de 38, 50, 62, 74 et 86 mm) mesuraient 2 m de hauteur et 40 m de longueur. Dans la bande de *S. alterniflora* et sur la batture vaseuse, les filets étaient tendus entre 2 poteaux à marée basse et relevés lors de la marée basse suivante. Près des îles, les filets étaient tendus de la rive à marée haute et n'étaient relevés qu'à la marée haute suivante. L'utilisation des filets maillants a été limitée par les forts courants de marée.

TABLEAU I

Période et zone d'échantillonnage selon l'engin utilisé

1980	Nombres de marées hautes échantillonnées					Zone d'échantillonnage
	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	
Seine	2	2 2 2 2	2 2 2 2 2		2 2 1 2	S
Trappe	2	2 2 2 2	2 2 2 2 2		2 2 2	S
Palangre		1	1 1 1 1 1		1 1 1	S
Palangre		1	1 1 1 1 1		1 1 1	B
Filet maillant	1	1 1 1 1	1			S
Filet maillant	1	1 1 1 1	1	1		B
Pêche commerciale				1	1 1 1	B
1981	Avril	Mai	Juin			
Seine	1 1 2	1 2 2 1	2 1 2 2 2			S
Filet maillant			*			G
Filet maillant			*			G
Filet maillant			*			G
Chalut pélagique						

Six traits de 60 minutes en automne entre Saint-Louis et Saint-André.

Remarques: Le nombre de marées hautes échantillonnées est noté par période de 7 jours et par mois. Le seinage dure de 10 à 20 minutes. Les autres engins restaient à l'eau pendant toute la durée de la marée haute.

* 24 h de pêche
S Zone de *S. alterniflora*

B Batture vaseuse
G Grande île (Kamouraska)

Palangres

Dans la bande de *S. alterniflora* et sur la batture vaseuse, nous avons tendu des palangres de fond dans le but de déceler la présence d'anguilles (*Anguilla rostrata*), lesquelles ne sont pas retenues par les filets maillants. La ligne principale mesurait 18 m. Les lignes secondaires, de 40 cm de longueur, étaient réparties à tous les mètres sur la ligne principale.

Pêche commerciale

À l'automne 1980, nous avons relevé une fois la semaine les prises de poissons autres que l'anguille d'une des pêches tendues sur la batture vaseuse par les pêcheurs de Kamouraska. L'engin était tendu perpendiculairement à la rive. Il consistait en une chasse de 800 m avec 4 ailes formant autant d'entonnoirs conduisant à des coffres où les poissons étaient récoltés. La chasse et les ailes étaient faits de filet de 4 m de hauteur dont la maille étirée mesurait 50 mm. Les ailes étaient orientées de façon à retenir les poissons qui descendent le fleuve et puis suivent la chasse vers le milieu du fleuve.

Chalut

Près des îles de Kamouraska, nous avons aussi échantillonné au moyen du chalut mésopélagique Boris (Bergeron, 1973). La maille du fond du chalut mesurait 20 mm.

TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS ET DES DONNÉES

Les échantillons ont été préservés dans du formol (10%) saturé de borax. Dès le retour au laboratoire, les poissons étaient triés, dénombrés, mesurés (longueur à la fourche ± 1 mm) et pesés (± 10 mg). Nous avons aussi déterminé le contenu stomacal d'un sous-échantillon des poissons récoltés entre le 26 juin et le 2 juillet, seule période où les six espèces dominantes sont présentes en bon nombre et simultanément dans nos échantillons.

Trois indices de diversité des communautés ont été calculés: H, D et R. H est l'indice de Shannon calculé selon la formule

$$H = - \sum p_i \log_e p_i$$

où n est le nombre de taxons et p_i leur proportion dans l'échantillon. Cet indice mesure les variations dans le nombre de taxons et la régularité de la distribution du nombre d'individus entre les taxons. D mesure la richesse en taxons (Margalef, 1968) selon la formule

$$D = (T - 1) / \log N$$

où T est le nombre de taxons et N la taille de l'échantillon. La régularité a été calculée selon la formule

$$R = H / \log T$$

où H est l'indice de Shannon et T le nombre de taxons dans l'échantillon (Pielou, 1966).

Résultats

ZONE DE SPARTINA ALTERNIFLORA

Nous avons dénombré 12 espèces dans cette zone. Les échantillons recueillis à la seine totalisent 10 502 poissons pour une masse totale de 26 455 g. La dominance a été calculé selon la méthode de Sanders (1960) sur les données hebdomadaires (somme des deux marées). Cette méthode donne la même pondération à tous les échantillons. Les six espèces dominantes, en nombre, sont, dans l'ordre, *Gasterosteus wheatlandi*, *Microgadus tomcod*, *Osmerus mordax*, puis loin derrière *Pungitius pungitius*, *Gasterosteus aculeatus* et *Liopsetta putnami*. Si l'on considère la masse plutôt que le nombre, *M. tomcod* devance *G. wheatlandi*, et *G. aculeatus* devance *P. pungitius*. Ces rangs sont semblables à ceux calculés sur la base du nombre total et de la masse totale (Tableau II). Les trois premières espèces totalisent à elles seules 86,9% du nombre et 89,8% de la masse des poissons échantillonnés par la seine dans cette bande de végétation. Par contre, *Anguilla rostrata*, *Alosa sapidissima*, *Dorosoma cepedianum*, *Fundulus diaphanus* et *Mallotus villosus* totalisent moins de 1% des prises totales à la seine. Seule une autre espèce fut trouvée dans cette zone : *Pseudopleuronectes americanus*, dont un spécimen a été récolté dans un filet maillant.

Pour toute la durée de l'échantillonnage, le nombre moyen de poissons par trait de seine est de 202 pour une masse de 508,8 g. La place-

TABLEAU II

Total des captures à la seine

Espèce	Nombre total	Masse totale (g)
<i>Anguilla rostrata</i>	1	81,4
<i>Alosa sapidissima</i>	4	21,9
<i>Dorosoma cepedianum</i>	1	4,6
<i>Fundulus diaphanus</i>	6	14,8
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	597	723,3
<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	6 598	5 288,6
<i>Liopsetta putnami</i>	166	723,3
<i>Mallotus villosus</i>	1	12,6
<i>Microgadus tomcod</i>	998	12 986,9
<i>Osmerus mordax</i>	1 611	4 682,0
<i>Pungitius pungitius</i>	628	569,3

échantillon mesurant 538 m², la densité moyenne a été de 375 individus/1 000 m² et la masse moyenne de 945,7 g/1 000 m². Le nombre minimum de poissons échantillonnés dans un même trait (10) a été enregistré le 28 octobre. Le maximum a été atteint le 20 mai (1 411) pour une densité de 2 623 poissons/1 000 m².

Pour déceler la tendance saisonnière dans les prises par trait de seine, la moyenne mobile a été calculée sur les données hebdomadaires prises 3 à 3 (fig. 2). Tôt au printemps de 1981, les prises hebdomadaires totales de la seine ont monté en flèche pour atteindre un maximum à la mi-mai. Par la suite, selon la tendance dictée par *G. wheatlandi*, les prises sont redescendues au niveau de celles de la fin de juin 1980. En 1980, elles se sont maintenues tout l'été. Généralement, les deux courbes de la figure 2 manifestent la même tendance, sauf en automne où le nombre de poissons a diminué, mais où la masse s'est maintenue.

Les indices H (diversité), D (richesse en taxons) et R (régularité) ont été calculés sur les données hebdomadaires (fig. 3). Au printemps de 1981, les valeurs de H se sont maintenues en deçà de 1,0. Les variations de H pendant cette période suivent les variations de l'indice de régularité. La diminution de la régularité en mai est elle-même due à la prépondérance de *G. wheatlandi* dans les échantillons. La richesse en taxons n'a pas varié au cours de la même période. La valeur moyenne de H est passée de 0,85 au printemps à 1,28 pendant l'été (juillet et août). Cette variation de H a été causée non pas par la variation de la

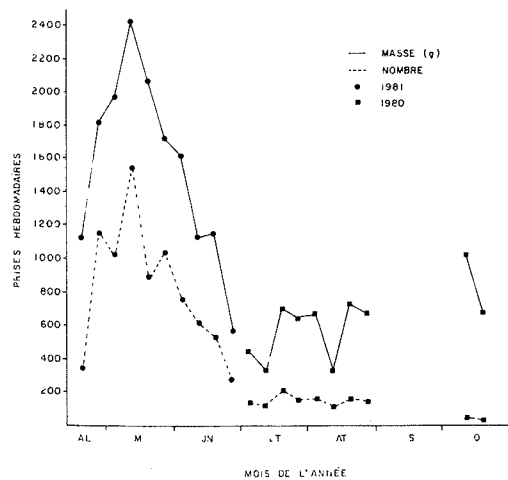


Figure 2. Tendance saisonnière des prises hebdomadaires totales de la seine dans la zone de *S. alterniflora*.

régularité, mais bien par la variation de la richesse en taxons. La valeur moyenne de ce dernier indice est passée de 0,62 au printemps à 1,00 en été; cette variation ne doit pas être interprétée comme un changement du nombre d'espèces dans les échantillons, mais bien comme un maintien du nombre d'espèces dans les échantillons, malgré une baisse de la taille des échantillons. En automne, la valeur de l'indice de diversité est redescendue suite à une diminution de la richesse des échantillons, elle-même causée par une diminution dans le nombre d'espèces.

Les variations saisonnières du rendement de pêche à la seine sont illustrées à la figure 4 pour les 6 espèces dominantes. La moyenne mobile a été calculée sur les données hebdomadaires prises 3 à 3. Le rendement en biomasse suit les mêmes tendances.

Le maximum d'abondance des Gasterosteidae survient tôt au printemps, soit à la mi-mai pour *G. wheatlandi* et *G. aculeatus* et encore plus tôt

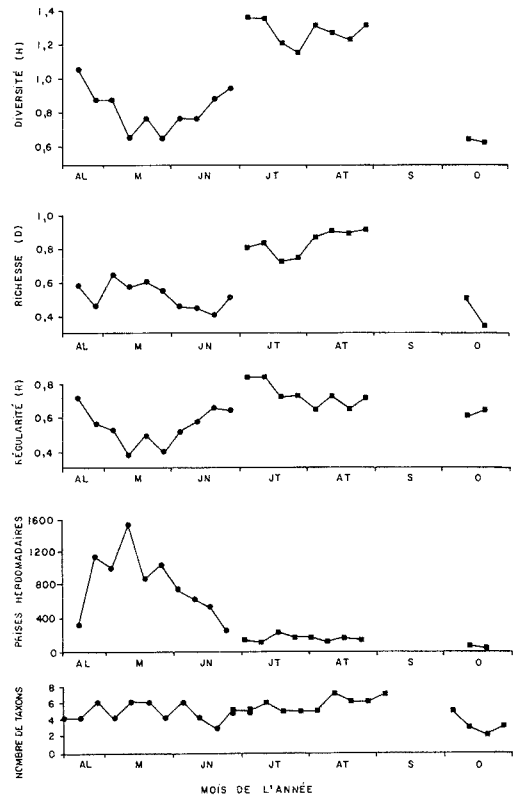


Figure 3. Variations saisonnières des indices de diversité (H), de richesse (D) et de régularité (R) des prises hebdomadaires totales de la seine. (■) 1980, (●) 1981.

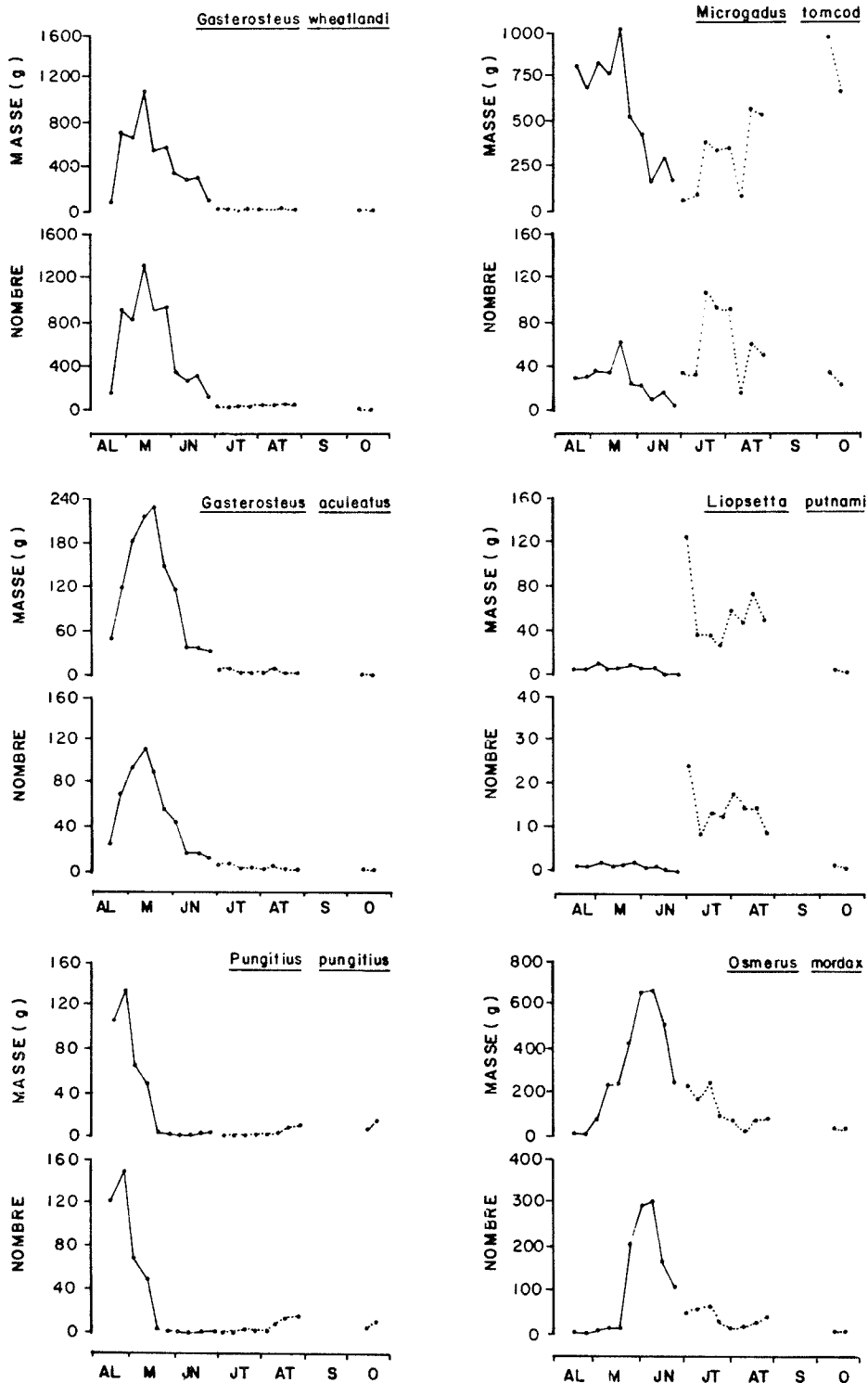
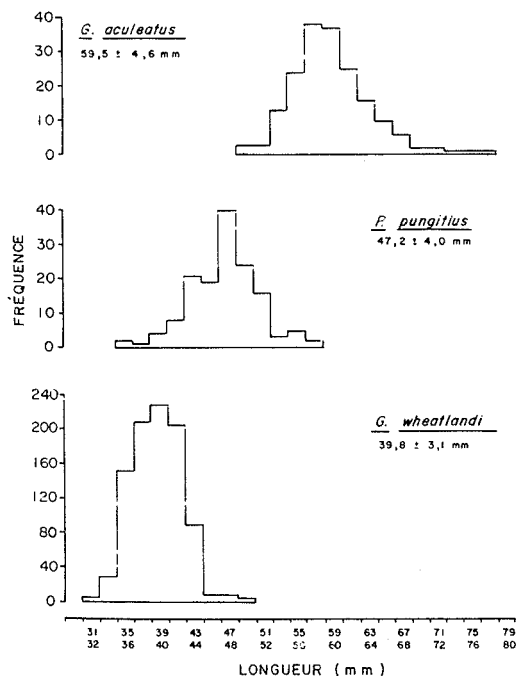


Figure 4. Tendence saisonnière des prises hebdomadaires de la seine pour six espèces dominantes de la zone de *S. alterniflora*. Les échelles varient selon les espèces. (...) 1980, (—) 1981.

(fin avril) pour *P. pungitius*. Les prises hebdomadaires sont faibles, mais régulières, dès la mi-mai pour *P. pungitius* et à la mi-juin pour *G. wheatlandi* et *G. aculeatus*, *G. wheatlandi* demeurant relativement abondant tout l'été. Les données de la figure 4 excluent les Gasterosteidae de moins de 30 mm, mal capturés par la seine. L'examen des échantillons de la trappe révèle que les *G. wheatlandi* et les *G. aculeatus* de moins de 30 mm entrent dans la pêche l'été (1-2 juillet 1980), mesurant $18,6 \pm 2,3$ mm et $22,7 \pm 2,4$ (classe 0+). La classe 0+ domine les prises faites par cet engin tout l'été. Les histogrammes des fréquences de longueur des Gasterosteidae (>30 mm) sont présentés à la figure 5.

La présence de *M. tomcod* est régulière dans nos échantillons (fig. 4). Les prises de poulamons se maintiennent de la débâcle jusqu'au 20 mai. Par la suite elles diminuent, jusqu'à un minimum de 10 poulamons dans la dernière semaine de juin. Elles remontent en juillet, jusqu'à un maximum de plus de 100 poulamons par semaine. Ce maximum et l'entrée des poulamons de moins d'un an dans la pêche en juillet coïncident (fig. 6). C'est la classe 0+ qui domine les prises de poulamons pendant tout l'été.



L. putnami fréquente le marécage intertidal pendant l'été seulement (fig. 4). Initialement (26 juin 1980), la classe des poissons de 56-90 mm (présumément 1+) est dominante (fig. 7). Ces poissons laissent bientôt le marécage au moment où la classe 0+ entre dans la pêche. C'est elle qui dominera les prises de *L. putnami* pendant six semaines.

Dans le cas d'*O. mordax*, les échantillons recueillis à la seine révèlent que cette espèce fréquente aussi le marécage pendant tout l'été (fig. 4). Le maximum d'abondance se situe tôt en juin. Comme dans le cas des cinq autres espèces dominantes, la structure de la population d'*O. mordax* est changeante. Initialement, la distribution des fréquences de longueur révèle un mode à 56-60 mm (fig. 8). Ce mode persiste jusqu'à la fin de l'échantillonnage de 1981. En 1980, la classe de longueur de 56-60 mm domine les échantillons au même moment et ce, jusqu'à ce que les poissons de la classe 0+ entrent dans la pêche les 11-12 août. Ces derniers fréquentent le marécage jusqu'à la fin de l'été.

Les résultats de l'examen de contenus stomacaux prélevés entre le 26 juin et le 2 juillet, seule période où les six espèces dominantes sont présentes en bon nombre et simultanément dans nos échantillons (seine et trappe) sont résumés au tableau III. Les Gasterosteidae se nourrissent

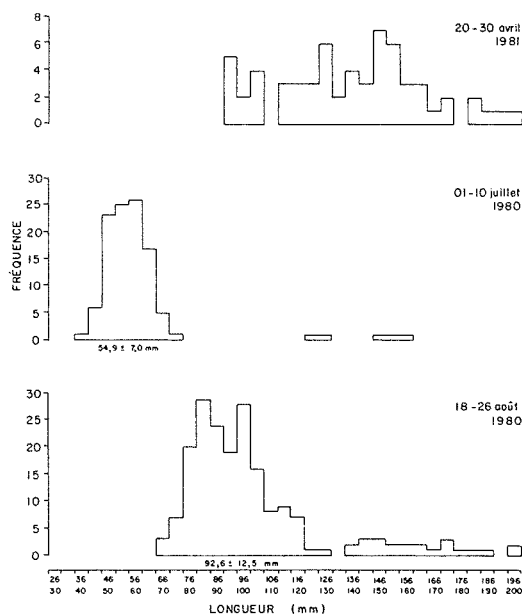


Figure 5. Distribution des fréquences de longueur de *G. wheatlandi*, *G. aculeatus* (13, 14, 19, 20 mai) et *P. pungitius* (22 avril) échantillonnés à la seine dans le marécage intertidal.

Figure 6. Changements saisonniers dans la taille des poulamons (*M. tomcod*), dans le marécage intertidal (données de la seine et de la trappe).

presque exclusivement de copépodes (harpacticoides et calanoides). *M. tomcod* se nourrit principalement d'amphipodes et de copépodes calanoides (<1 an), ou de polychètes néréidiformes (>1 an). *L. putnami* se nourrit de polychètes, principalement des capitelliformes, mais aussi de copépodes (harpacticoides et calanoides). *O. mordax* exploite les copépodes (harpacticoides et calanoides) de même que les polychètes capitelliformes et néréidiformes.

BATTURE VASEUSE

Les poissons qui montent jusqu'au marécage intertidal passent nécessairement par la batture vaseuse à marée montante. L'échantillonnage visait à déterminer si certaines espèces remontent la batture vaseuse sans se rendre jusque dans le marécage intertidal. Les résultats de l'échantillonnage ne se prêtent pas à l'analyse de la

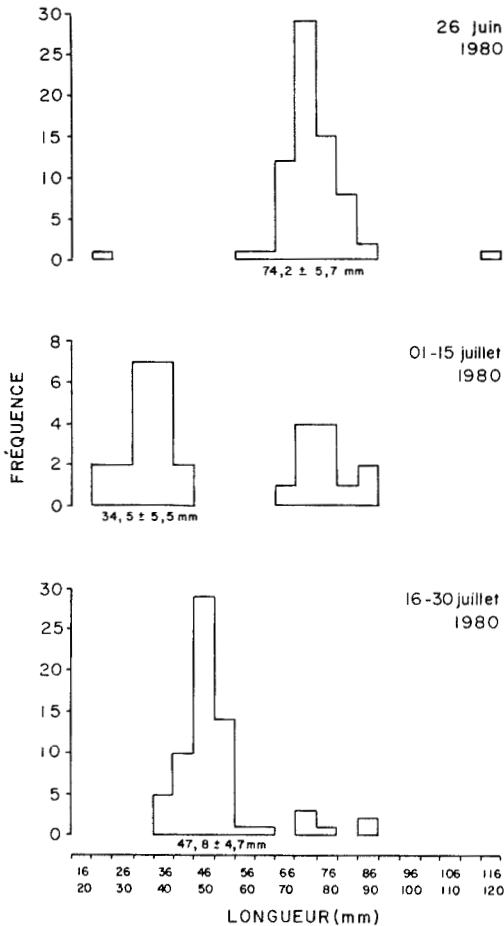


Figure 7. Changements saisonniers dans la taille des plies lisses (*L. putnami*) dans le marécage intertidal (données de la seine et de la trappe).

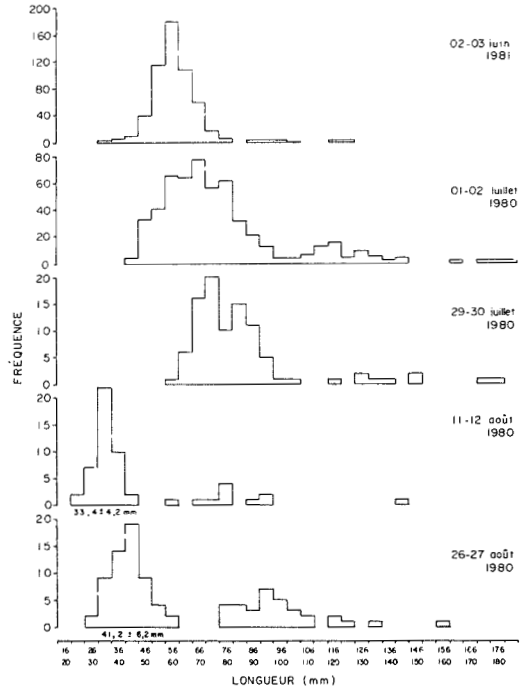


Figure 8. Changements saisonniers dans la taille de l'éperlan (*O. mordax*), dans le marécage intertidal (données de la seine et de la trappe).

structure de communauté, mais ils révèlent néanmoins certaines particularités de la batture vaseuse.

Deux espèces qui sont commercialement exploitées sur la batture vaseuse ne vont pas dans le marécage intertidal: l'anguille et l'esturgeon noir. Les statistiques des débarquements démontrent leur prédominance dans ce secteur. L'exploitation de l'anguille l'automne vise les anguilles en route vers la mer des Sargasses. Comme ces anguilles jeûnent, leur rôle dans la communauté de poissons est négligeable. Pendant l'été de 1980, malgré les 4 palangres tendues hebdomadairement en juin et juillet, nous avons récolté moins de 10 anguilles vertes (anguilles immatures et sédentaires), mais il ressort de l'examen des contenus stomacaux que l'anguille verte est le seul poisson piscivore de la communauté. Des 7 anguilles dont l'estomac n'était pas vide, 5 avaient consommé du poisson, principalement du poulamon (Dutil *et al.*, 1982).

Les prises accidentelles dans les pêches commerciales l'automne sont dominées par *M. tomcod* et *L. putnami*. L'histogramme fréquence-longueur d'un sous-échantillon de poulamons (fig. 9) démontre que la pêche fixe sélectionne les

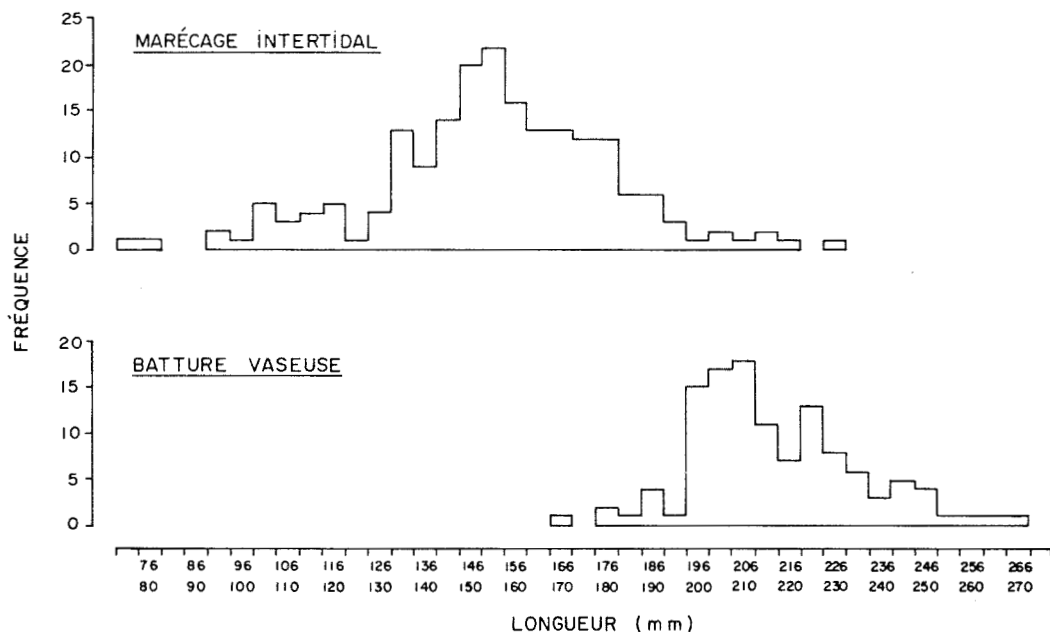


Figure 9. Histogrammes fréquence-longueur des poulamons (*M. tomcod*) pêchés en octobre dans le marécage intertidal et sur la batture vaseuse.

poulamons de plus de 200 mm puisque les poulamons de moins de 200 mm en sont exclus alors qu'ils dominent les prises à la même période dans le marécage intertidal (fig. 9). Les poulamons de plus de 200 mm, bien que présents sur la batture vaseuse, ne se rendent pas dans le marécage intertidal (fig. 9). De même les plies lisses qui se retrouvent sur la batture vaseuse l'automne (fig. 10) ne montent pas dans le marécage intertidal (fig. 4).

L'échantillonnage sur la batture vaseuse confirme la présence de trois taxons rares dans le marécage intertidal: *A. sapidissima*, *D. cepedianum* et *P. americanus*. Il révèle aussi la présence de quelques spécimens de *Boreogadus*

saida, *Cyclopterus lumpus*, *Cyprinus carpio*, *Salmo gairdneri* et *Hippoglossoides platessoides*.

Le hareng (*Clupea harengus*) a dominé les prises du chalut en milieu pélagique le long des îles de Kamouraska: 2 129 individus en 4 traits de chalut. Les histogrammes de la figure 11 montrent la distribution fréquence-longueur du hareng dans ces échantillons. Dans le cas des deux histogrammes du haut, les longueurs ont été mesurées sur un sous-échantillon de 200 harengs. Il y a deux longueurs modales nettement distinctes: 90 mm et 150 mm.

Discussion

La liste des poissons inventoriés n'est sans doute qu'une liste partielle des poissons du Saint-Laurent en face de Kamouraska, mais elle reflète bien, vu l'intensité de l'échantillonnage et la diversité des méthodes de pêche, la communauté des poissons de la zone intertidale dans la région de Kamouraska. Dans le marécage intertidal, la seine de plage peut mal échantillonner les poissons rares, les poissons en bancs ou ceux qui se tiennent dans la vase tel *L. putnami*, mais il ressort de l'échantillonnage par plusieurs engins pêchant simultanément et pendant tout le cycle de marée dans le marécage intertidal que la seine n'a raté que les Gasterosteidae de moins de 30 mm. L'ensemble des autres engins n'a rien révélé

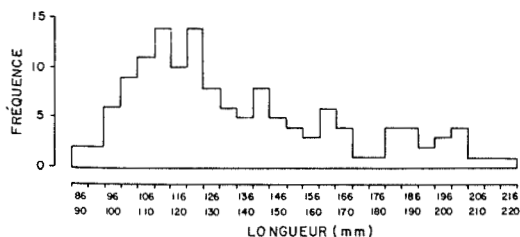


Figure 10. Histogrammes fréquence-longueur d'un sous-échantillon de plies lisses (*L. putnami*) prises dans une pêche commerciale à l'anguille tendue sur la batture vaseuse.

TABLEAU III
 Contenus stomacaux des poissons de six espèces dominantes pour la période du 26 juin au 2 juillet 1980

TAXON Longueur (mm) No. d'estomacs examinés No. d'estomacs vides	<i>G. wheatlandi</i>				<i>G. aculeatus</i>				<i>P. pungitius</i>		<i>M. tomcod</i>				<i>L. putnami</i>				<i>O. mordax</i>			
	30		34-46		30		50-75		21-58		31-60		106-135		20-35		50-90		54-78		98-126	
	20	20	20	20	20	20	20	20	11	11	20	10	5	20	0	0	30	30	8	8		
	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O	N	% O
POLYCHÈTES																						
Néréidiformes			2	11,1							16	87,5									22	54,5
Capitelliformes	5	15,0	440	44,4	10	5,3					30	35,0	15	40,0	1300	90,0	100	31,8	200	4,5		
Divers sous-ordres			3	11,1							10	12,5	60	80,0	120	90,0						
CRUSTACÉS																						
Copépodes	2000	100	3000	100	1750	100	1700	88,9	250	100	4300	100	10	25,0	300	80,0	130	75,0	4000	86,4	1700	59,1
Décapodes													1	12,5							1	4,5
Décapodes (larves)	3	5,0	3	11,1							3	10,0							23	13,6	1	4,5
Amphipodes	4	10,0	15	27,8			15	33,0			50	90,0	50	100		1	5,0			56	36,4	
Isopodes			3	11,1									2	25,0								
Ostracodes	6	15,0	3	5,6	3	10,5	41	27,8								1	5,0					
Mysidacés			10	11,1																	30	45,5
INSECTES																						
Hémiptères							2	11,1													2	45,5
Diptères									1	11,1											1	4,5
Insectes non-id.			—	27,8			—	61,1														
Larves non-id.	1	5,0	21	38,9			7	27,8			1	5,0	2	25,0		6	20,0					
GASTÉROPODES							1	5,6			12	5,0									1	4,5
OEUFS			—	11,1			—	27,8							1	20,0						
POISSONS													1	12,5								

N : nombre total de spécimens dans les estomacs.

% O : pourcentage d'occurrence basé sur le nombre total d'estomacs moins le nombre d'estomacs vides.

concernant le marécage intertidal qui n'ait été mis en évidence par le seinage.

L'échantillonnage réalisé démontre que l'estran est l'hôte de plusieurs espèces de poissons qui l'exploitent tour à tour et intensivement à marée haute. Nous avons inventorié près de 20 espèces dans la zone intertidale dont 12 fréquentent le marécage intertidal. L'examen des marelles à marée basse révèle l'importance de ce milieu pour les Gasterosteidae, mais les autres espèces de même que plusieurs Gasterosteidae ne se retrouvent dans le marécage intertidal qu'à marée haute. Ces poissons laissent le marécage lors du jusant, traversent la batture vaseuse (plus de 2 km) jusqu'au bas du médio-littoral. Ces mouvements peuvent expliquer la densité remarquable des poissons le long du littoral, dans le marécage intertidal, à l'étape de marée haute, et possiblement au bas de la batture vaseuse, à l'étape de marée basse.

Si dans le bas du marécage intertidal, nous avons inventorié 12 espèces de poissons, la communauté n'est dominée que par quelques espèces. Plusieurs sont rares ou marginales. La diversité reste basse tout au long de la période d'échantillonnage. Elle est à son minimum le printemps lorsque la densité est à son maximum. Les habitats caractérisés par des conditions physiques ou chimiques extrêmes voient leur communauté dominée par quelques taxons seulement et par des valeurs relativement basses de diversité (Swartz, 1972).

Pendant la période d'échantillonnage, les espèces dominantes et les stades se succèdent le long du littoral. Les Gasterosteidae sont particulièrement nombreux au printemps. *P. pungitius* est présent tôt au printemps, suivi de *G. aculeatus* et *G. wheatlandi*. La situation n'est pas la même à l'Isle Verte où *P. pungitius* entre dans les marelles au même moment que *G. aculeatus* et *G. wheatlandi* (FitzGerald, 1983). Cela peut résulter de ce que Kamouraska est plus près des sites d'hivernage de *P. pungitius* puisque cette dernière tolère moins l'eau salée que *G. aculeatus* ou *G. wheatlandi* (Scott & Crossman, 1974). Dans le marécage de l'Isle Verte, les Gasterosteidae adultes laissent les marelles pour les aires d'hivernage tôt en juillet (FitzGerald, 1983). Dans le marécage de Kamouraska, les Gasterosteidae adultes partent à la même période. Ils se nourrissent possiblement en milieu pélagique pendant le reste de l'été. Dès ce moment, les juvéniles de *G. aculeatus* et *G. wheatlandi* pullulent près du rivage lorsqu'ils délaissent les marelles où ils sont nés. Par contre, les juvéniles de *P. pungitius* ne sont pas décelés dans le marécage intertidal l'été. *P. pungitius* pond exclusivement en eau

douce (Scott & Crossman, 1974), mais Worgan & FitzGerald (1981a, b) et FitzGerald (1983) mentionnent la présence de géniteurs dans les marelles du marécage intertidal de l'Isle Verte. Notre échantillonnage ne visait pas les marelles. Trois autres espèces fréquentent le marécage intertidal tour à tour, soit *O. mordax* en juin, puis par la suite *M. tomcod* et *L. putnami*. Dans les trois cas, il y a succession des classes d'âges pendant l'été. Vraisemblablement, les six espèces dominantes et même les classes d'âge de chacune de ces espèces sont présentes près du littoral à un moment particulier qui leur est propre. L'échantillonnage pourrait refléter les mouvements de montaison ou de dévalaison dans l'estuaire près de Kamouraska.

Le marécage intertidal constitue un milieu propice à la reproduction des Gasterosteidae qui fraient dans les marelles de la zone de *S. patens* (FitzGerald, 1983). Les Gasterosteidae croissent dans les marelles où ils exploitent le benthos (Ward & FitzGerald, 1983a; Worgan & FitzGerald, 1983b). Les 6 espèces dominantes du marécage se nourrissent aussi de crustacés et de polychètes pendant la marée haute. Il serait intéressant de déterminer dans quelle mesure le marécage intertidal et la batture vaseuse soutiennent la production des crustacés et des polychètes dont se nourrissent les poissons.

Les concentrations de poissons près du littoral sont à leur tour exploitées par les oiseaux qui nichent en colonies sur les îles de Kamouraska. C'est le cas du bihoreau à couronne noire (*Nycticorax nycticorax*) qui nourrit ses jeunes notamment de *G. aculeatus* et *M. tomcod* (Tremblay & Ellison, 1980). Les bihoreaux sélectionnent *G. aculeatus* (FitzGerald & Dutil, 1981), bien que, comme à l'Isle Verte, *G. wheatlandi* domine les prises (FitzGerald, 1983). Il n'existe pas de données concernant les autres oiseaux (cormoran à aigrettes, grand héron et guillemot noir) qui nichent à proximité, mais ils sont aussi reconnus comme des consommateurs de poissons (Godfrey, 1967). De même le béluga (*Delphinapterus leucas*), présent le long des îles de Kamouraska, se nourrit principalement de poissons de petite taille (Vladykov, 1946). Par contre, la communauté de poissons inventoriée est relativement exempte de poissons piscivores. L'anguille en migration catadrome ne se nourrit pas; l'anguille résidente se nourrit de poulamons (Dutil *et al.*, 1982), mais elle est rare dans la région. Finalement, le cannibalisme au sein des Gasterosteidae n'est pas exclu (Worgan & FitzGerald, 1981b; Ward & FitzGerald, 1983a; FitzGerald, 1983).

Même s'il peut être hasardeux de faire un parallèle entre les marécages intertidaux des

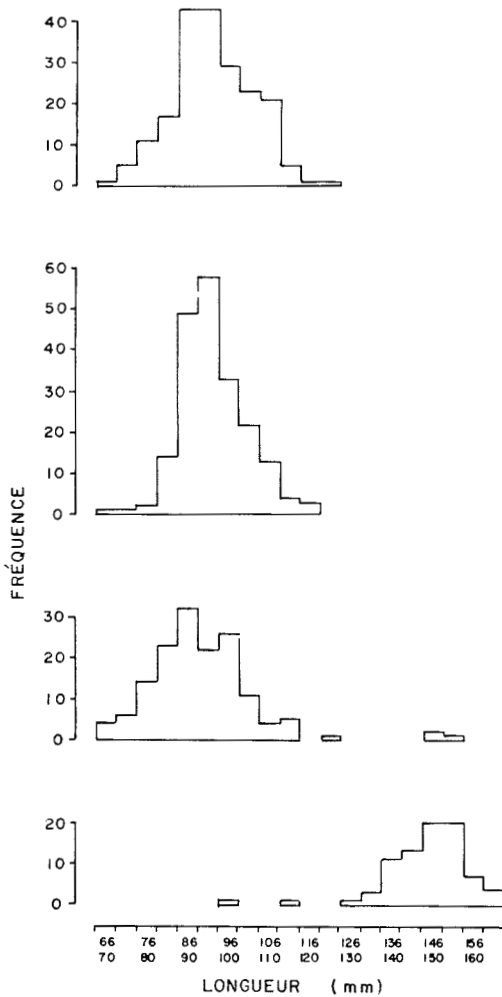


Figure 11. Histogrammes fréquence-longueur du hareng (*C. harengus*) pêché au chalut pélagique près des îles de Kamouraska (4 traits de 60 minutes).

États-Unis et ceux de l'estuaire du Saint-Laurent, il n'en demeure pas moins que leurs communautés de poissons se ressemblent. Le nombre d'espèces de poissons dans les marécages intertidaux de la côte est des États-Unis est plus élevé puisqu'il varie de 16 à 55 selon les marécages, mais les communautés là aussi sont dominées par peu de taxons et sont caractérisées par la prépondérance de larves et de poissons de taille modeste (Bozeman & Dean, 1980; Cain & Dean, 1976; Shenker & Dean, 1979; Subrahmanyam & Drake, 1975; Nixon & Oviatt, 1973).

Le rôle vital des marécages intertidaux et des battures vaseuses dans l'environnement côtier a été démontré par de nombreux chercheurs (Teal,

1962; Turner, 1976; Gosselink *et al.*, 1974; Fore *et al.*, 1980; Carey *et al.*, 1980; Heinle & Flemmer, 1976; Armstrong & Hinson, 1978; Niering & Warren, 1980). Leur rôle de soutien à la production des poissons en milieu côtier a aussi été démontré (Peterson & Peterson, 1979; McHugh, 1966; Bozeman & Dean, 1980; Cain & Dean, 1976; Shenker & Dean, 1979; Subrahmanyam & Drake, 1975). Les connaissances que nous cumulons sur les marécages intertidaux de Kamouraska et de l'Isle Verte donnent à penser que les marécages pourraient aussi jouer un rôle vital à la biocénose de l'estuaire du Saint-Laurent.

Remerciements

Les auteurs remercient MM. Jean Boulva, J.-C. Dubé et Pierre Trudel de leur participation à l'élaboration de ce travail, M. Maurice Ouellet, pêcheur d'anguilles à Kamouraska pour sa collaboration soutenue sur le terrain, MM. Howard Powles et Michel Giguère pour leurs commentaires judicieux sur la version antérieure, Monique Michaud, Yves Lavergne, Benoît Légaré et Benoît Mercille qui ont participé à l'échantillonnage en 1981, M. Lionel Corriveau qui a préparé les figures, de même que tout le personnel du ministère des Pêches et des Océans du Canada qui a rendu possible ce travail.

Références

- ARMSTRONG, N.E. & M.O. HINSON, 1978. Influence of flooding and tides on nutrient exchange from a Texas marsh. — *In* M. Wiley (ed). Estuarine interactions. Academic Press, New York, 603 p.
- BERGERON, J., 1973. L'utilisation du chalut Boris pour la capture du capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent. — Rapp. ann. Dir. gén. Pêches marit. Min. Ind. Comm. Québec, 1972, p. 55-56.
- BOZEMAN, E.L. & J.M. DEAN, 1980. The abundance of estuarine larval and juvenile fish in a South Carolina intertidal creek. — *Estuaries*, 3: 89-97.
- BROMLEY, J.E.C. & S. BLEAKNEY, 1979. Taxonomic survey of benthic fauna in estuarine saltmarsh pools, Minas Basin, Bay of Fundy. — *Proc. N.S. Inst. Sci.*, 29: 411-446.
- CAIN, R.L. & J.M. DEAN, 1976. Annual occurrence, abundance and diversity of fish in a South Carolina intertidal creek. — *Mar. Biol.*, 36: 369-379.
- CAREY, R.C., P.S. MARKOVITS & J.B. KIRKWOOD (eds.), 1981. Proc. U.S. Fish and Wildlife Service workshop on coastal ecosystems of the southern United States. — U.S. Fish and Wildlife Service, Office of Biological Services, Washington, D.C., FWS/OBS-80/59, 257 p.
- CRAIG, D. & G.J. FITZGERALD, 1982. Reproductive tactics of four sympatric sticklebacks (*Gasterosteidae*). — *Env. Biol. Fish.*, 7: 369-375.

- DUTIL, J.-D., M. FORTIN & Y. VIGNEAULT, 1982. L'importance des zones littorales pour les ressources halieutiques. — Mémoire au Conseil consultatif de l'Environnement du Québec. Can. MS Rep. Fish. aquat. Sci., n° 1653, 28 p.
- FITZGERALD, G.J., 1983. The reproductive ecology and behaviour of three sympatric sticklebacks (Gasterosteidae) in a saltmarsh. — *Biology of Behavior*, 8: 67-79.
- FITZGERALD, G.J. & J.-D. DUTIL, 1981. Evidence for differential predation on an estuarine stickleback community. — *Can. J. Zool.*, 59: 2394-2395.
- FORE, P.L. & R.D. PETERSON (ed.), 1980. Proceedings of the Gulf of Mexico coastal ecosystems workshop. — U.S. Fish. Wildl. Serv., Albuquerque, New Mexico, FWS/OBS-80/30, 214 p.
- GAUTHIER, J., D. LEHOUX & J. ROSA, 1980. Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent. — Service canadien de la faune, Environnement Canada, 91 p.
- GODFREY, W.E., 1967. Les oiseaux du Canada. — *Bull. Mus. nat. Canada*, n° 203, 506 p.
- GOSSELINK, J.G., E.P. ODUM & R.M. POPE, 1974. The value of the tidal marsh. — Center for Wetlands Resources, Louisiana St. Univ., Bâton Rouge, Publ. SG-74-03, 32 p.
- HATCHER, B.G. & K.H. MANN, 1975. Above-ground production of marsh cordgrass (*Spartina alterniflora*) near the northern end of its range. — *J. Fish. Res. Bd Can.*, 32: 83-87.
- HEINLE, D.R. & D.A. FLEMMER, 1976. Flows of materials between poorly flooded tidal marshes and an estuary. — *Mar. Biol.*, 35: 359-373.
- LAMBERT, Y. & F.J. FITZGERALD, 1979. Summer food and movements of the Atlantic tomcod *Microgadus tomcod* in a small tidal creek. — *Naturaliste can.*, 106: 555-559.
- LEVY, D.A., T.G. NORTHCOTE & G.J. BIRCH, 1979. Juvenile salmon utilization of tidal channels in the Fraser River estuary, B.C. — *Westwater Res. Centre, Univ. Brit. Columbia, Tech. Rep.*, no. 23, 82 p.
- MARGALEF, R., 1968. Perspectives in ecological theory. — University of Chicago Press, Illinois, 111 p.
- MARTIN, A.I., 1974. Primary productivity and cycling of inorganic nutrients in an estuarine saltmarsh on the Atlantic coast of Canada. — B. Sc. thesis, Dalhousie Univ., Halifax, N.S., 34 p.
- McHUGH, J.L., 1966. Management of estuarine fisheries. — Pages 133-154 in *A symposium on estuarine fisheries*. Am. Fish. Soc., Spec. Publ., no. 3, 154 p.
- NIERING, W.A. & R.S. WARREN, 1980. Vegetation patterns and processes in New England salt marshes. — *Bioscience*, 30: 301-307.
- NIXON, S.W. & C.A. OVIATT, 1973. Ecology of a New England salt marsh. — *Ecol. Monogr.*, 43: 463-498.
- OUELLET, Y. & J. CERCEAU, 1976. Mélange des eaux douces et salées du Saint-Laurent. Circulation et salinité. — *Cahiers Centreau*, 1: 1-57.
- PETERSON, C.H. & N.M. PETERSON, 1979. The ecology of intertidal flats of North Carolina: a community profile. — U.S. Fish. Wild. Serv., FWS/OBS-79/39, 73 p.
- PIELOU, E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. — *J. theor. Biol.*, 13: 131-144.
- 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.
- SANDERS, H.L., 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft-bottom community. — *Limnol. Oceanogr.*, 5: 138-153.
- SCOTT, W.B. & E.J. CROSSMAN, 1974. Poissons d'eau douce du Canada. — *Bull. Fish. Res. Bd Can.*, no. 184, 1026 p.
- SHENKER, J.M. & J.M. DEAN, 1979. The utilization of an intertidal salt marsh creek by larval and juvenile fishes: abundance, diversity and temporal variation. — *Estuaries*, 2: 154-163.
- SUBRAHMANYAM, C.B. & S.H. DRAKE, 1975. Studies on the animal communities in two North Florida salt marshes. Part 1. Fish communities. — *Bull. mar. Sci.*, 25: 445-465.
- SWARTZ, R.C., 1972. Biological criteria of environmental change in the Chesapeake Bay. — *Chesapeake Science*, 13: S17-S41.
- TEAL, J.M., 1962. Energy flow in the salt marsh ecosystem of Georgia. — *Ecology*, 43: 614-624.
- TREMBLAY, J. & L.N. ELLISON, 1980. Le régime alimentaire des jeunes bihoreaux à couronne noire dans l'estuaire du Saint-Laurent — *Naturaliste can.*, 107: 15-20.
- TURNER, R.E., 1976. Geographic variations in salt marsh macrophyte production: a review. — *Contrib. mar. Sci.*, 20: 47-68.
- VLADYKOV, V.D., 1946. Étude sur les mammifères aquatiques. IV. Nourriture du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. — Département des Pêcheries (Québec), 155 p.
- WARD, G. & G.J. FITZGERALD, 1983a. Fish predation on the macrobenthos of tidal salt marsh pools. — *Can. J. Zool.*, 61: 1358-1361.
- WARD, G. & G.J. FITZGERALD, 1983b. Macrobenthic abundance and distribution in tidal pools of a Québec salt marsh. — *Can. J. Zool.*, 61: 1071-1085.
- WELSH, B.L., 1980. Comparative nutrient dynamics of a marsh-mudflat ecosystem. — *Est. Coastal Mar. Sci.*, 10: 143-164.
- WOODWELL, G.M. & D.E. WHITNEY, 1977. Flax pond ecosystem study: exchanges of phosphorus between a salt marsh and the coastal waters of Long Island Sound. — *Mar. Biol.*, 41: 1-6.
- WORGAN, J.P. & G.J. FITZGERALD, 1981a. Diel activity and diet of three sympatric sticklebacks in tidal marsh pools. — *Can. J. Zool.*, 59: 2375-2379.
- WORGAN, J.P. & G.J. FITZGERALD, 1981b. Habitat segregation in a salt marsh among adult sticklebacks (Gasterosteidae). — *Environ. Biol. Fish.*, 6: 105-109.

GAYLUSSACIA DUMOSA (ANDR.) T. & G. VAR. BIGELOVIANA FERN.

NOUVEAU DANS LA FLORE DU 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

Résumé

La découverte de *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* permet d'ajouter une éricacée à la flore du Québec. Malgré d'intenses recherches, quelques stations seulement ont pu être dénombrées dans l'est du Québec. L'habitat est décrit et une carte de distribution est présentée. Les caractères distinctifs de ce taxon et de la seule autre espèce canadienne (*Gaylussacia baccata*) sont indiqués et deux d'entre eux sont illustrés.

Abstract

The discovery of *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* adds one ericaceous dwarf shrub to the Québec flora. A careful search led to the discovery of only a few occurrences in eastern Québec. The habitat is described and a distribution map is presented. Distinctive characters between this taxon and the only other member of the genus in Canada (*Gaylussacia baccata*) are given. Two of them are illustrated.

Introduction

Le genre *Gaylussacia* appartient à la famille des Ericaceae où il forme avec le genre *Vaccinium* la sous-famille des Vaccinioideae (Fernald, 1950). Alors que le genre *Gaylussacia* était créé en 1818 par Humboldt, Bonpland & Kunth (1815-1825) à partir de matériel sud-américain, les plantes nord-américaines de ce genre furent d'abord associées au genre *Vaccinium*. Ce n'est que beaucoup plus tard qu'elles furent reconnues différentes des *Vaccinium* et enfin versées au genre *Gaylussacia* en passant par les genres *Decachaena*, *Lasio-coccus* et d'autres (Camp, 1941). Le genre est surtout abondant dans l'est du Brésil où il compte une quarantaine d'espèces. Un second groupe d'espèces, moins important en nombre (environ une dizaine), est présent du nord du Pérou à la Colombie avec quelques stations isolées au Vénézuéla. Enfin le troisième groupe comprenant neuf espèces occupe l'est de l'Amérique du Nord, de la Floride à Terre-Neuve. Les espèces nord-américaines ne sont pas morphologiquement séparées des espèces sud-américaines. Camp (1941) a montré que leurs affinités permettent d'affirmer que les espèces nord-américaines dérivent vraisemblablement de celles d'Amérique

du Sud. Des neuf espèces nord-américaines, seulement deux atteignent l'est du Canada: *Gaylussacia baccata* (Wang.) Koch, présent en Ontario, au Québec et dans toutes les provinces maritimes et *Gaylussacia dumosa* (Andr.) T. et G., restreint aux provinces maritimes. Tout le matériel canadien de *Gaylussacia dumosa* se rapporte à la variété *bigeloviana* Fern. (Scoggan, 1978-1979; Boivin, 1966).

Distribution au Québec

Au Québec, *Gaylussacia baccata* est limité à la plaine-basse du Saint-Laurent. À l'ouest, il remonte l'Outaouais alors qu'au nord, quelques populations se retrouvent le long du Saguenay (Rousseau, 1974). Vers l'est, il pénètre à peine en Gaspésie. La station du comté de Matane, entre Sainte-Flavie et Métis-Beach (1934, Louis-Marie *et al.*, 34111, QFA) mentionnée par Rousseau (1974) constitue la limite est de ce taxon le long du Saint-Laurent. Il se rencontre aussi aux îles-de-la-Madeleine. La mention de Dansereau (1970) consignée par Rousseau (1974) pour Coin-du-Banc doit être éliminée de la distribution (voir plus loin).

La première récolte du *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* au Québec revient à Pierre Dansereau qui, selon ses notes de terrain, visitait la tourbière de Bridgeville à 6 km au nord-ouest de Coin-du-Banc en Gaspésie (fig. 1) les 20 et 28 juillet 1962 et y récoltait 3 spécimens de *Gaylussacia* (numéros 620720-01-51, 620728-02 et 620728-04-51). Il attribuait alors provisoirement ses récoltes au *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* (L. Durand, *in litt.*) quoiqu'il les signala plus tard (Dansereau, 1970) sous *Gaylussacia baccata*. Les spécimens justificateurs récemment localisés à l'Herbier Marie-Victorin (MT), appartiennent effectivement au *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana*. En parcourant la même tourbière en 1973, nous y avons observé et récolté de nouveau le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana*, alors que *Gaylussacia baccata* demeurerait introuvable malgré d'intenses recherches dans la tourbière. En conséquence la mention de cette station comme étant la seule connue du *Gaylussacia baccata* en Gaspésie par Dansereau (1970) et reprise par Rousseau (1974), devient erronée.

Une seconde station du *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* a été découverte à Pointe-Saint-Pierre, à une dizaine de kilomètres au nord-est de la précédente (fig. 1). Malgré les recherches dans plusieurs autres tourbières de la péninsule,

ce sont là les deux seules stations gaspésiennes connues de ce taxon. En région maritime, il a aussi été observé à deux stations aux Îles-de-la-Madeleine (fig. 1).

La présence de *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* en Gaspésie et aux Îles-de-la-Madeleine n'est cependant pas surprenante puisqu'on le retrouve tout près au Nouveau-Brunswick (Hinds, *in litt.*) sur les îles Miscou et Shippagan. Alors que dans les provinces maritimes la plante semble se confiner à la proximité des côtes (Roland & Smith, 1969; Erskine, 1960; Robertson *et al.*, 1973), au Québec, elle a de plus été observée à Rivière-Ouelle, le long du fleuve Saint-Laurent (fig. 1). C'est au niveau de cette localité que se situe la limite entre les tronçons saumâtre et maritime des eaux du Fleuve (Gauthier, B, 1980). Le climat régional n'est cependant pas strictement continental. En effet, Blanchard (1935) et Villeneuve (1948) affirment que le climat subit une légère influence marine exercée par le Saint-Laurent lui-même. D'ailleurs la station du *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* de Rivière-Ouelle est située dans une tourbière de grande dimension, nettement bombée et couverte d'une végétation ombrotrophe (Gauthier & Grandtner, 1975) semblable à celle de bien d'autres tourbières situées elles-mêmes en région nettement maritime.

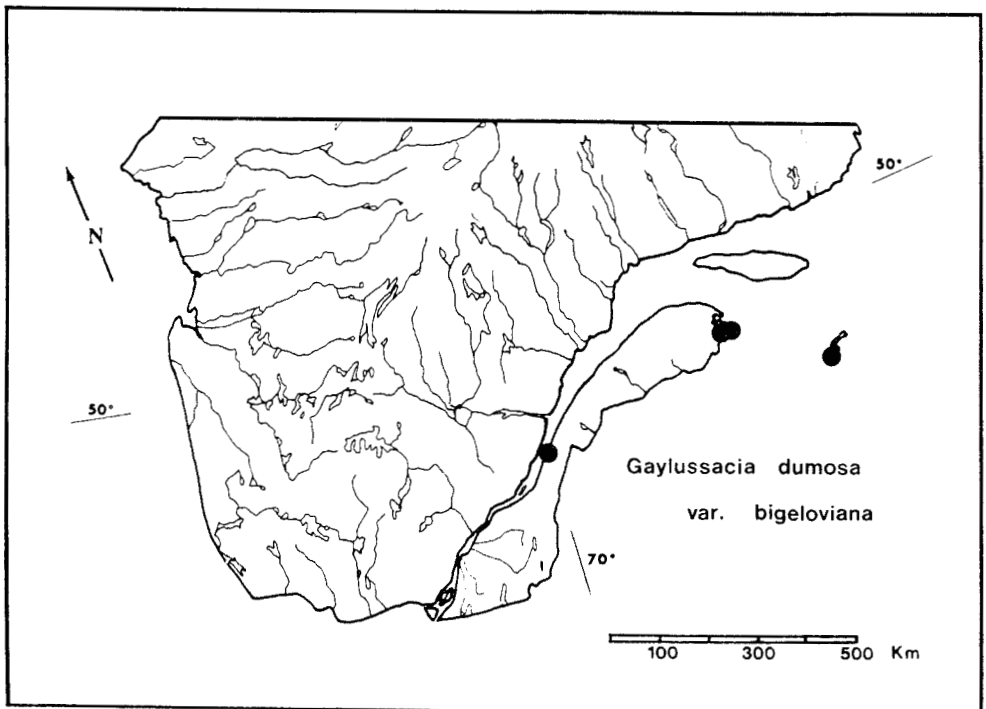


Figure 1. Distribution du *Gaylussacia dumosa* (Andr.) T. et *G.* var. *bigeloviana* Fern. au Québec.

Ces quelques stations québécoises sont les seules que nous ayons pu trouver malgré des recherches intensives dans bon nombre de tourbières. La plante peut donc être considérée comme rare au Québec. C'est cependant sur la côte nord du golfe du Saint-Laurent qu'elle pourra peut-être encore être observée, le climat et l'abondance de tourbières lui étant propices. Elle semble toutefois absente de l'archipel de Mingan et n'a pas été observée à l'île d'Anticosti où nous l'avons cherchée en vain (Gauthier, R., 1980. Rapport non publié). Les stations gaspésiennes ne sont situées qu'à environ 150 kilomètres au sud de la limite nord de la distribution connue de la plante qui se situe à Terre-Neuve, vers 49°57' de latitude nord, (Standford river, north-east of Cow Head, large acid peat bog about two miles up river, August 8 1949, R. Tuomikoski 414, H, CAN) (Hay, 1976).

Les spécimens suivants ont été récoltés; les herbiers où ils ont été déposés sont identifiés par l'acronyme figurant dans l'Index Herbariorum (Holmgren *et al.*, 1981).

Comté Kamouraska: Rivière-Ouelle bog, central part, 26 June 1971, A.W.H. Damman *s.n.*, DAO, QFA; Rivière-Ouelle, grande tourbière à l'est du village, 15 juillet 1973, R. Gauthier et P. Morisset 73-175, CAN, DAO, GH, NY, MT, MTMG, QFA, QUE. Comté Gaspé-Sud: Bridgeville, près du lieu-dit Rang-Saint-Paul, à l'ouest de la route, 20 août 1973, R. Gauthier 73-203, CAN, DAO, MT, MTMG, QFA, QUE, SFS; Pointe-Saint-Pierre, 1 octobre 1971, R. Gauthier 71-324, CAN, GH, NY, QFA. Comté Îles-de-la-Madeleine: Île Amherst, environ 2 km au sud-ouest de Portage-du-Cap, à l'ouest de la route, 30 juin 1974, R. Gauthier 74-53, CAN, DAO, QFA; Île du Havre-Aubert (Amherst Island), l'Anse-à-la-Cabane, environ 2 milles au sud-ouest de Bassin, au sud de la route principale, 3 juillet 1975, R. Gauthier 75-185, CAN, GH, QFA; oedem R. Gauthier 75-187, DAO, QFA.

Habitat

Alors que la variété typique du *Gaylussacia dumosa* est confinée à la partie méridionale de l'aire de distribution de l'espèce où elle occupe des habitats plutôt secs tels les forêts de pins sur sable de la plaine côtière, la variété *bigeloviana* Fern. occupe la partie septentrionale de l'aire et ne se rencontre que dans les tourbières. C'est d'ailleurs cette différence qui a incité Fernald (1911) à examiner de plus près les deux populations qui se sont avérées suffisamment différentes pour y distinguer les deux variétés.

Quelques places-échantillons d'un mètre carré de surface, disposées en ligne droite et espacées d'un mètre, ont été établies dans les quatre nouvelles stations québécoises (tableau I). Elles per-

mettent de préciser l'habitat tourbicole de ce taxon sur notre territoire.

Le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* est avant tout lié à la présence des sphaignes couvrant pratiquement toute la surface du sol. Les sphaignes s'étalent en grandes colonies sur la tourbe, créant une microtopographie de creux et de buttes. *Sphagnum fuscum* est toujours présent et généralement le plus abondant. Il est presque toujours accompagné de *Sphagnum nemoreum* dont la couverture peut parfois supplanter celle de *Sphagnum fuscum*, en particulier à la station de Rivière-Ouelle. Dans cette même station apparaissent aussi *Sphagnum magellanicum* et *Polytrichum strictum* en faible abondance alors qu'ils sont pratiquement absents des relevés des stations plus maritimes. D'autres bryophytes et lichens prennent place parmi les sphaignes mais n'occupent que peu d'espace. *Mylia anomala* est présent dans presque tous les relevés alors que les autres espèces sont pratiquement restreintes à quelques relevés des stations nettement maritimes. Parmi eux, *Sphagnum flavicomans* et *Sphagnum imbricatum* sont les seuls éléments nettement océaniques.

Du tapis de sphaignes émergent arbustes et herbacées. Le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* étant une plante de pleine lumière, il s'installe là où les arbres sont absents et où les arbustes sont clairsemés et de taille égale ou inférieure à la sienne. C'est ainsi que les arbustes les plus grands n'atteignent que 20 cm de hauteur. En général, leur taille se situe vers 15 cm seulement. Les arbustes qui sont pratiquement toujours associés au *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* sont *Chamaedaphne calyculata*, *Vaccinium oxycoccos* et *Kalmia angustifolia*. Les stations nettement maritimes se distinguent de celle de Rivière-Ouelle au niveau des arbustes, par la présence d'*Empetrum nigrum* qui s'étale parfois en tapis très serrés.

Les plantes herbacées qui accompagnent le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* sont peu nombreuses et surtout peu abondantes. Son associé le plus fidèle est le *Drosera rotundifolia* dont les individus sont dispersés ici et là sur les sphaignes. *Rubus chamaemorus* et *Scirpus caespitosus* var. *callosus* sont presque toujours présents. La sarracénie pourpre (*Sarracenia purpurea*) est plus fréquente dans les stations en région maritime qu'à Rivière-Ouelle. Par contre, *Eriophorum spissum* a été observé dans presque tous les quadrats de la station de Rivière-Ouelle alors qu'il est absent des quadrats des stations plus maritimes. Il est néanmoins commun dans les tourbières maritimes.

Herbacées																					
<i>Rubus chamaemorus</i>	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	3	1	.	.	+	+	1	1	2	1	1
<i>Drosera rotundifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Scirpus cespitosus</i> v. <i>callosus</i>	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	+	1	.	1	1	.	+	.	.	.
<i>Sarracenia purpurea</i>	+	+	+	+	.	+	.	.	+	1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eriophorum spissum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	1	2	1	+	.	1	+	+
<i>Geocaulon lividum</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bryophytes et lichens																					
<i>Sphagnum fuscum</i>	5	5	5	5	5	5	3	3	+	3	5	4	.	5	3	3	2	3	1	+	+
<i>Mylia anomala</i>	1	1	1	1	1	+	2	2	+	2	+	.	1	+	1	+	1	1	1	2	1
<i>Sphagnum nemoreum</i>	.	.	+	+	+	+	3	3	5	+	+	1	+	1	2	3	5	3	5	4	5
<i>Polytrichum strictum</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	5	1	2	1	+	2	1	1	1
<i>Sphagnum magellanicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	+	1	+	+	+	+	1	+	+	+
<i>Cladonia cenotea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	+	1	+	+	+	2	+
<i>Kurzia setacea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	2	+
<i>Cladina mitis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.
<i>Cladina rangiferina</i>	.	.	+	.	.	+	.	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pohlia nutans</i>	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dicranum leioneuron</i>	.	+	.	1	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cetraria islandica</i>	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladina stellaris</i>	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum flavicomans</i>	.	.	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sphagnum imbricatum</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dicranum undulatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cladina arbuscula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

- indique l'absence du taxon

- indique que l'observation n'a pas été faite

Tous les quadrats ont un mètre carré de surface

Toutes les espèces recensées dans les quatre stations (tableau I) sont des espèces ombrotrophes facultatives (Gauthier, R., 1980). De plus, ces stations se trouvent dans des tourbières possédant une topographie générale nettement bombée, caractéristique des tourbières ombrotrophes. Il est donc possible d'affirmer que le régime nutritif de ces stations est ombrotrophe et qu'en conséquence, le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* peut être lui aussi considéré comme une espèce ombrotrophe facultative.

Parmi toute la gamme possible du degré d'humidité du sol dans les tourbières, celui des stations étudiées peut être considéré comme faible. La fréquente dominance du *Sphagnum fuscum* indique que la nappe phréatique se situe à plusieurs centimètres sous la surface de la tourbe. En conséquences, les buttes sur lesquelles croît le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* sont généralement bien aérées. Quoiqu'aucune place-échantillon n'ait été inventoriée pour préciser l'habitat du *Gaylussacia baccata* dans les tourbières, nos observations permettent d'affirmer qu'il occupe des sites moins humides que ceux colonisés par le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana*; en particulier ceux où domine le *Kalmia angustifolia* qui sont considérés comme les sites les moins humides des communautés éricoïdes de ce type de tourbières (Gauthier & Grandtner, 1975). Nous avons néanmoins observé à Rivière-Ouelle quelques sites où les deux espèces croissent côte à côte.

Appartenance phytosociologique des stations

Au tableau I, ont été ajoutés cinq relevés (quadrats 17 à 21) effectués dans la tourbière à sphaignes et *Chamaedaphne calyculata*, à proximité de la station de *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* de Rivière-Ouelle. La similitude de la composition floristique de cette série de relevés avec celle de la série (quadrats 12 à 16) où est présent le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* permet d'affirmer que, à Rivière-Ouelle, ce dernier s'est installé dans l'association à sphaignes et *Chamaedaphne calyculata*, sous-association à *Chamaedaphne calyculata* (*Sphagno-Chamaedaphnetum calyculatae chamaedaphnetosum*) décrite par Gauthier & Grandtner (1975) pour les tourbières de la région du Bas-Saint-Laurent.

La végétation des stations plus maritimes (quadrats 1 à 11) s'apparente très fortement à la «*Gaylussacia dumosa-Sphagnum fuscum* sociation» d'Osvald (1970) décrite à partir de trois relevés effectués dans trois tourbières de la Nou-

velle-Écosse. La composition floristique est pratiquement similaire quoique le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* soit plus abondant dans les relevés de la Nouvelle-Écosse. La différence la plus importante est la présence d'une dizaine d'espèces minérotrophes dans les relevés de la Nouvelle-Écosse, révélant la nature minérotrophe des stations. La description de chacune des trois tourbières d'où proviennent les relevés le confirme d'ailleurs. Le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* apparaît aussi sporadiquement dans les relevés de plusieurs autres «sociations» d'Osvald (1970) à caractère minérotrophe nettement plus marqué et d'autres incontestablement ombrotrophes.

Caractères distinctifs des taxons canadiens

L'ensemble des espèces nord-américaines du genre *Gaylussacia* a été étudié par Small (1933) et Camp (1935, 1941). Plus récemment, Duncan & Brittain (1966) publiaient une étude du genre en Georgie où croissent six espèces dont nos deux espèces canadiennes.

Les plantes du genre *Gaylussacia* sont couvertes à divers degrés de poils glanduleux permettant de les distinguer assez facilement des autres éricacées. Camp (1935, 1941) affirme, à la suite de Drude (1889), que ces poils glanduleux ont évolué vers deux types généraux permettant la distinction des deux sections principales au sein des neuf espèces du genre en Amérique du Nord: section *Eulussacia* contenant trois espèces dont *Gaylussacia dumosa* caractérisée par des poils glanduleux stipités (fig. 2a) et section *Decachaena* contenant cinq espèces dont *Gaylussacia baccata* caractérisée par des poils glanduleux sessiles ou presque (fig. 2b). Une troisième section *Vitis-idaea* où les poils glanduleux sont pratiquement absents comprend la dernière espèce. Small (1933) considérait ces différences suffisantes pour élever ces trois sections au rang de genre. En plus des caractères des poils glanduleux, nos deux taxons canadiens se distinguent aussi à l'aide d'autres caractères dont les plus importants apparaissent au tableau II.

Gaylussacia dumosa var. *bigeloviana* se distingue d'abord par sa taille plus petite qui se situe généralement autour de 20 cm alors que *Gaylussacia baccata* atteint plutôt 50 cm de hauteur en moyenne. La feuille de *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* est arrondie au sommet et atténuée à la base alors que celle de *Gaylussacia baccata* a les deux extrémités atténuées et de la même façon. C'est cependant la présence d'un mucron bien visible au sommet arrondi de la feuille

qui permet de reconnaître d'emblée le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana*. Ce mucron est constitué d'une excroissance du limbe dans laquelle la nervure principale s'atténue graduellement (fig. 3a). Cette nervure principale est saillante à la face inférieure de la feuille et permet une observation facile de l'organisation du mucron. Chez *Gaylussacia baccata*, la nervure principale se termine brusquement par un renflement circulaire aplati et étalé (fig. 3b) qui fait légèrement sailli à la face inférieure de la feuille. Parfois il n'atteint pas l'apex de la feuille de sorte qu'une échancrure se produit dans le limbe pour donner une feuille rétuse. Il arrive quelquefois que ce renflement au contraire

prolonge la nervure au-delà du limbe pour former un court mucron toujours dépourvu de limbe (fig. 3c).

Conclusion

Le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* est resté inconnu jusqu'à maintenant au Québec par suite de sa rareté et de sa ressemblance apparente au *Gaylussacia baccata*. Au contraire de ce dernier qui est beaucoup plus fréquent au Québec méridional et dont l'amplitude écologique est beaucoup plus grande, le *Gaylussacia dumosa*

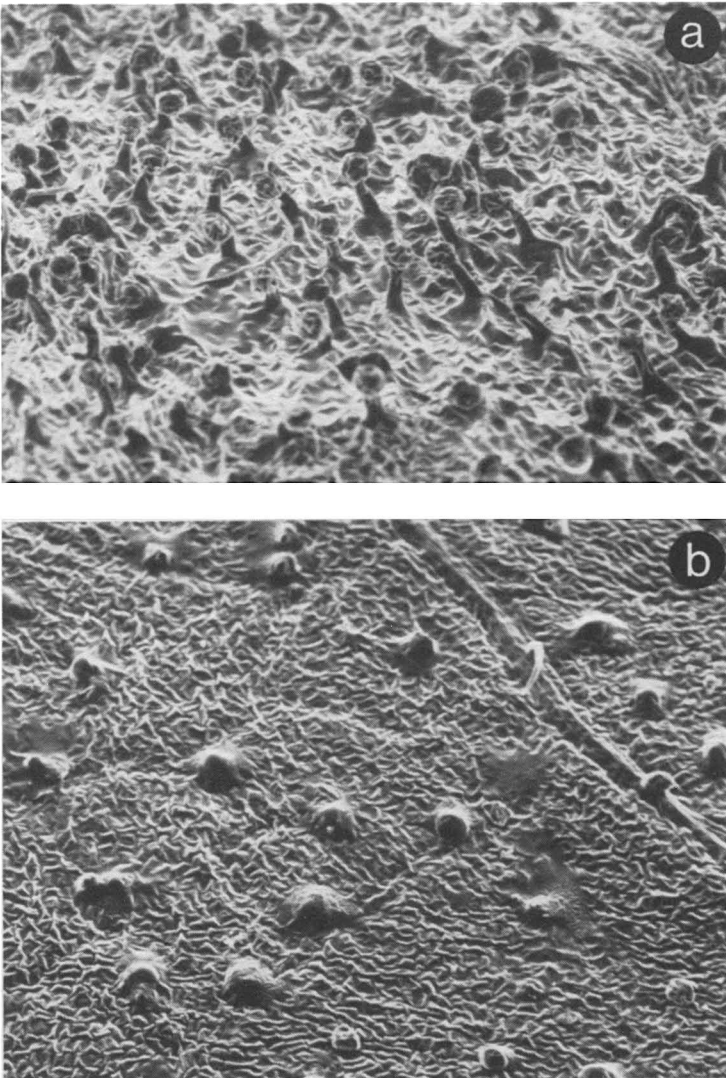


Figure 2. Poils glanduleux (face supérieure des feuilles). a: stipités chez *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana*; b: sessiles chez *Gaylussacia baccata* (100X).

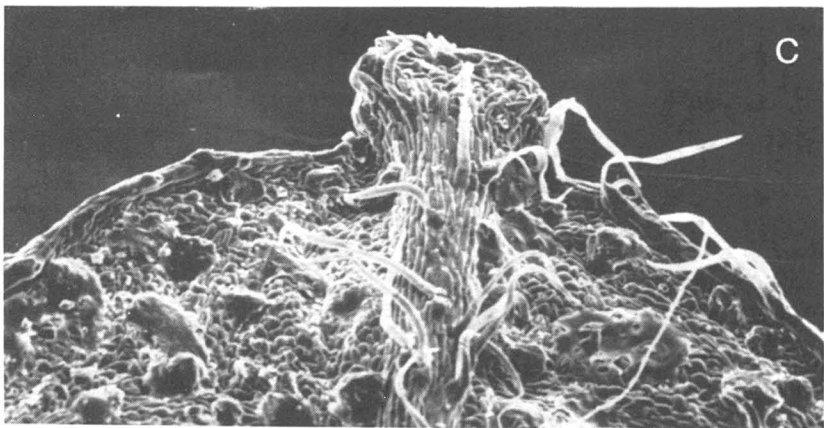
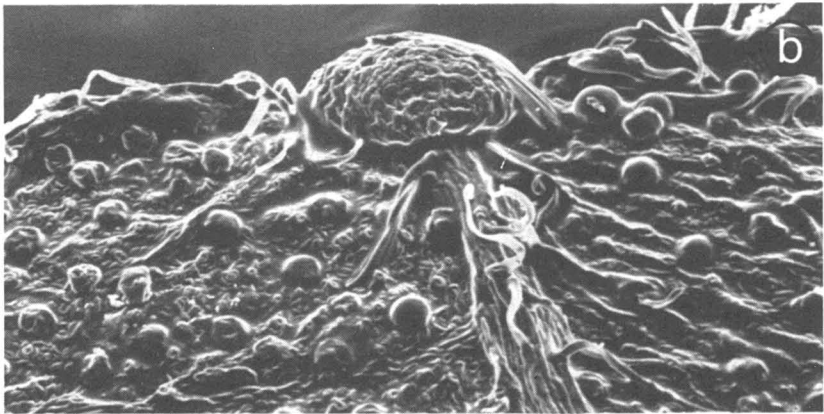
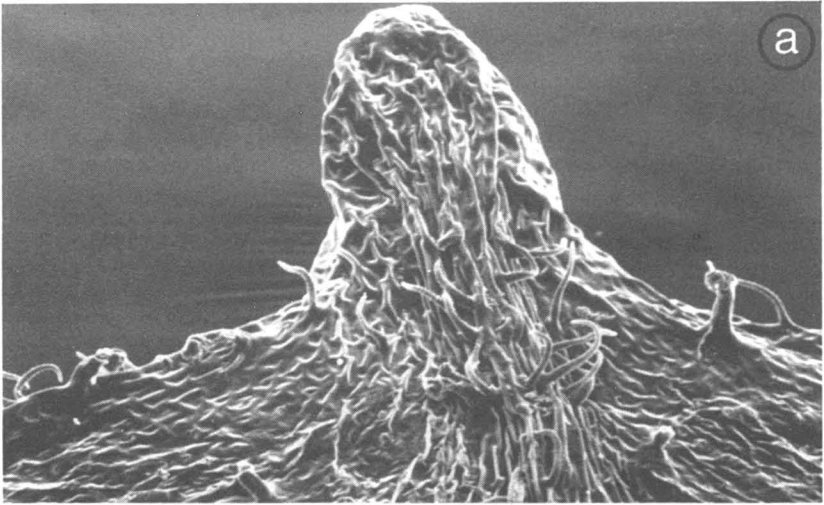


Figure 3. Apex des feuilles (face inférieure). a: mucron chez *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana*; b et c: renflement terminal de la nervure principale chez *Gaylussacia baccata* (100X).

TABLEAU II

Caractères distinctifs de *Gaylussacia dumosa*
var. *bigeloviana* et de *Gaylussacia baccata*

Caractère	<i>Gaylussacia dumosa</i> var. <i>bigeloviana</i>	<i>Gaylussacia</i> <i>baccata</i>
Taille	1 à 5 dm	3 à 10 dm
Feuille	obovée, atténuée à la base toujours nettement mucronée	elliptique obtus à acuminée, parfois rétuse, rarement courtement mucronée
Bractée de l'inflorescence	foliacée et persistante	membraneuse et caduque
Calice	marge ciliée	marge glabre
Corolle	5-9 mm de longueur blanche, parfois rose	4-6 mm de longueur rouge

var. *bigeloviana* est confiné aux tourbières où abondent les sphaignes. C'est cependant en milieu maritime qu'il est le plus fréquent et où il risque d'être de nouveau récolté au Québec. Le *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* devra être ajouté à la liste des plantes rares du Québec qui vient tout juste de paraître (Bouchard *et al.*, 1983). La plante est très peu abondante dans les localités gaspésiennes et des îles de la Madeleine où les stations ne semblent pas menacées de destruction à court terme. Cependant, face à l'augmentation de l'intérêt portée aux tourbières comme source possible d'énergie en région éloignée et surtout insulaire, la possibilité de destruction de nos stations s'accroîtra dans le futur.

À Rivière-Ouelle, la situation est toute autre. Les quelques stations découvertes en 1971 (Damman) et 1973 (Gauthier et Morisset) ont été détruites au cours des opérations d'exploitation de la tourbe. Cependant, au cours d'une exploration de la tourbière à l'été 1983, de nombreuses populations où la plante était très abondante, ont été observées. Elles se situent dans un secteur qui, au dire des propriétaires de la tourbière (Tourbières Lambert Inc.) ne sera pas exploité avant une vingtaine d'années et peut-être plus.

Remerciements

L'auteur tient à exprimer toute sa gratitude à M.A.W.H. Damman de l'Université du Connecticut qui lui a généreusement fourni sa récolte de *Gaylussacia dumosa* var. *bigeloviana* de Rivière-Ouelle en l'incitant à le rechercher ailleurs au Québec. Il a aussi revu la version finale du texte. Nous sommes reconnaissant à

M.J.D. Henderson du Miami-Dade Junior College qui a vérifié l'exactitude de nos déterminations de quelques spécimens. Nos remerciements s'adressent aussi à M.L. Brouillet de l'Institut de botanique de l'université de Montréal d'avoir revu le texte et retracé les spécimens de P. Dansereau.

Références

- BLANCHARD, R., 1935. L'est du Canada français. — Beauchemin, Montréal, 307 p.
- BOIVIN, B., 1966. Énumération des plantes du Canada. II. Lignidées. — Naturaliste can., 93: 371-437 (réimprimé dans *Provancheria* n° 6, 388 p.).
- BOUCHARD, A., D. BARABÉ, M. DUMAIS & S. HAY, 1983. Les plantes vasculaires rares du Québec. — *Syllogeus* n° 48, 79 p.
- CAMP, W.H., 1935. Studies in the *Ericales* I. The genus *Gaylussacia* in North America north of Mexico. — *Bull. Torrey bot. Club*, 62: 129-132.
- CAMP, W.H., 1941. Studies in the *Ericales*: A review of the north american *Gaylussaciaceae*; with remarks on the origin and migration of the group. — *Bull. Torrey bot. Club*, 68: 531-551.
- DANSEREAU, P., 1970. Tournée gaspésienne: Coin-du-Banc. — Pages 40-41 in *Tournées organisées lors du congrès conjoint ABC-SCPV*. Univ. Laval, Québec, juin 1970.
- DRUDE, O., 1889. *Ericaceae*. — Pages 49-51 in Engler, A. & K. Prantl, *Die natürliche Pflanzenfamilien*, 4, part J.
- DUNCAN, W.H. & N.E. BRITAIN, 1966. The genus *Gaylussacia* (*Ericaceae*) in Georgia. — *Bull. Georgia Acad. Sci.*, 24: 13-26.

- ERSKINE, D.S., 1960. The plants of Prince Edward Island. — Canada, Dept. of Agric., Res. Branch, Plant Res. Inst., Publ., no. 1088, 270 p.
- FERNALD, M.L., 1911. The northern variety of *Gaylussacia dumosa*. — *Rhodora*, 13: 95-99.
- FERNALD, M.L., 1950. Gray's manual of botany, 8th ed. — American Book Company, New York, 1632 p.
- GAUTHIER, B., 1980. Les limites phytogéographiques du Saint-Laurent. — *Provancheria*, n° 11, 103 p.
- GAUTHIER, R., 1980. La végétation des tourbières et les sphaignes du parc des Laurentides, Québec. — *Études écologiques*, n° 3, 634 p.
- GAUTHIER, R. & M.M. GRANDTNER, 1975. Étude phytosociologique des tourbières du Bas-Saint-Laurent, Québec. — *Naturaliste can.*, 102: 109-153.
- HAY, S., 1976. The vascular flora of St. Barbe South District, Newfoundland. — Thèse M.Sc., Univ. Montréal, Montréal, 322 p.
- HOLMGREN, P.K., W. KEUKEN & E.K. SCHOFIELD, 1981. Index Herbariorum Part I, The herbaria of the world. — Dr. W. Junk B.V., The Hague/Boston, 452 p.
- HUMBOLDT, F.W.H.A., A. BONPLAND & C.S. KUNTZ, 1815-1825. *Nova genera et species plantarum*. — Paris, 7 vol., 700 p.
- OSVALD, H., 1970. Vegetation and stratigraphy of peatlands in North America. — *Acta Univ. Upsalla, Nova Acta Regiae Soc. Sci. Upsal.*, Ser. V: C, Vol. 1, 96 p.
- ROBERTSON, A.W., F.C. POLLETT & O.A. OLSEN, 1973. Peatland flora of Newfoundland. — *Newfoundland For. Res. Centre, Inf. Rep. N-X-93*, 442 p.
- ROLAND, A.E. & E.C. SMITH, 1969. The flora of Nova Scotia. — *Nova Scotia Museum, Halifax*, 746 p.
- ROUSSEAU, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. — *Travaux et documents du Centre d'études nordiques*, n° 7, 799 p.
- SCOGGAN, H.J., 1978-1979. The flora of Canada. — *Nat. Mus. Canada, Nat. Mus. nat. Sci.*, 4 vol., 1711 p.
- SMALL, J.K., 1933 (reprint 1972). *Manual of the south-eastern flora*. — Hafner Publishing Company, New York, 2 vol., 1554 p.
- VILLENEUVE, G.O., 1948. Aperçu climatique du Québec. — *Bull. Bur. Mét. Min. Terres et Forêts Québec*, n° 10, 25 p.

PRÉCISIONS SUR LA DISTRIBUTION DE *SPHAGNUM ANGERMANICUM* MELIN ET *SPHAGNUM PYLAESII* BRIDEL AU QUÉBEC-LABRADOR

G. LAVOIE

Service des inventaires écologiques
Ministère de l'Environnement
Gouvernement du Québec
2360 chemin Sainte-Foy, Québec G1V 4H2

et

R. GAUTHIER

Herbier Louis-Marie et Département de phytologie
Faculté des sciences de l'agriculture
et de l'alimentation
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

Des récoltes récentes de *Sphagnum angermanicum* et *Sphagnum pylaesii* dans la péninsule Québec-Labrador sont signalées. Elles permettent de relier entre elles les quelques stations déjà connues de ces taxons sur les côtes du Labrador et du golfe du Saint-Laurent. *Sphagnum angermanicum* atteint l'estuaire du Saint-Laurent. L'habitat et une carte de distribution sont présentés pour les deux taxons. Les localités labradoriennes des récoltes du siècle dernier du *Sphagnum pylaesii* par A.C. Waghorne et J.A. Allen demeurent inédites, sont énumérées.

Abstract

Recent collections of *Sphagnum angermanicum* and *Sphagnum pylaesii* are reported from the Québec-Labrador peninsula. They unite together the few known localities on the coast of Labrador and Gulf of St. Lawrence into a continuous distribution. *Sphagnum angermanicum* reaches the St. Lawrence estuary. The habitat and a map of the distribution of each taxa is presented. Collections made in the last century by A.C. Waghorne and J.A. Allen from Labrador localities are reported for the first time.

Introduction

Parmi les espèces américaines du genre *Sphagnum*, *Sphagnum angermanicum* Melin et *Sphagnum pylaesii* Bridel sont pratiquement les seules espèces dont la distribution est concentrée dans le nord-est de l'Amérique du Nord et, plus spécifiquement, dans les provinces atlantiques canadiennes. Elles font partie d'un groupe de quelques espèces amphiatlantiques d'affinités nettement océaniques en Amérique du Nord (Maass, 1966a, b; Isoviita, 1966).

La distribution de ces deux taxons au Québec-Labrador nous était connue grâce au travail de Maass (1966a); l'auteur y signalait pour la première fois leur présence au Québec. Depuis, ces deux sphagnes ont été de nouveau récoltées au Québec-Labrador, plus particulièrement au cours de l'inventaire du capital-nature de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord (projet conjoint d'Environnement Québec, Environnement Canada et Hydro-Québec) réalisé par le Service des inventaires éco-

logiques du ministère de l'Environnement du Québec (Lavoie, sous presse). La région inventoriée s'étend entre les longitudes ouest 57°05' et 68°00' et les latitudes nord 49°20' et 53°00', soit de Franquelin à Blanc-Sablon et vers l'intérieur, jusqu'aux bassins versants du Labrador.

Distribution américaine

La distribution de ces deux taxons amphiatlantiques est principalement centrée dans l'est de l'Amérique du Nord; ils composent une aire sympatrique le long de la plaine côtière atlantique, depuis le Labrador jusqu'au New Jersey (Maass, 1966a). Au-delà de cette aire, *Sphagnum pylaesii*, récemment découvert au Groenland (Lange, 1976), atteint 60° de latitude nord. De plus, quelques stations excentriques sont signalées en haute altitude dans les Carolines (Maass, 1966b) et au Tennessee (Sharp, 1939; Maass, 1966b). Enfin, en Amérique du Sud et toujours en altitude,

Sphagnum pylaesii atteint la Colombie (Maass, 1966b) et le Pérou (Lange, 1977).

Sphagnum angermanicum, contrairement à *Sphagnum pylaesii*, ne débordé pratiquement pas hors de l'aire où il se trouve concentré et se confine aux basses altitudes (moins de 500 m). La mention récente de Holcombe (1979) pour le New Hampshire est la seule connue pour une localité située à plus haute altitude (850 m). Maass (1967) juge suspecte la récolte de ce taxon par Macoun en 1909 dans l'île de Vancouver, sur la côte du Pacifique.

Distribution européenne

En Europe, *Sphagnum angermanicum* est surtout concentré en Scandinavie. Il se rencontre dans le sud de la Norvège (Flatberg & Moen, 1972) et dans le centre de la Suède (Maass, 1965; Sjörs, 1966; Eriksson, 1972). En dehors de son aire principale, sa présence a été signalée en Belgique (De Zuttere, 1974) et il était récemment découvert en Espagne (Casas Sicart, 1981), ce qui porte loin dans le sud de l'Europe l'aire de distribution de ce taxon. De Zuttere (*in litt.*) est d'avis qu'un nouvel examen du matériel d'herbier pourrait probablement révéler une plus grande fréquence de *Sphagnum angermanicum* en Europe, au sud de la Scandinavie. La carte de distribution de ce taxon en Tchécoslovaquie de Pilous (1971) dont fait mention Sjödin (1980) n'est pas celle de *Sphagnum angermanicum*, mais plutôt celle de *Sphagnum rubellum*. La même erreur a été commise de nouveau par Sjödin en citant la carte de Kuc (1969) de la baie Good Friday de l'île Axel Heiberg dans l'Arctique canadien.

La distribution européenne du *Sphagnum pylaesii* se réduit à deux petites régions atlantiques bien délimitées: les monts d'Arrée en Bretagne, dans le nord-ouest de la France (Touffet, 1968), et la Galice, dans le nord-ouest de l'Espagne (Simo, 1977). La mention de Debreczy (1972) pour la Roumanie est exclue par Lange (1977). Il convient de noter, à la suite de Maass (1966a), que le *Sphagnum pylaesii* est beaucoup plus nordique en Amérique qu'en Europe alors que l'inverse se produit pour *Sphagnum angermanicum*.

Distribution au Québec-Labrador

SPHAGNUM ANGERMANICUM MELIN

Maass (1966a) mentionnait pour la première fois la présence de *Sphagnum angermanicum* au Québec-Labrador. Il avait récolté l'espèce à

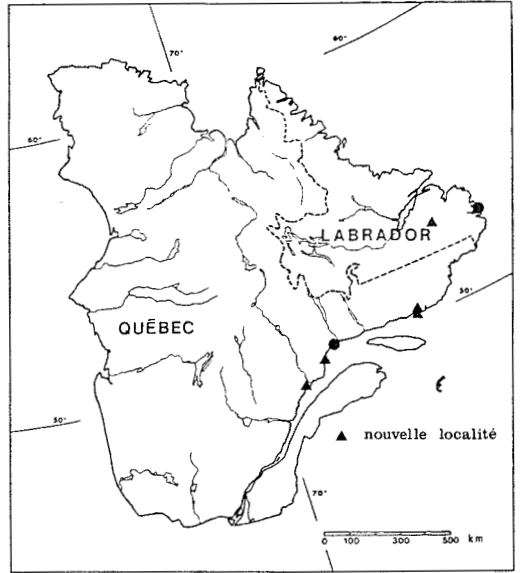


Figure 1. Distribution de *Sphagnum angermanicum* Melin au Québec-Labrador.

deux endroits éloignés l'un de l'autre de plus de 750 km, c'est-à-dire au Québec, sur la côte nord du Saint-Laurent à l'est de Clarke City, et à Square Island à l'extrémité sud-est du Labrador (fig. 1). Nos récentes découvertes établissent l'existence d'une continuité d'aire de ce taxon sur la côte nord de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent jusqu'au sud-est du Labrador (fig. 1). En conséquence, les deux localités connues auparavant ne doivent plus être considérées comme des avant-postes isolés comme le concevaient Maass (1966a) et Schofield & Crum (1972). Les nouvelles stations permettent d'étendre vers le nord-ouest l'aire continue de l'espèce en Amérique du Nord pour inclure la côte nord de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent.

Nos observations non seulement relient entre elles les deux stations déjà connues sur notre territoire, mais elles repoussent de 225 km vers le sud-ouest l'aire connue de l'espèce du Québec. La grande distance sur laquelle ce taxon océanique remonte le cours du Saint-Laurent ne peut s'expliquer que par l'influence exercée sur le climat par les grandes masses d'eaux salées voisines, laquelle se fait sentir assez loin en amont de l'estuaire (Blanchard, 1935; Villeneuve, 1948).

Comme à Terre-Neuve, en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick (Maass, 1966a), le *Sphagnum angermanicum* est présent au Québec non seulement à proximité immédiate de la côte, mais se retrouve aussi à l'intérieur des terres. La localité la plus continentale se situe au Labrador

(fig. 1), à plus de 175 km des côtes de la mer du Labrador. Cette station se trouve à la même latitude (52°45'N.) que Square Island, localité mentionnée précédemment. Il s'agit de la limite nord-est de ce taxon en Amérique du Nord. Brassard & Weber (1978) mentionnaient par erreur Battle Harbour (52°16'N.) en citant la localité pointée par Maass (1966a).

SPHAGNUM PYLAESII BRIDEL

D'abord découvert à Terre-Neuve par Bachelot de la Pylaie qui y récolta le type au début du 19^e siècle et à qui fut dédié l'espèce par Bridel-Brideri (1826), le *Sphagnum pylaesii* a été vraisemblablement récolté pour la première fois au Labrador par Allen (Square Island, 15 août 1882, J.A. Allen, NY, MICH). Une dizaine d'années plus tard, il est de nouveau récolté au Labrador par le Rév. A.C. Waghorne qui, sans publier ses découvertes, distribua néanmoins ses spécimens dans divers herbiers d'Amérique. Nous donnons ici la liste inédite des localités où Waghorne récolta le *Sphagnum pylaesii*, accompagné de quelques notes indiquant l'origine du spécimen et précisant parfois les renseignements accompagnant chacun d'eux. Les acronymes utilisés sont ceux de Holmgren *et al.* (1981).

Venison Tickle, 14 août 1981, distribué par J. Macoun dans sa série CANADIAN CRYPTOGRAMS sous le n° 48 *sub nom.* *Sphagnum Pylaiei* Brid. var. *ramosum* Warnst. f. *nigrescens* Brid., CANM.

Indian Harbo[u]r, 15 septembre 1891, distribué par J. Macoun dans sa série CANADIAN CRYPTOGRAMS sous le n° 67 *sub nom.* *Sphagnum papillosum* Lindb. Il s'agit en fait d'un spécimen de *Sphagnum magellanicum* Brid. accompagné de quelques fragments de *Sphagnum pylaesii* détectés par W. Maass en 1961, CANM.

Battle Harbour, 6 septembre 1891, distribué par A.C. Waghorne dans sa série LABRADOR MOSESSES sous le n° 40 *sub nom.* *Sphagnum Pylaiei* Brid. var. *ramosum* Warnst. f. *nigrescens* Brid., MTMG, US; *œdem*, 7 septembre 1891, distribué par E.G. Britton dans la série NORTH AMERICAN MOSESSES sous le n° 40 *sub nom.* *Sphagnum Pylaiei* var. *ramosum*, NY. La localité indiquée à la main sur l'étiquette est difficilement déchiffrable (possiblement «Near Belle Meadow»); elle a été corrigée par G.R. Brassard en 1981 pour Battle Harbour; *œdem*, 28 août 1891, distribué par A.C. Waghorne dans sa série LABRADOR MOSESSES sous le n° 437 *sub nom.* *Sphagnum Pylaiei* Brid. var. *ramosum* Warnst., US. L'étiquette porte à la fois l'indication de Battle Harbour et Cartridge Bight.

Seal Island, 15 septembre 1891, distribué par J. Macoun dans sa série CANADIAN CRYPTOGRAMS sous le n° 31 *sub nom.* *Sphagnum Pylaiei* Brid. var. *ramosum*, US, NY. Le spécimen conservé à US ne porte que 1891 comme date alors que celui de NY porte le nom de Macoun comme collecteur. John Macoun a omis de biffer son nom imprimé sur

l'étiquette pour le remplacer par celui de Waghorne comme il l'a fait systématiquement pour toutes les récoltes de Waghorne qu'il a distribuées dans sa série CANADIAN CRYPTOGRAMS. J. Macoun n'a d'ailleurs jamais visité le Labrador (Macoun, 1922); *œdem*, 12 août 1891, distribué par J. Macoun dans sa série CANADIAN MUSCI sans numéro *sub nom.* *Sphagnum Pylaiei* Brid. var. *ramosum*, CANM. L'étiquette porte à la fois l'indication de Seal Island et Cartridge Bight. Le *Sphagnum pylaesii* n'apparaît pas dans les exsiccatae de Macoun (Crum, 1981). L'absence de numéro sur l'étiquette ne semble donc pas une omission accidentelle de Macoun. Ce spécimen appartient sans doute à un autre groupe de mousses canadiennes distribuées par Macoun à l'aide des mêmes étiquettes imprimées pour son exsiccata CANADIAN MUSCI comme le fait remarquer Crum (1981).

Cartridge Bight, 12 août 1891 (voir la même récolte citée pour Seal Island); *œdem*, 28 août 1891 (voir la même récolte citée pour Battle Harbour).

Les mentions les plus anciennes du *Sphagnum pylaesii* pour le Labrador sont celles de Macoun & Kindberg (1892), Warnstorf (1911) (qui a identifié le matériel de Waghorne) et Andrews (1913). Elles sont basées sur les spécimens mentionnés précédemment. Les travaux récents de Maass (1966a,b), basés sur une exploration intensive des côtes sont venus augmenter considérablement notre connaissance de la distribution du *Sphagnum pylaesii* au Québec-Labrador. La carte de distribution (fig. 2) a été dressée à partir de la liste des stations des récoltes de W.S.G. Maass qu'il nous a lui-même aimablement fournie. Elle

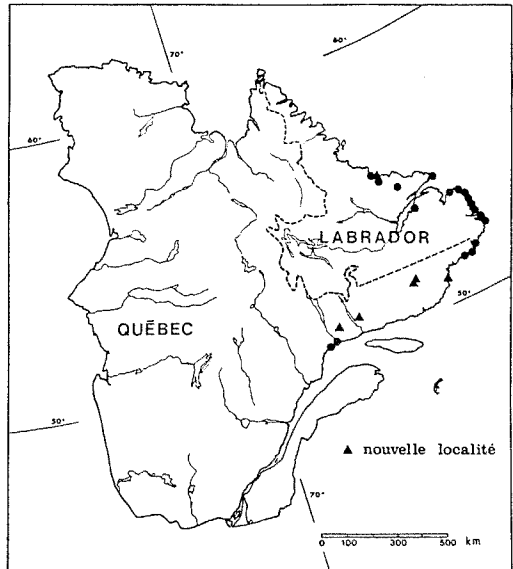


Figure 2. Distribution de *Sphagnum pylaesii* Bridel au Québec-Labrador.

devrait apparaître dans un travail en cours de préparation (Maass, *verbatim*). Les localités des récoltes de Waghorne et d'Allen citées auparavant de même que les additions de Brassard & Weber (1978) y apparaissent aussi. Enfin, la récolte des montagnes Mealy citée par Maass (1966a) est aussi indiquée. Bref, cette carte montre toutes les localités actuellement connues.

Tout comme celle de *Sphagnum angermanicum*, la présence de *Sphagnum pylaesii* était signalée pour la première fois au Québec par Maass (1966a). L'auteur rapportait l'existence sur la côte nord du Saint-Laurent de deux stations voisines de Clarke City et de deux autres près de Blanc-Sablon à plus de 650 km à l'est de Clarke City. Au Labrador, ce même auteur précisait que *Sphagnum pylaesii* est présent tout le long de la côte et remonte au nord au moins jusqu'à Hopedale (fig. 2).

Les stations récemment découvertes permettent de relier entre elles les quelques stations québécoises du *Sphagnum pylaesii* signalées auparavant et d'agrandir quelque peu vers le nord-ouest l'aire continue de ce taxon. La majorité des nouvelles stations québécoises se situent à bonne distance de la mer alors que celles rapportées par Maass (1966a), plus nombreuses, sont toutes situées dans son voisinage immédiat. Cette différence s'explique simplement par le fait que Maass ne visita que la côte du Labrador sans aborder l'intérieur des terres et qu'il fit ce voyage spécifiquement dans le but d'étudier les sphaignes de cette région. Les nouvelles stations québécoises, au contraire, ont été découvertes au cours des travaux d'inventaire écologique de ce territoire. Il est certain qu'une recherche systématique des sphaignes tout au long de la côte entre Clarke City et Blanc-Sablon révélerait la présence de nombreuses stations côtières du *Sphagnum pylaesii*. De la même façon, pourraient s'ajouter de nouvelles stations de *Sphagnum angermanicum* qui, comme l'indiquent les cartes de distribution (fig. 1 et 2), demeure apparemment moins fréquent que *Sphagnum pylaesii*.

Liste des nouvelles stations

Tous les spécimens cités sont conservés dans divers herbiers identifiés par leurs acronymes respectifs qui figurent dans l'Index Herbariorum (Holmgren, Keuken & Schofield, 1981). Fait exception celui du Service des inventaires écologiques du ministère de l'Environnement du Québec dont l'acronyme utilisé (QME) figure dans le *Survey of Canadian Herbaria* de Boivin (1980).

SPHAGNUM ANGERMANICUM MELIN

QUÉBEC: Comté Saguenay: Îlets-Jérémie, 48°51'30"N. – 68°42'O., 50 m d'altitude, 12 juillet 1974, R. Gauthier et J. Cayouette 4992 (QFA, QME). Environ 2 km à l'est de la baie des Homards, 49°47"N. – 67°07'O., 35 m d'altitude, 18 juillet 1980, F. Boudreau 80-231-0-2 (QFA, QME); Quelques kilomètres à l'est de Natashquan, 50°12'N. – 61°38'O., 23 m d'altitude, 25 juillet 1979, G. Audet 79-343-0-3 (QME); Quelques kilomètres à l'est de Natashquan, 50°17'N. – 61°40'O., 46 m d'altitude, 25 juillet 1979, G. Audet 79-347-0-3 (QFA, QME).

LABRADOR: Région de la côte sud-est: Bassin de la rivière de l'Aigle, 52°45'N – 58°49'O, 380 m d'altitude, 15 août 1979, V. Gerardin 79-400-0-4 (QFA, QME).

SPHAGNUM PYLAESII BRIDEL

QUÉBEC: Comté Saguenay: Environ 5 km au nord-ouest du lac Tortue, 50°58'N. – 65°34'O., 600 m d'altitude, 28 juillet 1980, G. Lavoie 80-182 (CANM, QFA, QME); Rivière Saint-Jean Nord-Est, 50°55'N. – 63°50'O., 650 m d'altitude, 5 août 1978, V. Gerardin R#53-1 (QME); Environ 7 km à l'est du lac Bohier, 51°12'N. – 60°52'O., 230 m d'altitude, 7 juillet 1979, G. Lavoie 79-26 (QFA, QME) et 79-28 (CANM, QFA, QME); Rivière Olomane, 51°14'N. – 60°42'O., 430 m d'altitude, 14 juillet 1979, V. Gerardin 79-032-0-2 (QFA, QME); Collines de Mécatina, 50°48'N. – 59°01'O., 250 m d'altitude, 28 juillet 1979, J.-P. Ducruc D-47b (QME).

LABRADOR: Région côtière centrale: SE shore of Kaipokok Bay, opposite Sister Islands, ca. 54°58'N – 59°37'W, 30 July 1976, Brassard 11573 (NFLD); Kaipokok Bay, barrens above Kitts Camp, near out-crop, ca. 55°00'N – 59°30'W, 25 June 1976, Hooper s.n. (NFLD).

Habitat

SPHAGNUM ANGERMANICUM MELIN

Toutes les nouvelles stations québécoises de *Sphagnum angermanicum* se situent à proximité de la mer, à une altitude inférieure à 100 m. Celle du Labrador par contre est la plus éloignée de la côte (175 km) et se situe à une altitude beaucoup plus élevée (380 m), proche de la limite de 450 m que mentionnait Maass (1966a). Cette station constitue probablement la station la plus continentale du *Sphagnum angermanicum* jamais rapportée auparavant en Amérique du Nord.

Toutes les stations du *Sphagnum angermanicum* sont des tourbières minérotrophes (ou fens) dont seulement deux possédaient la structure cordée fréquente en région boréale. Le régime nutritif de ces tourbières demeure pauvre et l'acidité de la tourbe en surface est élevée; les pH mesurés au CaCl₂ varient de 3,2 à 3,7. L'épaisseur de la tourbe n'est jamais inférieure à 80 cm. Son degré de décomposition varie énormément d'un

profil à l'autre quoiqu'en général une couche de tourbe fibrique d'épaisseur variable coiffe les profils.

La majorité des stations sont des fens herbeux à parterre muscinal. Les espèces herbacées dominantes les plus fréquentes sont des Cypéracées telles le *Scirpus caespitosus* var. *callosus* et le *Carex exilis* qu'on retrouve le plus souvent associés et auxquels se joint le *Carex aquatilis* comme co-dominant dans une station. *Carex oligosperma* domine dans une autre station. Les arbustes les plus fréquents, outre l'ubiquiste *Chamaedaphne calyculata*, sont *Myrica gale* et *Betula michauxii*. *Larix laricina* est aussi fréquent mais sa taille ne dépasse pas celle des arbustes. Chez les herbacées, *Aster radula* et *Sanguisorba canadensis* sont parmi les plus fréquents.

La végétation de la station située à quelques kilomètres à l'est de Natashquan (récolte no 79-343-0-3) diffère radicalement de toutes les autres. Il s'agit d'une broussaille basse de *Myrica gale* et d'*Alnus rugosa* var. *americana* qu'accompagnent *Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda glaucophylla* et *Betula michauxii*. Ce fourré arbustif bas s'est installé le long d'un ruisseau dont les débordements, au printemps tout au moins, assurent un certain enrichissement de la tourbe.

Le fen où croît le *Sphagnum angermanicum* dans lequel le pH de la tourbe n'a pas été mesuré mais dont le régime nutritif est certainement le plus riche, est celui de la station des Îlets-Jérémie. *Scorpidium scorpioides*, *Drepanocladus revolvens* et *Campylium stellatum* ont été observés. Chez les phanérogames, la présence entre autres de *Carex leptalea*, *Carex chordorrhiza*, *Eriophorum viridi-carinatum*, *Scirpus hudsonianus*, *Utricularia minor* et *Xyris montana* confirme la richesse nutritive de la tourbe. De plus, environ le tiers des sphaignes connues au Québec-Labrador s'y trouvent. Cayouette (1976) y mentionnait récemment la présence du *Cladium mariscoides* à sa limite septentrionale dans l'est de l'Amérique du Nord et précisait combien cette station était floristiquement intéressante en signalant plusieurs taxons particuliers déjà récoltés à cet endroit.

La station des Îlets-Jérémie est également la seule où le *Sphagnum angermanicum* a été observé en grandes colonies presque pures. L'une de ces colonies mesure environ 3 m² et seules quelques touffes de *Sphagnum nemoreum* apparaissent ici et là. Dans toutes les autres stations, de rares individus isolés de *Sphagnum angermanicum* croissent sur des buttes un peu humides à travers des colonies d'autres espèces de sphaignes telles *Sphagnum imbricatum* (nos 79-343-0-3; 79-347-0-3), *Sphagnum nemoreum*

(no 80-231-0-2) et *Sphagnum papillosum* (no 79-400-0-4). En fait, ces individus de *Sphagnum angermanicum* n'ont été découverts qu'au cours de la détermination des échantillons de sphaignes en provenance de places-échantillons établies au cours de l'inventaire écologique.

SPHAGNUM PYLAESII BRIDEL

Les nouvelles stations québécoises du *Sphagnum pylaesii*, contrairement à la presque totalité de celles rapportées pour l'ensemble de la péninsule par Maass (1966a) et de celles du *Sphagnum angermanicum*, se situent à des altitudes assez élevées variant de 230 à 650 m. De ce point de vue, elles s'apparentent à la station des montagnes Mealy au Labrador, la seule signalée par Maass (1966a) qui ne soit pas localisée au niveau de la mer ou presque; en cet endroit, les collecteurs indiquent que la sphaigne est présente entre 350 et 1000 m (1700-3000 pi.) d'altitude. Bien que la station des montagnes Mealy soit située loin à l'intérieur des terres, elle se trouve à proximité du grand lac Melville qui n'est en fait qu'un immense bras de mer. Par contre des cinq nouvelles stations, quatre se trouvent à bonne distance des grandes nappes d'eau. De ce fait, elles constituent sans doute les localités québécoises les plus continentales de cette espèce océanique.

Nos récoltes québécoises de *Sphagnum pylaesii* proviennent de tourbières minérotrophes à régime nutritif pauvre dont l'épaisseur de la tourbe mesurée dans quelques stations ne dépassait pas 80 cm. Il s'agit donc de dépôts organiques plutôt minces reposant souvent directement sur le roc. C'est plus précisément dans les mares de ces fens que le *Sphagnum pylaesii* a été observé, certaines s'asséchant périodiquement (récolte no 80-182). En général, le *Sphagnum pylaesii* est pratiquement la seule espèce présente dans la mare où il a été observé. Parfois quelques *Carex oligosperma* l'accompagnent avec *Cladopodiella fluitans* (récolte 80-182) ou encore avec *Carex limosa* (récolte no 79-032-0-2). Ces fens sont tous des fens herbeux avec ou sans structure cordée, dominés par les Cypéracées dont *Carex exilis* et *Carex oligosperma* sont les plus abondants.

La station des collines de Mécatina présente les conditions écologiques les plus rigoureuses puisqu'il s'agit de sommets dénudés exposés au vent et situés à proximité immédiate de la mer. La végétation est typique de la tundra alpine et certains phénomènes périglaciaires s'y sont nettement développés. C'est apparemment une station similaire du point de vue écologique à celle des montagnes Mealy pour laquelle les collecteurs

précisent à propos du *Sphagnum pylaesii*: «Common in alpine pools». Nos quelques observations portent à croire qu'en général *Sphagnum pylaesii* est plus abondant dans les milieux plus rigoureux, notamment dans les zones alpines et subalpines. Ainsi, à la rivière Saint-Jean Nord-Est où l'altitude est la plus élevée de nos nouvelles localités, le *Sphagnum pylaesii* s'étend en très grandes colonies et constitue l'élément dominant du tapis muscinal de la station. Il s'agit d'un fen herbeux disposé en escalier; un type de fen fréquemment rencontré en zone montagneuse. Au contraire des autres stations où il est confiné aux mares, le *Sphagnum pylaesii* s'étale ici à travers un gazon dense dont les principaux éléments sont *Scirpus caespitosus* var. *callosus*, *Carex bigelowii* et *Eriophorum angustifolium*. *Betula michauxii* et *Andromeda glaucophylla* sont les seuls arbustes d'importance quoique leur couverture demeure très faible.

Conclusion

Notre connaissance de la répartition des sphaignes dans la péninsule Québec-Labrador demeure très fragmentaire car les travaux traitant spécifiquement de ces végétaux sont rares. Les travaux de recherche, et plus particulièrement les inventaires écologiques comme celui dont il est question ici, demeurent l'une des principales sources d'approvisionnement en spécimens des régions éloignées difficilement accessibles. Grâce à ces nouveaux apports, l'image de notre flore sphagnologique se construit peu à peu.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier sincèrement W.S.G. Maass qui leur a fourni la liste des localités québécoises et labradoriennes où il a récolté le *Sphagnum pylaesii*, G.R. Brassard qui leur a communiqué les nouvelles stations de ce taxon au Labrador et divers autres renseignements ainsi que F. Boudreau qui a critiqué la première version de ce travail.

Références

- ANDREWS, A.L., 1913. *Sphagnaceae*. — North Am. flora, 15: 1-31.
- BLANCHARD, R., 1935. L'est du Canada français. — Beauchemin, Montréal, 307 p.
- BRASSARD, G.R. & D.P. WEBER, 1978. The mosses of Labrador, Canada. — Can. J. Bot., 56: 441-466.
- BOIVIN, B., 1980. Survey of Canadian herbaria. — Provancheria, n° 10, 187 p.
- BRIDEL-BRIDERI, S.E., 1826. Bryologia universa. — Vol. I, Lipsiae.
- CASAS SICART, C., 1981. The mosses of Spain. An annotated check-list — Treb. Inst. Bot. Barcelona, 7: 1-57.
- CAYOUILLE, R., 1976. Études sur la flore du Saguenay. VII. Présence du *Cladium mariscoides* (Muhl.) Torr. au Saguenay. — Naturaliste can., 103: 587-588.
- CRUM, H., 1981. An inventory of John Macoun's Canadian musci. — Occ. Pap. Farlow Herb., 16: 13-36.
- DEBRECZY, Z., 1972. Az atlanti-boreális *Sphagnum pylaesii* Brid. A Kárpátokban. — Bot. Közlem., Budapest, 59: 159-172.
- DE ZUTTERE, P., 1974. Les sphaignes de Belgique. Réflexions sur la systématique du genre *Sphagnum* L. Clé de détermination et petit prodrome de la flore des sphaignes de Belgique. — Nat. Belg., 55: 258-282.
- ERIKSSON, P.A., 1972. *Sphagnum angermanicum* junnen i västra Dalarna och i östra Varmland. — Svensk bot. Tidskr., 66: 136-138.
- FLATBERG, K.I. & A. MOEN, 1972. *Sphagnum angermanicum* and *S. molle* in Norway. — K. norske Vidensk. Selsk. Skr., 3: 1-15.
- HOLCOMBE, J.W., 1979. *Sphagnum angermanicum* in New Hampshire. — Bryol., 82: 616-618.
- HOLMGREN, P.K., W. KEUKEN & E.K. SCHOFIELD, 1981. Index Herbariorum. Part I, The herbaria of the world. — Dr. W. Junk B.V., The Hague/Boston, 452 p.
- ISOVIITA, P., 1966. Studies on *Sphagnum* L.I. Nomenclatural revision of the European taxa. — Ann. Bot. Fenn., 3: 199-264.
- KUC, M., 1969. Additions to the arctic moss flora. II. Bryophytes and lichens of Good Friday Bay (Axel Heiberg Island, N.W.T. Canada). — Rev. Bryol. Lichén., 36: 643-653.
- LANGE, B., 1976. *Sphagnum pylaesii* in Greenland. — Bryol., 79: 47-54.
- LANGE, B., 1977. Additional notes on the distribution of *Sphagnum pylaesii*. — Bryol., 80: 527-529.
- LAVOIE, G. (sous presse). Contribution à la connaissance de la flore vasculaire et invasculaire de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord, Québec-Labrador. — Provancheria, n° 17.
- MAASS, W.S.G., 1965. Zur Kenntnis des *Sphagnum angermanicum* in Europa. — Svensk bot. Tidskr., 59: 332-344.
- MAASS, W.S.G., 1966a. Studies on the taxonomy and distribution of *Sphagnum* I. *Sphagnum pylaesii* and *Sphagnum angermanicum* in Québec and some phytogeographic considerations. — Bryol., 69: 95-100.
- MAASS, W.S.G., 1966b. Untersuchungen über die Taxonomie und Verbreitung von *Sphagnum* VI. *Sphagnum pylaesii* Brid. und das boreo-atlantische Florenelement unter den Torfmoosen in Südamerika. — Nova Hedwigia, 12: 81-105.

- MAASS, W.S.G., 1967. Studies on the taxonomy and distribution of *Sphagnum* II. *Sphagnum angermanicum* Melin in North America and its relation to allied species. — *Nova Hedwigia*, 13: 449-467.
- MACOUN, J., 1922. Autobiography of John Macoun, M.A. Canadian explorer and naturalist. — Ottawa Field-Naturalists' Club, 361 p.
- MACOUN, J. & N.C. KINDBERG, 1892. Catalogue of Canadian plants, Part VI. *Musci*. — W. Foster Brown and Co., Montréal, 295 p.
- PILOUS, Z., 1971. Bryophyta mechorosty. *Sphagnidae* — Mechy raselinikové. Flora CSSR., Rada C., 1. Praha, 412 p.
- SCHOFIELD, W.B. & H.A. CRUM, 1972. Disjunction in bryophytes. — *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 59: 174-202.
- SHARP, A.J., 1939. Taxonomic and ecological studies of eastern Tennessee bryophytes. — *Am. Midl. Nat.*, 21: 267-354.
- SIMO, R.M., 1977. Los esfagnos y esfagnales de la península ibérica I. La provincia atlántica (Primera parte). — *Acta Phytotax. Barcin.*, 21: 71-88.
- SJÖDIN, A., 1980. Index to distribution maps of bryophytes 1887-1975. I. *Musci*. — *Växtekol. stud.*, no. 11, 282 p.
- SJÖRS, H., 1966. *Sphagnum angermanicum* found in northern Dalarna. — *Bot. Not.*, 119: 361-364.
- TOUFFET, J., 1968. Répartition et écologie du *Sphagnum pylaiei* en Bretagne. — *Rev. Bryol. Lichén.*, 36: 203-212.
- VILLENEUVE, G.O., 1948. Aperçu climatique du Québec. — *Bull. Bur. Mét. Min. Terres Forêts Québec*, n° 10, 25 p.
- WARNSTORF, C., 1911. *Sphagnales-Sphagnaceae* (*Sphagnologia universalis*). — *Das Pflanzenreich*, nr. 51, 546 p.

ÉVALUATION DE DEUX MÉTHODES DE QUANTIFICATION DES MACROFOSSILES DANS LES MATÉRIAUX TOURBEUX¹

H. DINEL

*Institut de recherche sur les terres,
Agriculture Canada, Ottawa, Ontario K1A 0C6*

A. LAROUCHE

*Département de géographie, Université de Montréal,
C.P. 6128, Succursale A, Montréal, Québec H3C 3J7*

et

M.P.E. LÉVESQUE

*Institut de recherche sur les terres,
Agriculture Canada, Ottawa, Ontario K1A 0C6*

Résumé

La recherche d'une méthode satisfaisante et souple pour déterminer l'origine botanique d'un matériau tourbeux nous a conduit à tester deux méthodes: l'une, basée sur la détermination des volumes relatifs des principales composantes botaniques et l'autre, basée sur la détermination des fréquences relatives d'apparition de ces mêmes composantes. Les résultats obtenus en appliquant les deux méthodes à un assemblage modèle ont montré qu'elles sont comparables pour un nombre de pièces suffisamment grand (500 pièces). Par ailleurs, lorsque les deux sont appliquées à des assemblages de macrofossiles tourbeux, la méthode des fréquences relatives d'apparition est plus souple d'application et permet d'obtenir une image plus fiable de l'assemblage.

Abstract

Two methods for quantifying the botanical components of peat materials were tested; one method is based on the relative volume occupied by the main botanical components of the peat samples, and the other one, on the relative frequency of appearance of the same components. As the two methods were applied to a model assemblage of pieces simulating plant fragments, it was shown that comparable results could be obtained provided the number of pieces was large enough (500). However, in the case of peat macrofossil assemblages, the method based on the relative frequency of appearance is more flexible in its application, and would give a more realistic picture of the assemblages.

Introduction

Les matériaux tourbeux contiennent des fragments reconnaissables de plantes, en nombre et en proportion variable, selon leur degré de décomposition. L'identification et la quantification de ces fragments permet de différencier les types de tourbe rencontrés lors des travaux de caractérisation et d'inventaire et de retracer la nature de la végétation locale, à l'époque de la mise en place du matériau tourbeux.

L'analyse quantitative des macrofossiles consiste à évaluer l'importance relative des principales composantes botaniques dans un matériau tourbeux fossilisé. Les méthodes connues de

quantification appartiennent à deux catégories: la première classe les espèces botaniques fossilisées en rares, communes, fréquentes, abondantes (Walker & Walker, 1961; Casparie, 1972; Barber, 1981); la deuxième exige le dénombrement pièce par pièce sur un volume d'échantillon de 50 mL de tourbe (Grosse-Brauckmann, 1962; Schwaar, 1977) ou d'un échantillon de 4-5 g de tourbe (van Geel, 1977).

Le spectre des macrofossiles obtenu par les méthodes de la première catégorie est très imprécis. Le dénombrement de quelques types de macrofossiles indicateurs (feuilles et graines) ou de la composante botanique dominante livrent une vision très limitée de la nature botanique réelle d'un échantillon. Par contre, ces méthodes permettent de confirmer la présence locale de certains taxons retrouvés par l'analyse pollinique

¹ Contribution n° L.R.R.I. 83-04.

(Ovenden, 1982; Labelle & Richard, 1982; Richard *et al.*, 1982). Néanmoins, l'identification de la composante botanique dominante peut assez aisément être faite, lors d'études de terrain, avec un minimum de connaissances botaniques. Conséquemment, la recherche d'une méthode de quantification appropriée et souple pour des fins de caractérisation et de différenciation des matériaux tourbeux nous a conduit à comparer les deux méthodes suivantes: l'une, basée sur la détermination du volume des différentes composantes botaniques (méthode I) et l'autre, basée sur la détermination de leurs fréquences relatives d'apparition (méthode II).

Matériel et méthodes

Les analyses furent faites sur les cinq fractions granulométriques de plus de 75 μm obtenues à partir d'un tamisage en milieu aqueux. La méthode de tamisage (Dinel & Lévesque, 1976) nécessite cinq tamis formant colonne. Ce système permet de débarrasser les fragments végétaux des substances humifiées et des particules fines qui peuvent masquer les caractères nécessaires à l'identification. De plus, ce système a l'avantage de permettre aux restes de forme allongée de passer à travers les tamis supérieurs à larges mailles et de se déposer sur celui dont les mailles sont plus petites que la largeur et l'épaisseur des pièces, ce qui conduit à une séparation plus poussée des matériaux. Le tamisage du matériau tourbeux a pour but de faciliter l'identification individuelle des macrofossiles et, en tenant compte de leur dimension, de permettre une meilleure évaluation de la proportion de chacune des composantes botaniques.

Les pièces furent étendues sur une surface blanche, après une période d'agitation qui vise à rendre plus homogène l'assemblage des pièces récupérées sur chaque tamis (fig. 1). Par la suite, on procédait au dénombrement en utilisant une fenêtre d'observation de 25 cm^2 qui correspond au champ de la loupe binoculaire. Une attention particulière fut prise pour ne pas dénombrer deux fois la même pièce.

Un assemblage témoin de pièces de formes cylindriques et parallélépipèdes rectangles a été fabriqué à partir de cure-dents et bâtonnets de bois et soumis aux deux méthodes quantitatives pour fin de comparaison. Toutes les pièces de l'assemblage possédaient les dimensions (tableau I) correspondant à une fraction granulométrique de 450-1000 μm . Nous avons considéré cette fraction granulométrique vu les facilités de manipulation; toutefois un assemblage de pièce correspondant à n'importe quelle des fractions obtenues par la méthode de tamisage utilisée aurait donné sans doute les mêmes résultats. Afin de faciliter leur dénombrement, les différentes pièces de l'assemblage ont été peintes de couleurs différentes selon leur appartenance géométrique.

Les deux méthodes de quantification ont été utilisées pour caractériser deux fractions granulométriques (2000-1000 μm et 1000-450 μm) provenant de deux matériaux tourbeux de l'île du Prince-Édouard: l'un de sphaignes, d'une tourbière ombrothrophe de Black Point (Blk-Pt), et l'autre, de laïches du marais de St. Andrew (St-And).

MÉTHODE I

Chacune des fractions granulométriques était placée dans un contenant de 180 cm^3 ayant un diamètre interne uniforme de 42 mm. Le volume des fractions était déterminé en déposant un piston

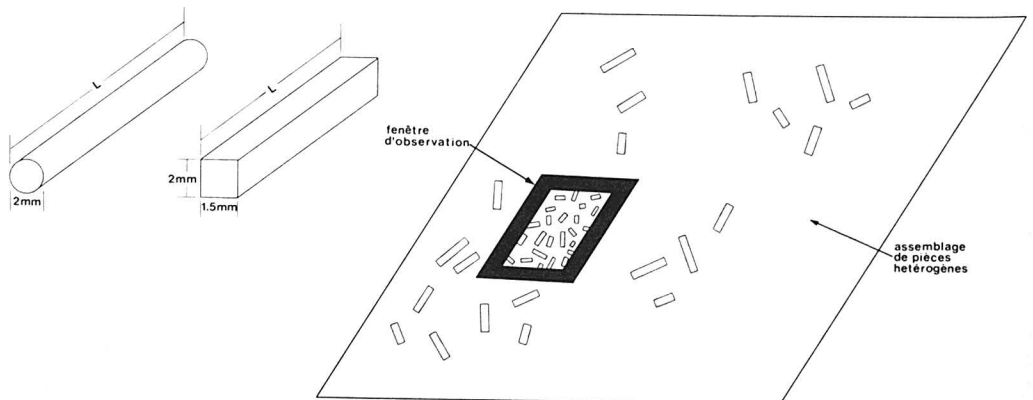


Figure 1. Schéma illustrant les pièces de l'assemblage témoin et le dispositif utilisé pour effectuer le dénombrement.

TABLEAU I
Caractéristiques des pièces de l'assemblage témoin

Type de pièces*	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Épaisseur (mm)	Rayon (mm)	Nombre de pièces	Vol. réel unitaire (mm ³)	Vol. apparent unitaire (mm ³)
C _h	20	—	—	1	340	62,83	80
C _m	15	—	—	1	170	47,12	60
C _{ct1}	10	—	—	1	170	31,42	40
C _{cz2}	10	—	—	1	170	31,42	40
P _r	20	2	1,5	—	85	60	60
P _v	10	2	1,5	—	85	30	30
P _b	15	2	1,5	—	85	45	45

* C: pièce de forme cylindrique; P: signifie pièce de forme parallélépipède rectangle. L'indice au bas de chacun des types de pièces indique l'appartenance à un sous-ensemble de pièces peintes d'une couleur distinctive.

de bois (diamètre: 41 mm) équivalent à une force de 27 g/cm² au sommet de la colonne de sédiment; le surplus d'eau étant rejeté à l'extérieur, la hauteur de la fraction est mesurée. Le volume, calculé à l'aide de la formule usuelle ($\pi R^2 H$ où H est la hauteur obtenue) a servi de base pour établir les pourcentages volumétriques des principales composantes botaniques.

Un échantillon représentatif de chacune des fractions a ensuite été placé sur un filtre porte-objet, en évitant le chevauchement des pièces, pour en faire la liste des composantes botaniques.

L'étape suivante consistait à mesurer sous la loupe stéréoscopique la surface occupée par chacune des composantes. Un quadrillage optique de 400 carreaux (20 × 20) inclus dans l'oculaire de la loupe a été utilisé à cette fin. Nous avons considéré la dimension moyenne de la fraction granulométrique comme une estimation de l'épaisseur moyenne de chacune des composantes. Ces deux paramètres (surface occupée et épaisseur) ont servi au calcul de leur volume.

MÉTHODE II

La détermination de la fréquence d'apparition des différents restes végétaux a été faite sur les échantillons qui ont servi pour la détermination des volumes. Une attention particulière a été portée à l'absence de chevauchement des pièces et à l'obtention d'une monocouche uniforme.

La méthode consiste à dénombrer pièce par pièce toutes les composantes botaniques situées à l'intérieur du champ visuel de la loupe bino-culaire, sans tenir compte de leur surface ni de leur épaisseur. Dans une étude préliminaire, nous avons répété l'analyse pièce par pièce pour un nombre de comptes variant entre 100 et 800 pièces. Il est apparu que le dénombrement de 300 pièces permettrait d'obtenir un spectre

représentatif et répétitif de l'assemblage. Afin de prévenir tout aléa, nous avons retenu le nombre minimal de 500 pièces comptées pour chacune des fractions granulométriques étudiées. Nous avons calculé et exprimé en pourcentage la fréquence d'apparition de chacune des composantes botaniques. Les spectres macrofossiles ainsi obtenus pour chacune des fractions granulométriques de plus de 75 μ m sont regroupés en un spectre des macrofossiles représentant le matériau tourbeux considéré. Ainsi, le spectre des macrofossiles pour un matériau tourbeux est obtenu sur la base d'un dénombrement pièce par pièce de 2500 macro-restes (5 fractions × 500 macro-restes).

Résultats et discussion

ASSEMBLAGE TÉMOIN

Le volume réel et le volume apparent d'une pièce varient selon la géométrie de la pièce étudiée, lorsqu'on applique la première méthode de quantification à l'assemblage témoin (tableau I), la pièce C_h possède un volume réel calculé, de 62,83 mm³, alors que la détermination de son volume par observation sous le binoculaire donnera un volume apparent de 80 mm³. Les volumes réels et apparents des pièces P_r, P_v et P_b sont par ailleurs égaux. L'écart entre le volume réel et le volume apparent augmente avec la longueur de la pièce. Dans notre modèle, la largeur et l'épaisseur ont été délibérément maintenues constantes. Des écarts de l'ordre 25-35% (v.g. pièces C_m) sont très fréquents dans ce type d'évaluation. Donc, la valeur du volume apparent s'éloigne de plus en plus du volume réel, selon que la forme géométrique est plus complexe et irrégulière.

Dans l'analyse d'un assemblage témoin, il est important de garder à l'esprit les considérations

TABLEAU II

Dénombrement pièce par pièce de l'assemblage témoin par les deux méthodes
(minimum 500 pièces)

Type de pièces	Essai			Méthode I			Méthode II		
	1	2	3	Va (%)	C.V.	Vol. réel (%)	Na (%)	C.V.	Nr
C _h	162	171	178	42,9	3,65	41,4	30,2	5,36	30,8
C _m	76	94	96	16,7	5,20	15,8	15,6	3,52	15,4
C _{c1}	71	97	86	10,6	11,22	10,4	15,0	10,33	15,4
C _{c2}	67	94	99	10,8	12,78	10,4	15,2	10,98	15,4
P _r	46	40	43	8,2	14,14	9,9	7,7	16,10	7,7
P _v	32	48	54	4,2	18,57	4,9	7,8	16,92	7,7
P _b	50	35	54	6,5	23,53	7,4	8,2	24,51	7,7
	504	579	610						

C.V.: coefficient de variation

Va: volume apparent relatif moyen

Na: fréquence relative observée d'apparition

Nr: fréquence relative réelle d'apparition

géométriques et mathématiques mentionnées plus haut, ainsi que les limitations dues à la méthode de tamisage (dimensions des tamis). Il faut aussi noter qu'une fraction granulométrique contient des milliers de pièces de nature et de forme différentes, et qu'il est virtuellement impossible de procéder au dénombrement intégral de l'assemblage.

Trois essais de dénombrement pièce par pièce ont été faits pour calculer les proportions relatives de chacune des composantes, sur la base de leur volume apparent et de leur fréquence d'apparition. Les volumes apparents relatifs et les fréquences relatives d'apparition obtenus sont en concordance avec les valeurs réelles (tableau II). Les coefficients de variation fluctuent en fonction du nombre des pièces de chacune des composantes de l'assemblage. La composante la moins importante en nombre et en volume aura le plus grand coefficient de variation d'où l'importance d'un dénombrement minimal de 500 pièces.

Le tableau III fait état, pour chacune des composantes, des volumes réels obtenus à partir des données du tableau I et les volumes apparents obtenus à partir de la détermination du volume apparent total (méthode I). Il y a un écart important entre ces deux valeurs. Les volumes apparents sont dans tous les cas plus grands que les volumes réels. Cet écart est dû à l'espace occupé par les vides entre les pièces. Dans le cas de l'assemblage témoin, nous croyons que l'écart a été amplifié par la rigidité et par la régularité géométrique des pièces. L'application de cette méthode de mesure du volume total apparent à un échantillon de macrofossiles tourbeux devrait donner des écarts plus faibles, compte tenu

cependant de l'origine botanique des matériaux tourbeux.

Le tableau II montre que les deux méthodes fournissent des résultats assez proche des valeurs réelles. La détermination volumétrique (méthode I) de chacune des composantes est toutefois sujette à trois types d'erreur: l'erreur occasionnée par l'évaluation du volume apparent de chacune des pièces, l'erreur liée à l'incertitude quant à la représentativité de l'échantillon et l'erreur associée à la détermination du volume apparent total de la fraction.

MATÉRIAUX TOURBEUX

L'étude de l'assemblage témoin est toutefois assez concluante pour justifier l'analyse des macrofossiles des échantillons provenant de matériaux tourbeux. À l'examen des fractions

TABLEAU III

Volumes réels et apparents
des différentes composantes
de l'assemblage témoin

Type de pièces	Volume réel (mm ³)	Volume apparent (mm ³)
C _h	21362	40416
C _m	8011	15733
C _{c1}	5340	9986
C _{c2}	5340	10174
P _r	5100	7725
P _v	2550	3957
P _b	3825	6124

retenues (2000-1000 μm et 1000-450 μm), nous avons reconnu les principales composantes botaniques; les proportions en ont été déterminées selon les deux méthodes (tableau IV).

La comparaison des volumes obtenus par la méthode I et celle des fréquences relatives obtenues par la méthode II, n'est possible qu'à partir des coefficients de variation des composantes botaniques. Pour l'assemblage témoin, on a ainsi établi que les coefficients de variation étaient très semblables. De même, la comparaison des coefficients de variation des composantes botaniques

devrait permettre de juger de la fiabilité des deux méthodes, dans leur application à un matériau tourbeux. Dans l'échantillon Blk-Pt (2000-1000 μm) le volume relatif de la composante botanique «SPFe» est de 28% (tableau IV) avec un coefficient de variation de 29,6%, alors que la fréquence relative d'apparition pour la même composante est de 86,9% avec un coefficient de variation de 3,8%. Par contre, la composante botanique «SPTi» a un volume relatif de 20% (tableau IV) avec un coefficient de variation de 15,5%, alors que sa fréquence relative d'apparition

TABLEAU IV
Évaluation des composantes botaniques*
de quatre fractions granulométriques
obtenues à partir de deux matériaux tourbeux

Matériaux tourbeux	Méthode I				Méthode II		
	Composante botanique	Va ₁	Va ₂	C.V. (%)	Na ₁	Na ₂	C.V. (%)
(Blk-Pt.) 2000-1000 μm	SPFe	28	32	29,6	86,9	75,6	3,8
	SPTi	20		15,5	1,2	1,6	37,5
	SPRm	15	4	7,5	7,1	13,0	15,3
	ARRa	3	1	45,8	1,5	3,2	35,9
	ARTi	7	5	97,6	0,5	1,0	
	SPFeRm	26	58	19,1	3,7	3,3	18,8
1000-450 μm	SPFe	81	57	9,9	94,3	90,3	1,7
	SPTi	12	42	50,2	0,2	1,3	46,1
	SPRm	6		65,7	3,9	3,6	42,2
	ARRa	2	1	34,6	1,2	4,0	
	ARTi					0,3	200,0
	SPFeRm				0,5		
(St. And.) 2000-1000 μm	HERa	52	80	30,2	84,9	85,9	15,0
	CRcrGr	10		43,6	0,9		
	BOIS	6	1	87,1	0,9		
	HERt	18	19	33,2	10,9	12,6	12,1
	SCGr	7		173,2	0,2		
	HERh	4		173,2	0,3		
	ARRa				0,5		
	HEGr					1,5	44,2
1000-450 μm	HERa	73	84	13,5	91,5	88,6	15,5
	HEGr				2,1	0,5	47,4
	BOIS				0,2		
	HERt	15	10	29,1	4,3	10,3	5,8
	ARRa	12	6	69,9	0,7		
	ELYT				0,7		
	CHAR				0,4		
	HENe					0,6	100,0

*SPFe Feuille de Sphagnacée
SPTi Tige de Sphagnacée
SPRm Rameau de Sphagnacée
SPFeRm Complexe rameau-feuille de Sphagnacée
ARRa Racine d'arbuste
ARTi Élément de tige d'arbuste
HERa Racine d'herbacée
CRcrGr Graine de *Carex crinita*
BOIS Matériau ligneux

HERt Reste tissulaire d'herbacée
SCGr Graine de *Scirpus* sp.
HERh Rhizome d'herbacée
HEGr Graine d'herbacée
ELYT Elytre d'insecte
CHAR Charbon
HENe Nervure d'herbacée

est de 1,2% avec un coefficient de variation de 37,5%. De plus, la méthode II donne des coefficients de variation généralement plus petits que la méthode I.

Les coefficients de variation sont plus petits pour les composantes botaniques dominantes que pour les composantes botaniques secondaires, situation analogue à celle de l'assemblage témoin (tableau II). Cette constatation s'applique aux deux méthodes, tout en étant mieux marquée pour la méthode I; sans doute parce qu'il est virtuellement impossible de déterminer le volume de chacun des 500 fragments dénombrés par la méthode II. L'analyse se fait en réalité sur une population dix fois plus petite, ce qui entraîne une augmentation du coefficient de variation, et, de ce fait, une distorsion de l'image obtenue.

La méthode de détermination des fréquences relatives d'apparition avec un dénombrement d'un minimum de 500 pièces, permet de faire un inventaire beaucoup plus poussé des principales composantes botaniques. Elle permet de répertorier des composantes botaniques indicatrices de conditions particulières; ces composantes sont plus importantes par leur présence que par leur nombre. C'est, en effet, à partir des principales composantes botaniques qu'est défini le type de tourbe. Le nombre des composantes botaniques obtenues par la méthode II est deux fois supérieur à celui obtenu par la méthode I. La méthode II est un outil indispensable pour inventorier et quantifier les macro-restes. Elle permettra d'obtenir une image de plus en plus précise au fur et à mesure que l'identification spécifique des macro-fossiles sera rendue possible.

La quantification des macrofossiles par détermination de la fréquence relative d'apparition des différentes composantes botaniques est un outil souple et efficace pour caractériser et différencier les matériaux tourbeux. Cette façon de faire permet d'inventorier un nombre suffisamment grand de macro-restes pour obtenir une image adéquate du matériau tourbeux, tout en permettant son

utilisation sur une base routinière. De plus, la détermination de la fréquence relative d'apparition associée à l'analyse qualitative des macro-restes serait un apport intéressant dans les études paléo-écologiques.

Références

- BARBER, K.E., 1981. Peat stratigraphy and climatic change. — A.A. Balkema, Netherlands, 219 p.
- CASPARIE, W.A., 1972. Bog development in south-eastern Drenthe (The Netherlands). — *Vegetatio*, 25 (1-4): 1-408.
- DINEL, H. & M. LÉVESQUE, 1976. Une technique simple pour l'analyse granulométrique de la tourbe en milieu aqueux. — *Can. J. Soil Sci.*, 56:119-120.
- GREEN, B.H., 1965. Some studies of water/peat/plant with special reference to Wybunbury Mors, Cheshire. — Ph.D. thesis, University of Nottingham, 361 p.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G., 1962. Moorstratigraphische Untersuchungen im Niederwesergebiet — *Veröff. Geobot. Inst. Rubel, Zurich*, 37:100-119.
- LABELLE, C. & P. RICHARD, 1982. Végétation tardiglaciaire et post-glaciaire au sud-est du parc des Laurentides, Québec. — *Géogr. phys. Quat.*, 35:345-359.
- OVENDEN, L., 1982. Vegetation history of a polygonal peatland, northern Yukon. — *Boreas*, 11:209-224.
- RICHARD, P.J.H., C. BOUCHARD & A. LAROUCHE, 1982. Âge de la déglaciation finale et histoire post-glaciaire de la végétation dans la partie centrale du Nouveau-Québec. — *Géogr. phys. Quat.*, 36:63-90.
- SHWAAR J., 1977. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen im Wildenlohsmoor bei Friedrichsfehn, Krs. Olden Lurg. — *Abh. Naturw. verein Bremen*, 38:335-354.
- VAN GEEL, B., 1977. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. — *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 25:1-120.
- WALKER, D. & P.M. WALKER, 1961. Stratigraphic evidence of regeneration in some Irish bogs. — *J. Ecol.*, 49:169-185.

MORPHOLOGIE D'UN MÉSISOL FIBRIQUE SOUS FORÊT DÉCIDUE¹

L.-É. PARENT

*Station de recherches, Agriculture Canada, C.P. 457
Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 6Z8*

F.-J. PAUZÉ

*Département de phytologie, Université Laval
Sainte-Foy, Québec G1K 7P4*

et

G.-A. BOURBEAU

*Département des sols, Université Laval
Sainte-Foy, Québec G1K 7P4*

Résumé

Le mésisol fibrique à l'étude, situé dans le dépôt de Napierville (Québec), se divise en une partie inférieure $O_m - O_t$ (15 - 135 cm), ayant conservé les caractères hérités de la paludification, et une partie supérieure O_h (0 - 15 cm), ayant subi des altérations par rapport aux couches inférieures. Dans l'horizon anaérobique O_t (75 - 135 cm), la structure lamellaire fine est composée d'unités originant de la décomposition partielle de plantes herbacées et qui laissent entre elles de nombreux macropores. L'horizon O_m (15 - 75 cm) contient de nombreux fragments de tourbe à porosité interne élevée et ne montre que peu d'altérations, sauf dans la zone de transition avec O_h . Dans les horizons O_h (0 - 15 cm), la structure change du bas vers le haut. Elle est lamellaire dans O_m , polyédrique subangulaire dans O_{h2} et granulaire dans O_{h1} . Un moder humide s'est formé en surface (0 - 15 cm) sous l'action dominante des acariens. Cette activité, combinée à celle des champignons, est aussi visible dans la couche F. Les observations micromorphologiques appuient l'hypothèse que le drainage du dépôt affecte surtout les 15 cm superficiels du mésisol forestier, sans altérer les horizons inférieurs de façon importante, préservant ainsi les propriétés physiques du mésisol, particulièrement favorables à l'agriculture.

Abstract

The fibric mesisol under study, situated in the Napierville (Québec) organic soil deposit, comprises a lower part $O_m - O_t$ (15 - 135 cm) still possessing the paludification — inherited features, and an upper part O_h (0 - 15 cm) comparatively altered. In the anaerobic O_t horizon (75 - 135 cm), the fine lamellar structure is composed of partially decomposed herbaceous plant units leaving between them numerous macropores. The O_m horizon (15 - 75 cm) contains peat fragments of important internal porosity and shows little alteration, except at the $O_m - O_h$ transition zone. In the O_h horizons (0 - 15 cm), structure changes from the bottom upwards. Structure is lamellar in O_m , polyedric subangular in O_{h2} and granular in O_{h1} . A humid moder formed at the surface (0 - 15 cm) under the dominant activity of acarions. That activity, combined to the fungus activity, is also evident in the F layer. The micromorphological observations sustain the hypothesis that drainage of the deposit affected primarily the upper 15 cm of the mesisol under forest, without altering importantly the lower horizons, thus still preserving the agriculturally favorable physical properties of the mesisol.

Introduction

Parmi les 20 000 ha de sols organiques situés au sud de Montréal entre les rivières Châteauguay

et Richelieu, près de 13 000 ha ont plus de 60 cm d'épaisseur, dont les 2/3 se concentrent dans deux dépôts, ceux de Sainte-Clotilde-Sherrington et de Napierville (Agriculture Québec, 1972). Déjà, au milieu des années '30, près du tiers de la superficie de ces deux importants dépôts était en culture (McKibbin & Stobbe, 1936). Quarante ans plus tard, près de 60% des superficies étaient

¹ Contribution no. J953, Station de recherches, Direction de la recherche, Agriculture Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 6Z8.

consacrées à la culture (Agriculture Québec, 1972). Cette colonisation systématique des deux dépôts a été rendue possible par un imposant réseau de drainage qui a abaissé le niveau de la nappe d'eau et permis l'établissement d'une agriculture maraîchère florissante.

Un tel drainage n'est pas sans provoquer de nombreuses transformations dans le sol organique (Pons, 1960), dont les plus évidentes sont l'affaissement (Parent *et al.*, 1982) et l'humification de la tourbe superficielle en terre noire (Okruszko, 1968). En forêt toutefois, certaines transformations de l'humus de surface peuvent se produire sous l'influence de la pédofaune (Jongerius & Schelling, 1960; Jongerius & Pons, 1962; Dinc *et al.*, 1976). Le but de ce travail est donc d'examiner la morphologie d'un mésisol sous forêt décidue après plusieurs décennies de drainage. Les mésisols boisés se font de plus en plus rares dans les deux grands dépôts à cause de leurs propriétés physiques particulièrement favorables à l'agriculture.

Matériel et méthodes

Un mésisol fibrique et un mésisol typique sous forêt ont été examinés macromorphologiquement dans les dépôts organiques de Napierville et de

Sainte-Clotilde-Sherrington, respectivement. La partie supérieure (0 - 75 cm) de la section de contrôle, composée d'une tourbe ligneuse mésique, était semblable d'un sol à l'autre. La partie inférieure (> 75 cm) montrait des différences dans le type de tourbe, l'une étant herbacée et fibrique, et l'autre ligneuse et mésique. Pour fins d'études micromorphologiques, le mésisol fibrique du dépôt de Napierville (45°9'N. et 73°30'O.) a été sélectionné à cause de sa plus grande diversité et de sa conformité au modèle pédo-hydrologique d'Okruszko (1968). D'après ce dernier modèle, le mouvement latéral de la nappe d'eau dépend de la conductivité de la zone 80 - 130 cm, tandis que la montée capillaire de l'eau de la nappe à la rhizosphère (0 - 30 cm) dépend de la porosité de la zone 30 - 80 cm. Le profil du mésisol fibrique est décrit au tableau I.

Le couvert végétal du site (maintenant déboisé) était dominé par l'érable à épis (*Acer spicatum* Lam.) et le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.). À environ 30 m du site, un fossé profond d'environ 2 m démarquait la partie agricole de la partie boisée de la ferme. L'échantillonnage a été effectué à la fin de l'été, et la nappe d'eau se situait à environ 60 cm sous la surface. Cette profondeur concorde avec les observations de Millette & Vigier (1980) sur les sols organiques boisés du Québec méridional.

TABLEAU I
Description du profil du mésisol fibrique

Horizon	Profondeur (cm)	Description
F	3-0	Couche difficile à discerner; structure lamellaire fine constituée principalement de résidus foliaires et de brindilles.
O _{h1}	0-12	Humus noir (10 YR 2/1) à structure granulaire fine (moder); très friable; racines très abondantes; limite abrupte et régulière avec O _{h2} ; pH = 4,1*.
O _{h2}	12-15	Humus noir (10 YR 2/1) avec reste de structure lamellaire brisée par les racines en structure polyédrique subangulaire; friable; racines très abondantes; transition graduelle avec O _m ; pH = 4,1*.
O _m	15-75	Tourbe ligneuse peu collante et plastique, brun rouge foncé (10 YR 2/2); résidus de bouleau dominants; structure lamellaire grossière; zone de fluctuation de la nappe d'eau et de la montée capillaire; racines abondantes; limite abrupte et régulière avec O _i ; pH = 4,2*.
O _i	75-135	Tourbe herbacée peu collante et peu plastique avec sous-dominance de brindilles ligneuses; brun jaune (10 YR 3/4); structure lamellaire fine; zone aérobique (H ₂ S) sans racine vivante; limite abrupte et régulière avec IIC; pH = 5,3*.
IIC	135 +	Sédiment argileux, gris et collant; structure massive.

* pH de la tourbe humide dans 0,015 M CaCl₂.

Chaque horizon a été échantillonné à l'aide de boîtes de Kubiena. Les échantillons furent congelés, débités en petits cubes, déshydratés et imprégnés d'après la méthode de Parent et al. (1980). Les microphotographies (fig. 1-21) furent prises à l'aide d'une caméra fixée sur microscope Wild M20 et d'un film Ektachrome 20 ASA.

Résultats et discussion

MACROMORPHOLOGIE

Le mésisol fibrique à l'étude (tableau I) se divise en une partie inférieure $O_m - O_n$, ayant conservé les caractères hérités de la paludification, et en une partie supérieure, $F - O_{n1} - O_{n2}$, influencée secondairement par le drainage et la pédogénèse.

L'examen de la couche F et des horizons O_{n1} et O_{n2} révèle une structure granulaire à polyédrique subangulaire et une couleur assez foncée. Des transformations importantes se sont donc produites, par comparaison avec la structure lamellaire sous-jacente. En effet, les actions combinées du gel - dégel, de la perte d'eau par drainage, de l'enracinement des plantes et des changements de température et d'humidité à la surface ont probablement causé la formation de fissures et l'augmentation de la densité (Okruszko, 1968). L'entrée de l'air et l'augmentation des échanges gazeux avec l'atmosphère ont également stimulé la croissance des micro-organismes et l'évaporation de l'eau, conférant des conditions favorables à l'humification et à la production de macro-molécules foncées. Finalement, l'altération biologique semble contribuer au mûrissement de l'humus de par la structure granulaire de l'horizon O_{n1} . L'observation macromorphologique est conforme au modèle pédogénétique de Pons (1960), qui montre un ensemble d'altérations physiques, biochimiques et biologiques superficielles modifiant la morphologie des sols organiques après leur drainage. L'examen micromorphologique permet de mieux interpréter les observations au champ et d'observer en détail les transformations pédogénétiques subies par la tourbe de surface.

MICROMORPHOLOGIE

Litière

À cause de difficultés d'échantillonnage, il a été impossible de préparer une lame mince de la couche F. Cependant, un échantillon de brindille d'érable à épis a été prélevé dans la mince couche F, déshydratée au tétrahydrofurane et imprégné de paraffine suivant la méthode de Leuty (1969).

La décomposition de la tige d'érable semble se produire ainsi. D'abord les champignons causant une pourriture brune envahissent le tissu

ligneux cellule par cellule, par la voie des ponctuations. Leurs ectoenzymes décomposent la cellulose et laissent sur place une matière polymorphe brun jaune, probablement de la lignine résiduelle (fig. 2, 3). Ces ectoenzymes peuvent diffuser à quelques cellules de distance (Babel, 1975). Les hyphes pénètrent les cellules en s'étriquant puisque les ponctuations sont plus étroites que le diamètre des hyphes (fig. 3). Au moment de l'étude, la décomposition des tissus ligneux apparaissait toutefois encore peu avancée, puisque le squelette cellulosique cristallin des parois secondaires des cellules ligneuses était encore bien conservé, comme le montrent les observations en lumière polarisée croisée (fig. 4). Les cellules parenchymales de rayon, contenant probablement un complexe tanin-protéine de couleur brune (Handley, 1954), subissent également l'envahissement fongique (fig. 3). Les champignons semblent préparer le matériel végétal à l'action des animalcules en ramollissant les tissus coriaces. Les excréments d'acariens, reconnaissables par leur morphologie caractéristique (fig. 1) (Hartmann, 1965), contiennent en effet de nombreux fragments d'hyphes (fig. 2). Tel que déjà observé par Hartmann (1965) et Babel (1975), le passage du matériel végétal à travers l'intestin des acariens n'en altère pas la couleur (fig. 1, 2). Le fractionnement des hyphes par les acariens stimulerait l'activité enzymatique, puisque les fèces sont dissoutes et agglutinées en agrégats d'humus fin (fig. 1) (Babel, 1975). Les racines suivent les chenaux d'égrugeage pour atteindre les lieux nourriciers où l'activité microbienne est intense (fig. 1).

La maturation des excréments par affaissement et agglutination, appelée *ageing* par Bal (1973), se caractérise par l'évolution d'une structure granique vers une structure granodidique et, subséquentement, porphyrosquelique. Une telle dégradation de la structure granulaire a été observée par Puffe & Grosse-Brauckmann (1963) en relation avec l'étouffement prématuré des prairies établies sur les sols organiques acides d'Allemagne après quatre à cinq ans de bonne production. L'*ageing* peut aussi être observé dans l'horizon O_n , mais la structure des horizons O_n semble encore très ouverte (fig. 5, 6, 7).

Horizons O_n

Alors que la structure polyédrique subangulaire se manifeste au contact de l'horizon O_m , la structure granulaire fine du *moder domine* dans les horizons O_n . L'image microscopique montre les microstructures correspondantes (Brewer & Pawluk, 1975), soit les assemblages fragmiques (fig. 7) et phytohumigranique (fig. 5, 6), respectivement. Les racines y sont très abondantes.

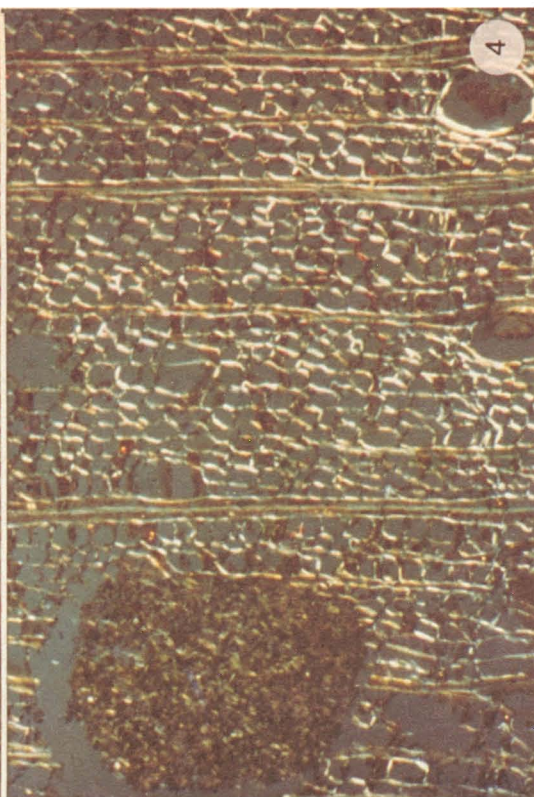
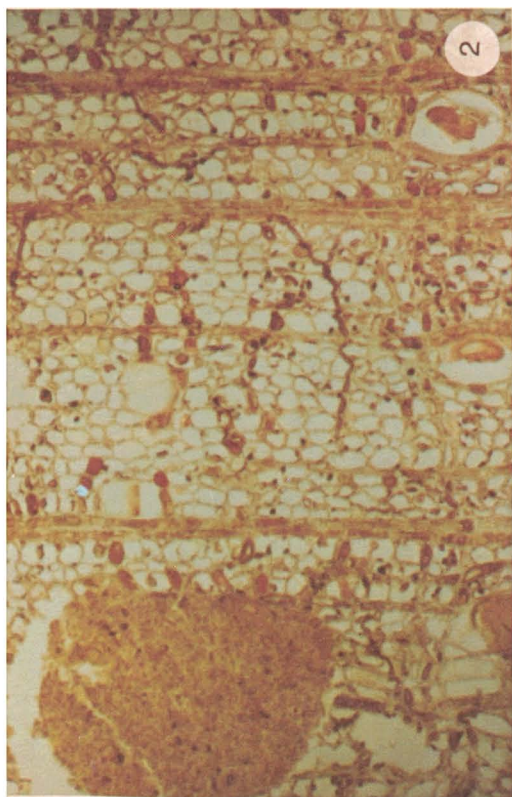
Planche I. Décomposition d'un axe ligneux. Fig. 1. Assemblage humigranique formé d'excréments d'acariens (au centre, à gauche) dégénéralant en assemblage fragmiquc (en haut, à droite, dans un tissu ligneux de la couche F (33 X). Fig. 2. Hyphes parcourant les cellules du bois et se présentant dans l'humus fin zoogène (à gauche) (83 X). Fig. 3. Détail de l'envahissement fongique des cellules de bois et de parenchyme contenant un complexe humique peu évolué. Noter les étranglements des hyphes au niveau des ponctuations. Couche F (210 X). Fig. 4. Image de la figure 2 en lumière polarisée illustrant la réfringence de la cellulose. Couche F (83 X).

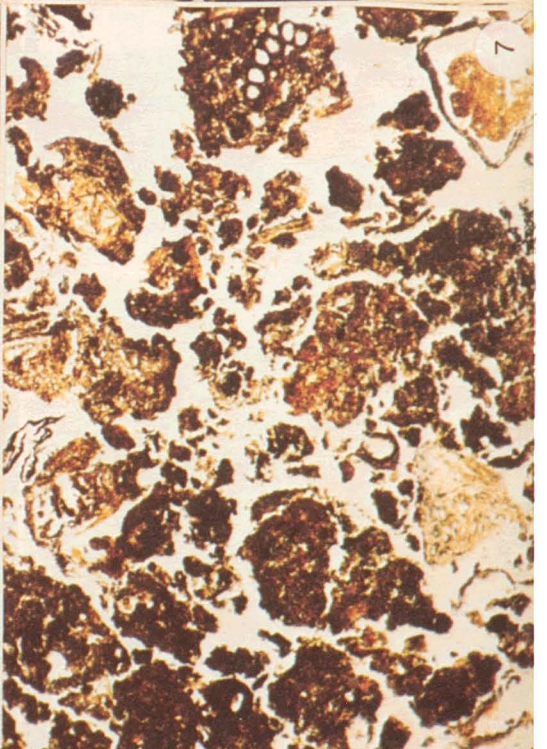
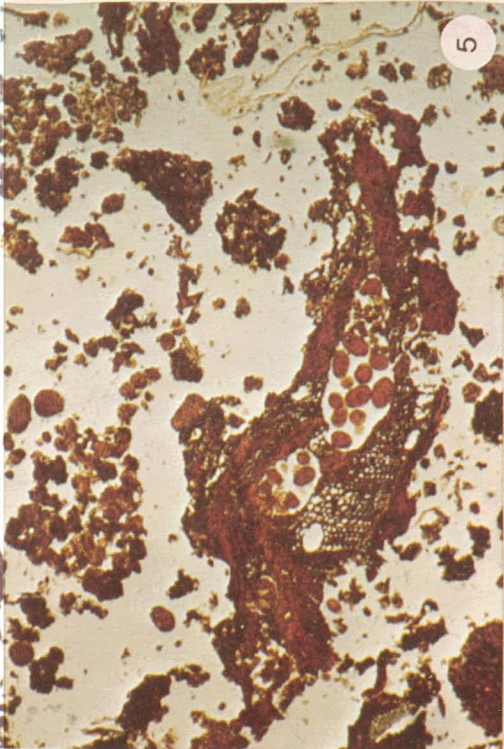
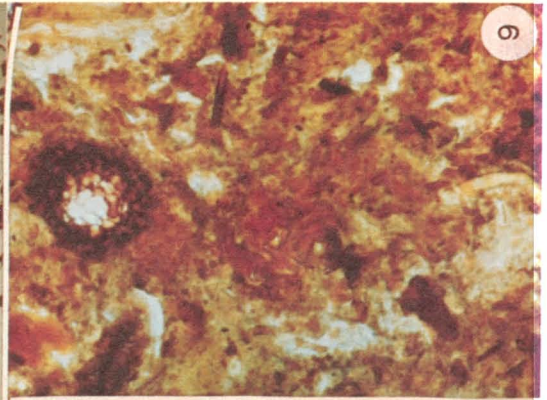
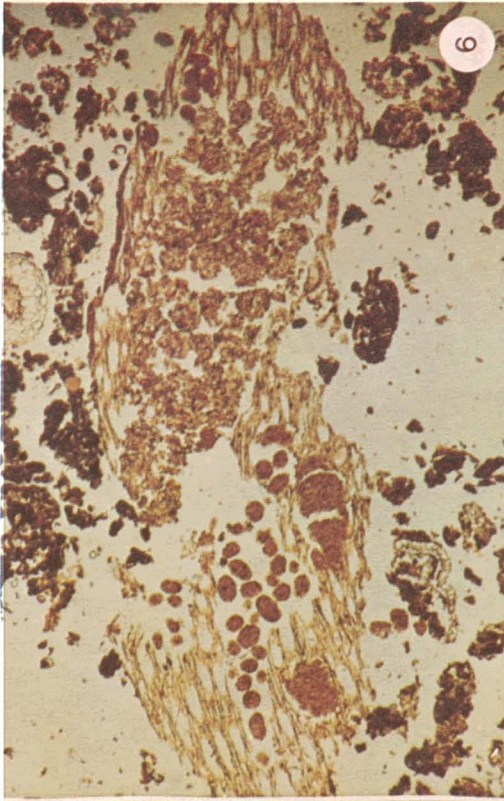
Planche II. Microstructure d'un horizon O_n . Fig. 5. Assemblage phytohumigranique résultant de l'activité des acariens dans l'horizon O_n (33 X). Fig. 6. Attaque d'un tissu végétal par deux types d'animalcules qui y ont déposé leurs excréments (33 X). [Reproduite avec permission du *Canadian Journal of Soil Science*, volume 60, p. 487-496] Fig. 7. Assemblage fragmiquc de l'horizon inférieur (33 X). Fig. 8. Fragment de tourbe perforé par un animalcule qui y a déposé ses excréments (33 X). Fig. 9. Détail de la figure précédente : sclérotcs, fragments d'hyphes et de cellules végétales, matière polymorphe (210 x).

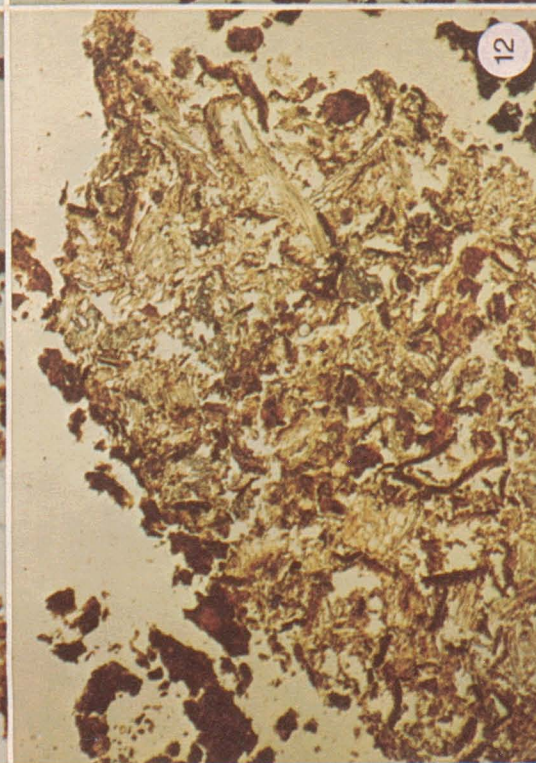
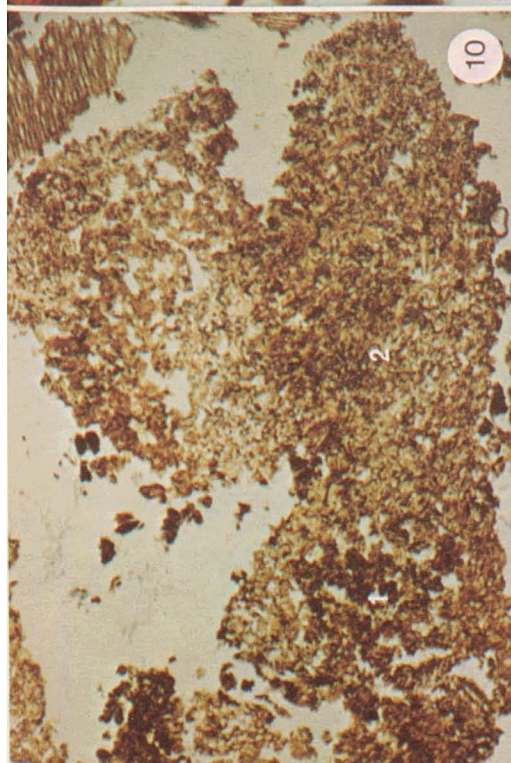
Planche III. Traits micromorphologiques d'un horizon O_n . Fig. 10. Probablement deux gros excréments de décomposeurs secondaires renfermant de petits excréments arrangés de façon granoïdique (33 X). Fig. 11. Influence fongique et animale sur la décomposition d'un tissu végétal chez qui le phellème résiste encore (210 X). Figures 12 et 13. Excrément de rongeur contenant des résidus végétaux peu décomposés (33 X).

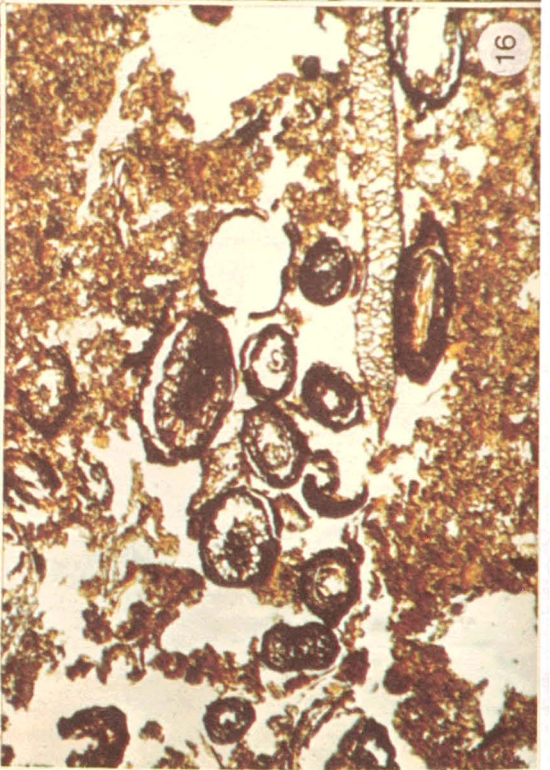
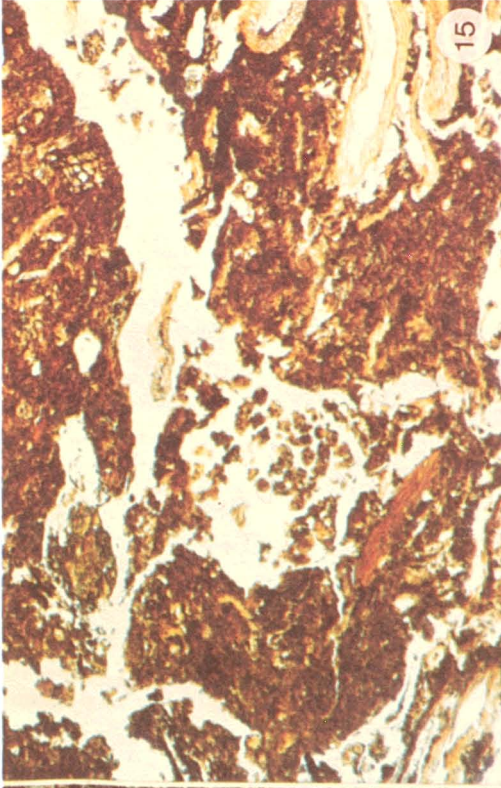
Planche IV. Microstructure d'un horizon O_m . Fig. 14. Assemblage phytohumigranique avec, au centre, une racine égrugée par un acarien (33 X). [Reproduite avec permission du *Canadian Journal of Soil Science*, volume 60, p. 487-496] Fig. 15. Fissures dans la tourbe causant un assemblage à dominance fragmiquc (33 X). Fig. 16. Racines noircies, typiques du moder humide (33 X). Fig. 17. Assemblage humigranique à l'intérieur d'un axe végétal, formé par un animalcule (33 X).

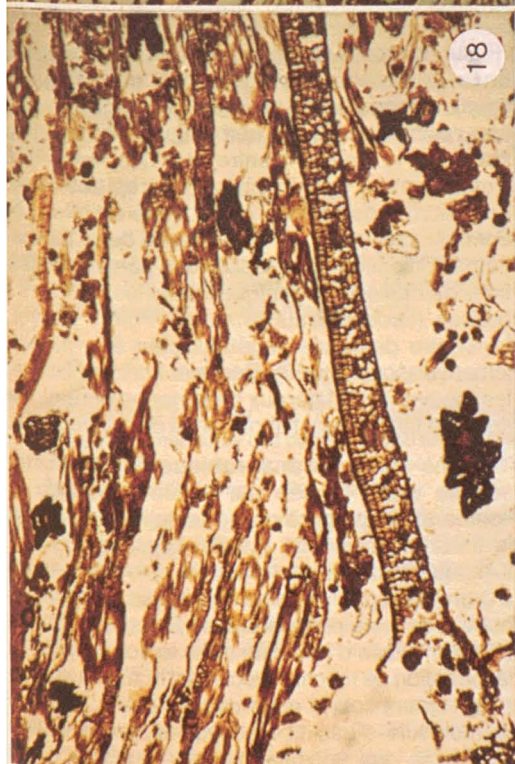
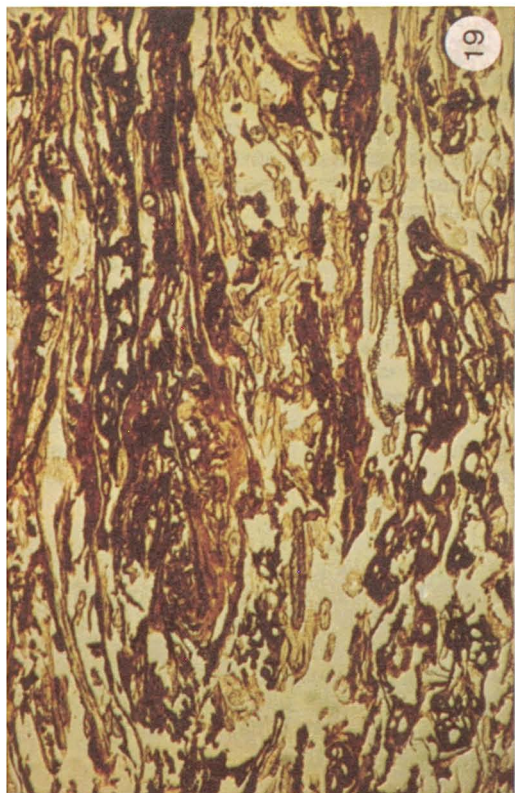
Planche V. Microstructure d'un horizon O_r . Fig. 18. Assemblage phytogrannique conférant une structure lamellaire fine (33 X) [Reproduite avec permission du *Canadian Journal of Soil Science*, volume 60, p. 487-496] Fig. 19. Assemblage phytogrannique fortement imprégné de substances humiques diffuses (33 X). Fig. 20. Pore interne dans un axe végétal probablement causé par une digestion enzymatique (210 X). Fig. 21. Détail de stries constituées principalement de matière polymorphe (210 X).











Les fragments de l'horizon O_{h2} ont probablement subi des altérations physiques dues à l'enracinement, à l'assèchement périodique de la surface et à l'alternance du gel et du dégel. Par contre, dans l'horizon O_{h1} , la formation de la structure est dominée par des forces biologiques.

À côté des excréments d'acariens dominants (fig. 5), on observe des excréments d'autres animalcules (fig. 6). Les fragments de tourbe sont parfois attaqués par les animalcules (fig. 8), mais beaucoup moins intensément que les résidus de la végétation récente (fig. 5, 6). Ceci met en évidence le choix préférentiel de la faune du sol vis-à-vis des résidus de la végétation actuelle. À l'occasion, un décomposeur secondaire, peut-être le ver de terre, peut ingérer puis rejeter les excréments presque intacts de décomposeurs primaires sous forme de plus gros agrégats (fig. 10); ces agrégats de matière organique ne sont toutefois pas assez stables, faute de ciment argileux, pour former un mull (Frercks & Puffe, 1964). De gros excréments de rongeur se rencontrent à l'occasion dans ce milieu biologiquement actif: ils contiennent de grands résidus végétaux pratiquement non décomposés (fig. 12, 13). Des morceaux de charbon de bois sont présents, à l'occasion, dans la matrice du sol. Ces anthracons, probablement issus d'un léger feu de forêt, vieux d'environ 45 ans, sont défavorables du point de vue écologique à cause de leur résistance à la décomposition. L'altération biochimique se traduit par le noircissement de la surface par rapport aux horizons inférieurs. Dans les conditions actuelles de pH (4,1), les champignons semblent très actifs autant dans les fragments de tourbe que dans les résidus végétaux (fig. 9, 11); leurs spores se trouvent parfois regroupées. Une plus grande activité des micro-organismes, associée à des meilleures conditions de drainage et d'aération, ont certainement produit le noircissement de la surface du sol organique.

Horizon O_m

Cet horizon à structure lamellaire grossière se caractérise par une micro-structure granique (fig. 14, 15, 16). L'image microscopique de l'horizon O_m , semblable à celle de la tourbe ligneuse mésique étudiée par Lévesque *et al.* (1980), révèle une bonne porosité, déterminante du point de vue des mouvements d'eau. Cette observation micromorphologique concorde avec celle de Puffe (1965) qui a démontré la grande valeur agricole de la tourbe ligneuse si les résidus grossiers ne sont pas trop abondants. Toute altération de cet horizon revêt donc une importance particulière à cause de ses propriétés favorables à la montée capillaire de l'eau et de sa position intermédiaire

dans le profil, entre la nappe d'eau et la rhizosphère.

Les résidus végétaux y abondent et forment des vides d'entassement qui témoignent de l'accumulation passée (fig. 14). Certaines fissures (fig. 15) révèlent probablement l'action des fluctuations de la nappe d'eau et l'altération physique qui s'ensuit. La matière amorphe demeure peu évoluée et conserve la couleur brun rouge à rouge de la lignine et des phlobaphènes. En effet, la lignine, qui résiste bien à la décomposition dans les milieux mal drainés (Duchaufour, 1965), serait responsable, dans ces conditions, de la couleur rouge à brun rouge du bois putréfié (Hartmann, 1965). Les racines qui meurent dans cet horizon perdent souvent leur centre et noircissent au niveau du phellème (fig. 16), phénomène typique au moder humide se développant sur tourbe (Babel, 1975).

L'activité de la faune du sol se manifeste sporadiquement dans l'horizon O_m , surtout dans les racines mortes de la végétation récente (fig. 14) et dans la zone de transition avec O_{h2} (fig. 17). Il semble donc que certaines altérations physiques, chimiques et biologiques se soient produites dans l'horizon O_m , mais pas suffisamment pour en changer la structure lamellaire acquise au cours de la paludification.

Horizon O_i

Cet horizon à structure lamellaire fine possède un assemblage phytogranique dont l'image microscopique varie quelque peu (fig. 18, 19). Les résidus végétaux herbacés y dominent la structure, ne laissant entre eux que des vides d'entassement; l'activité biologique y est très faible. Les micro-organismes ont donc joué un rôle prédominant au cours de la formation de la tourbe. La paludification peut causer des pertes de 80 à 90% de matières organiques dans les tourbières basses (Grosse-Brauckmann & Puffe, 1964b). Le centre des axes végétaux peut être partiellement dissous (fig. 20). Dans cet horizon fibrique, les mouvements latéraux de la nappe phréatique seraient facilités par l'abondance de macropores.

Dans l'horizon anaérobique O_i , la tourbe semble s'être formée par accumulation de la lignine et décomposition de la cellulose suivant la théorie de Potonié (1908). Le squelette cellulosique résiduel est fortement coloré en rouge à brun jaune par la lignine ou par des substances humiques peu polymérisées. Selon Kononova (1961), l'excès d'humidité dans le sol concourt à la formation de macromolécules d'humus à chaîne relativement courte et de couleur claire, puisque la molécule d'eau libérée par la condensation réversible des polyphénols, des substances et

des hydrates de carbone, ne peut être éliminée au cours de la réaction. Cette hypothèse est appuyée par le fait que la faible humification dans les tourbières se confine à la zone aérée moins humide et que seule la minéralisation progresse, quoique lentement, dans la zone anaérobique (Grosse-Brauckmann & Puffe, 1964a). Les substances humiques faiblement condensées peuvent être entraînées dans le profil et s'accumuler autour des agrégats, dans les fentes et les cavités et sur des zones de contacts (Dachnowski, 1924; Grosse-Brauckmann, 1976). Comme l'ont déjà observé Grosse-Brauckmann & Puffe (1964a), les produits de l'humification occupent de façon diffuse une partie des espaces intra- et intercellulaires (fig. 19) ou forment des zones striées quasiment libres de résidus végétaux (fig. 21).

Conclusion

Le mésisol fibrique du dépôt organique de Napierville (Québec) se divise en une partie inférieure ($O_m - O_i$), ayant conservé les caractères hérités de la paludification, et en une partie supérieure ($O_{h1} - O_{h2}$), ayant subi des altérations physiques, biochimiques et biologiques. L'étude micromorphologique appuie l'hypothèse que le drainage du dépôt affecte surtout la couche superficielle (0 - 15 cm) du sol forestier, où se développe un moder humide et où se concentrent la plupart des racines. Sous l'horizon O_{h2} , les altérations sont comparativement peu importantes, suggérant que les propriétés physiques des horizons O_m et O_i sont relativement bien préservées, même après plusieurs décennies de drainage, lorsque le mésisol demeure sous couvert forestier.

Remerciements

Ce projet fut réalisé grâce à une subvention du conseil de recherches en sciences naturelles et en génie, n° A - 9002. Nous remercions vivement Madame Louise Miville pour son assistance technique.

Références

- AGRICULTURE QUÉBEC, 1972. Inventaire et étude du potentiel maraîcher des dépôts de sols organiques de la région du sud de Montréal. — Hamel, Malouin, Ruel & ass., Drummondville, 695 p.
- BABEL, U., 1975. Micromorphology of soil organic matter. — Pages 369-473 in J. E. Gieseking (ed.). Soil components, vol. 1. Organic components, Springer, N.Y., 538 p.
- BAL, L., 1973. Micromorphological analysis of soils. — Soil Surv. Pap. Neth. Soil Surv. Inst., Wageningen, no. 6, 175 p.
- BREWER, R. & S. PAWLUK, 1975. Investigations of some soils developed in hummocks of the Canadian subarctic and southern arctic regions. I. Morphology and micromorphology. — Can. J. Soil Sci., 55: 301-319.
- DACHNOWSKI, A.P., 1924. The stratigraphic study of peat deposits. — Soil Sci., 17: 107-133.
- DINC, U., R. MIEDEMA, L. BAL & L.J. PONS, 1976. Morphological and physico-chemical aspects of three soils developed in peat in the Netherlands and their classification. — Neth. J. Agr. Sci., 24: 247-265.
- DUCHAUFOR, P., 1965. Précis de pédologie. 2 éd. — Masson & Cie, Paris.
- FRERCKS, W. & D. PUFFE, 1964. Chemische und mikromorphologische Untersuchungen über den zersetzungszustand auf entwässerten und verschieden hoch aufgekalktern Hochmoor unter Grünland sowie in unkultiviertem, vorentwässertem Hochmoor. — Z. Kult. Flur., 5: 149-171.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G., 1976. Ablagerungen der Moore — Pages 91-133 in K. Göttlich (ed.). Moor- und Torfkunde. E. Schweizerbart'sche (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 269 p.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. & D. PUFFE, 1964a. Untersuchungen an Torf. Dünnschnitten aus einem Moorprofil vom Teufelsmoor bei Bremen. — Pages 83-93 in A. Jongerius (ed.). Soil micromorphology, Elsevier, Amsterdam, 540 p.
- GROSSE-BRAUCKMANN, G. & D. PUFFE, 1964b. Ueber Zersetzungsprozesse und Stoffbilanz im wachsender Moor. — 8^e Congr. Int. Sci. Sol., Bucarest 5: 635-648.
- HANDLEY, W.R.C., 1954. Mull and mor formation in relation to forest soils. — For. Comm. Bull., no. 23, 115 p.
- HARTMANN, F., 1965. Waldhumusdiagnose auf biomorphologischer Grundlage. — Springer, Wien, 88 p.
- JONGERIUS, A. & L. PONS, 1962. Einige mikromorphologische Bemerkungen über des Vererdungsvorgang im niederländischen Moor. — Z. Pfl-Ernähr. Düng. Bodenk., 97: 243-255.
- JONGERIUS, A. & J. SCHELLING, 1960. Micromorphology of organic matter formed under the influence of soil organisms, especially soil fauna. — 7th Int. Congr. Soil Sci., Madison, 2: 702-710.
- KONONOVA, M.M., 1961. Soil organic matter. — Pergamon Press, London, 450 p.
- LEUTY, S.J., 1969. Rapid dehydration of plant tissues for paraffin embedding: tetrahydrofuran vs t-butanol. — Stain Tech., 44: 103-104.
- LÉVESQUE, M., H. MORITA, M. SCHNITZER & S.P. MATHUR, 1980. The physical, chemical and morphological features of some Québec and Ontario peats. — Res. Br. Agric. Canada, LRR1 no. 62, CBRI no. 1155, 70 p.
- McKIBBIN, R.R. & P.C. STOBBE, 1936. Les sols organiques du sud-ouest du Québec. — Min. Agric. Canada Publ. n° 499, Bull. techn. n° 5, 78 p.
- MILLETTE, J.A. & B. VIGIER, 1980. Drainage evaluation of organic soils using water table fluctuations. — Paper 80-403, 60th AIC conf., CSAE, Univ. Alberta, Edmonton.

- OKRUSZKO, H., 1968. Soil-forming processes in drained peatland. — Pages 189-197 in 2nd Int. Peat Congr., Leningrad (1963).
- PARENT, L.E., J.A. MILLETTE & G.R. MEHUYS, 1982. Subsidence and erosion of a Histosol. — Soil Sci. Soc. Am. J., 46: 404-408.
- PARENT, L.E., F.J. PAUZÉ & G.A. BOURBEAU, 1980. Méthode nouvelle d'imprégnation des tourbes et des gyttja. — Can. J. Soil. Sci., 60: 487-496.
- PONS, L.J., 1960. Soil genesis and classification of reclaimed peat soils in connection with initial soil formation. — 7th Int. Congr. Soil Sci. (Madison), 205-211.
- POTONIÉ, H., 1908. Die rezenten Kaustobiolithe und ihre Lagerstätten. I. Die Sapropelite. — Abh. kgl. preuss. geol. L.A., N.F., 55, XV, 251 p., Berlin.
- PUFFE, D., 1965. Gefügeuntersuchungen an Torfen. — Z. Kult. Flur., 6: 301-312.
- PUFFE, D. & G. GROSSE-BRAUCKMANN, 1963. Mikromorphologische Untersuchungen an Torfen. — Z. Kult. Flur., 4: 159-188.

ÉVOLUTION DU RENDEMENT ET DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU LOTIER (*LOTUS CORNICULATUS* L.) AVEC L'ÂGE

J.-F. BERTRAND¹ et P. GERVAIS

Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université Laval, Québec G1K 7P4

Résumé

L'évolution du rendement et de la composition chimique de deux cultivars de lotier corniculé (*Lotus corniculatus* L.) a été étudiée de semaine en semaine durant 10 semaines au cours du premier cycle de végétation sur une période de deux ans. Le croît hebdomadaire a été progressif, marqué et significatif chez les deux cultivars durant les neuf premières semaines, soit jusqu'à la fin de juillet à l'approche de la maturité. Le rendement annuel maximum a été atteint lorsque la première coupe a été effectuée à la pleine floraison (Léo) ou une semaine plus tôt (Viking). Les pourcentages de protéine brute, de matières grasses, de cendres, d'unités nutritives, de phosphore, de potassium et de magnésium ont diminué alors que celui de la fibre brute a augmenté avec l'âge des plantes. Les teneurs en calcium et en sodium n'ont montré aucune tendance définie. Il n'y a eu aucune différence significative entre les deux cultivars dans les teneurs des constituants chimiques analysés.

Abstract

Dry matter yields and chemical composition of two cultivars of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) were determined weekly for ten weeks during the first growth cycle over a two-year period. Dry matter accumulation increased markedly and significantly for both cultivars during the first nine weeks, i.e. up to the end of July at a stage nearing maturity. The highest annual production was obtained when the first cut was taken at the full bloom stage (Léo) or a week earlier (Viking). The percentages of crude protein, fat, ash, total digestible nutrients, phosphorus, potassium and magnesium decreased and that of crude fibre increased with advance in maturity. The calcium and sodium contents showed no particular trend. The two cultivars had similar contents of all the chemical constituents analyzed.

Introduction

Le lotier corniculé est une légumineuse pérenne de haute valeur alimentaire, mais d'implantation lente. Elle n'est encore que peu employée au Québec bien que recommandée depuis 1954. MacDonald (1946) et Henson & Schoth (1962) ont décrit l'espèce et établi sa valeur comme plante fourragère. Une connaissance plus approfondie de la régie de cette légumineuse pourrait contribuer à l'extension de sa culture et à une meilleure exploitation.

Langille & Calder (1971) rapportent que le rendement en matière sèche augmente avec l'âge chez le lotier. D'après Smith (1964), cette légumineuse livre son rendement maximum au stade *graine verte*. Pierre & Jackobs (1953), toutefois, obtiennent le plus haut rendement en fourrage

au stade *pleine floraison* et Duell & Gausman (1957) au stade *10% en fleurs*. Henson & Schoth (1962) et Horrocks & Washko (1968) recommandent de récolter le lotier au stade *10% en fleurs* et Langille *et al.* (1968) au stade *50% en fleurs*.

Smith & Nelson (1967) affirment qu'au delà de trois récoltes par année des rendements en matière sèche et en protéine diminuent avec la fréquence des coupes alors que Langille *et al.* (1968) montrent que la productivité et la persistance du lotier sont mieux assurées sous un système à deux coupes. Taylor *et al.* (1973), d'autre part, suggèrent de laisser mûrir le lotier, occasionnellement, pour obtenir un peuplement dense par le resemis naturel.

La valeur nutritive du lotier diminue avec la maturité (Trimberger *et al.*, 1962; Smith, 1964; Horrocks & Washko, 1968). Les pourcentages de protéine, de matières grasses, de calcium, de phosphore, de potassium, de magnésium et de sodium baissent et celui de la fibre augmente avec l'âge (Smith, 1964).

¹ Adresse actuelle: Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Complexe scientifique, 2700 rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8.

Le régime d'exploitation influence largement la production, la valeur alimentaire et la persistance du lotier. Cette étude a donc pour but, sous les conditions du Québec, d'établir le rendement du lotier, de déterminer sa composition chimique à différents stades de croissance, d'évaluer l'influence de la date de la première récolte sur la production totale et de mesurer le comportement variétal.

Méthodologie expérimentale

Cette étude a été réalisée à la Station agromomique de l'Université Laval, Saint-Augustin, Québec, sur loam Tilly, sol bien égoutté, de fertilité moyenne et dont le pH varie de 6,6 à 6,9.

On a utilisé, comme dispositif expérimental, la méthode des blocs casualisés avec quatre répétitions. Les parcelles mesuraient 1,5 sur 6 m et la surface récoltée était de 1 m sur 6 m. On a semencé à la volée, sans plante-abri, le lotier (*Lotus corniculatus* L.) cv. Léo et cv. Viking le 23 mai 1972 et le 9 juin 1973 à la dose de 6,7 kg/ha. Sur chaque expérience, on a appliqué 560 kg/ha de 5-20-20 avant le semis l'année d'installation et 560 kg/ha de 0-20-20B le printemps suivant. L'implantation du lotier a été excellente dans les deux semis.

Le tableau I donne le calendrier d'exploitation suivi et le tableau II consigne les dates moyennes auxquelles les deux cultivars ont atteint certains stades de croissance durant cette étude.

On a procédé, une fois la croissance bien amorcée au printemps, à des coupes hebdomadaires sur une période de 10 semaines afin d'établir la courbe de productivité de chaque cultivar lors du premier cycle de végétation. On a aussi mesuré l'effet de la date de la première

coupe sur le rendement total du lotier en prélevant des coupes supplémentaires, espacées de six semaines, durant le reste de la saison. Une coupe finale a été prise, après le repos automnal, vers la mi-octobre. Le niveau des coupes a été établi à 5 cm du sol.

On a déterminé le poids frais du fourrage récolté dans chaque parcelle immédiatement après la coupe et prélevé un échantillon de 500 g pour en établir le pourcentage de matière sèche. On a séché les échantillons à une température de 90°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Une fois le poids sec déterminé, on a groupé les quatre échantillons d'un même traitement pour la mouture et gardé un sous-échantillon pour analyse chimique ultérieure.

La détermination de l'azote a été faite par le procédé Kjeldahl. On a utilisé la méthode décrite par Ward & Johnston (1962) pour la digestion et l'analyseur automatique de Technicon Control Inc. pour le dosage. La méthode de Weende (A.O.A.C., 1960, n° 22 040) a servi à établir la teneur en fibre brute. On a extrait les matières grasses à l'aide d'éther (A.O.A.C., 1950, n°s 22.25 et 22.28)

Les cendres ont été calculées après calcination des échantillons à 600°C pendant deux heures (A.O.A.C., 1960, n° 22 020). On a employé la méthode décrite par Johnson & Ulrich (1959) pour libérer le calcium, le phosphore et le magnésium. La quantification du calcium et du magnésium a été réalisée par absorption atomique et celle du phosphore à l'aide de l'analyseur automatique de Technicon Control Inc. selon la méthode de Varley (1966). L'extraction du potassium et du sodium a été effectuée à l'aide de l'oxalate d'ammonium (A.O.A.C., 1965, n°s 6 016, 6 017 et 6 018) et le dosage par émission atomique. Les unités nutritives totales ont été calculées d'après la formule rapportée par Smith (1964).

TABLEAU I

Calendrier d'exploitation du lotier, 1973-1974

Traitements	Dates moyennes des coupes			
	1 ^{re} coupe	2 ^e coupe	3 ^e coupe	coupe finale
1	3 juin	15 juillet	26 août	16 octobre
2	10 juin	22 juillet	2 septembre	16 octobre
3	17 juin	29 juillet	—	16 octobre
4	24 juin	6 août	—	16 octobre
5	1 juillet	12 août	—	16 octobre
6	8 juillet	19 août	—	16 octobre
7	15 juillet	26 août	—	16 octobre
8	22 juillet	2 septembre	—	16 octobre
9	29 juillet	—	—	16 octobre
10	6 août	—	—	16 octobre

TABLEAU II

Dates moyennes de trois stades de croissance du lotier, 1973-1974

Cultivars	Stades de croissance		
	Boutons	1/10 en fleurs	Pleine floraison
Léo	15 juin	24 juin	7 juillet
Viking	10 juin	17 juin	30 juin

Les données expérimentales recueillies ont été traitées statistiquement par analyses de variance et tests de Duncan (Steel & Torrie, 1960). En l'absence d'une interaction significative «traitement × années» les résultats des deux années ont été réunis.

Résultats expérimentaux

RENDEMENT EN MATIÈRE SÈCHE

Premier cycle de végétation

Le rendement en matière sèche (M.S.) a évolué de façon similaire chez les deux cultivars (fig. 1). Le croît hebdomadaire a été progressif, marqué et significatif durant les neuf premières semaines, soit jusqu'à la fin de juillet à l'approche de la maturité (de 3 à 4 semaines après la pleine floraison). Par la suite, le rendement est demeuré stationnaire. Le lotier a donc accumulé de la matière sèche durant une longue période au premier cycle. Ces résultats rejoignent ceux de Smith (1964) et de Langille & Calder (1971). Au début de la saison, les deux cultivars ont livré un ren-

dement semblable, mais à partir de la mi-juin, la production de Léo, un cultivar semi-tardif, a nettement excédé celle de Viking, un cultivar hâtif. Au cours du premier cycle de végétation, le rendement moyen de Léo en M.S. a été significativement plus élevé que celui de Viking (5 383 kg vs 4 895 kg/ha).

Saison de croissance

Le rendement annuel maximum a été atteint chez les deux cultivars dès le traitement six (8 juillet). La plus haute production de M.S. a donc été obtenue lorsque le lotier a été coupé, à la première récolte, à la pleine floraison (Léo) ou une semaine plus tôt (Viking). En rendement annuel, Viking a légèrement surpassé Léo (8 245 kg vs 8 077 kg/ha de M.S.); ceci est dû au regain plus abondant fourni par Viking.

COMPOSITION CHIMIQUE

Protéine brute (PB)

Le pourcentage de PB a baissé graduellement avec le vieillissement du végétal chez les deux

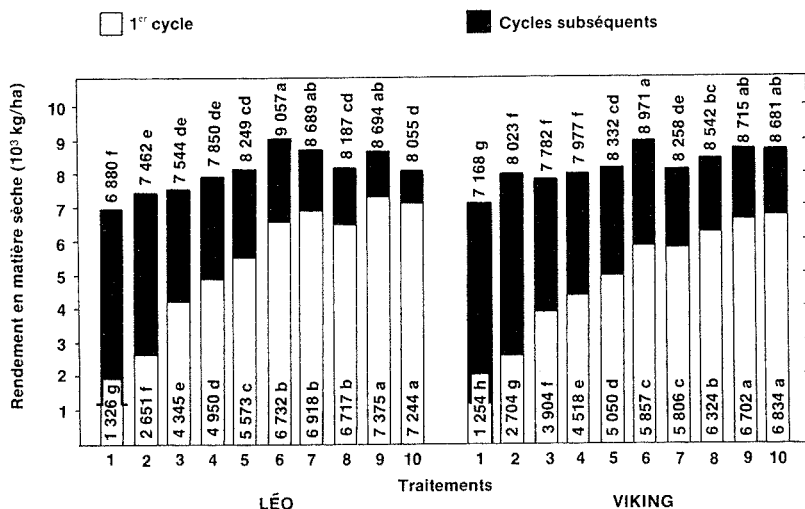


Figure 1: Production des lotiers Léo et Viking au cours du premier cycle de végétation et durant toute la saison de croissance, 1973-1974.

cultivars (tableau III). D'autres auteurs (MacDonald, 1946; Pierre & Jackobs, 1953; Duell & Gausman, 1957; Smith, 1964) ont noté que la teneur en PB était liée à l'âge des plantes. De la première à la dixième semaine, la diminution a été d'environ 55%, soit de 0,23% en moyenne par jour. Le déclin a été très marqué au cours des trois premières semaines de juin, c'est-à-dire jusqu'au tout début de la floraison, puis l'écart hebdomadaire s'est considérablement rétréci. Léo et Viking ont montré une teneur moyenne identique en PB (17,1%).

Fibre brute (FB)

L'augmentation de la teneur en FB s'est manifestée tout au long du cycle de végétation, mais elle a été très marquée surtout au cours de la première moitié du cycle. Smith (1964) a rapporté des variations de cette nature. Du début à la fin du cycle, la fibre a augmenté de 0,41% en moyenne par jour. Les deux cultivars ont exhibé une teneur moyenne semblable en FB (32,7% vs 32,0%).

Extractifs non azotés (ENA)

Le fourrage récolté au tout début du cycle contenait plus de ENA que celui coupé plus tardivement. Léo et Viking ont montré une teneur en ENA presque identique (41,6% vs 41,8%).

Matières grasses (MG)

La teneur en MG a baissé graduellement avec la maturité des deux cultivars, ce qui concorde avec les résultats de Smith (1964). Léo et Viking avaient une égale teneur moyenne en MG (2,0%).

Cendres totales (CT)

Les cendres ont suivi la même tendance que les protéines brutes et les matières grasses, soit une diminution progressive avec le vieillissement, baisse soulignée aussi par Smith (1964). La teneur moyenne en CT de Léo (6,7%) ne diffère pas significativement de celle de Viking (7,1%).

TABLEAU III

Composition chimique brute des lotiers Léo et Viking au cours du premier cycle de végétation, 1973-1974

Dates de la récolte	Hauteur (cm)	Protéine brute (%)	Fibre brute (%)	Extractifs non azotés (%)	Matières grasses (%)	Cendres (%)
<i>Lotier Léo</i>						
3 juin	23,0	27,1 a	12,9 g	48,6 a	2,6 a	8,8 a
10 juin	37,0	23,2 b	21,2 f	45,1 ab	2,3 b	8,2 b
17 juin	48,5	18,9 c	26,9 e	44,3 bc	2,1 bc	7,8 b
24 juin	55,5	17,9 c	31,7 d	41,3 bcd	2,1 bc	7,0 c
1 juillet	67,5	15,7 d	36,7 c	38,7 d	2,0 cd	6,9 c
8 juillet	76,5	15,3 d	38,6 abc	38,3 d	1,9 cd	5,9 d
15 juillet	82,0	14,2 de	37,6 bc	40,5 cd	1,8 d	5,9 d
22 juillet	85,5	13,5 e	38,9 abc	40,3 cd	1,7 de	5,6 de
29 juillet	87,0	13,0 e	40,4 ab	39,4 d	1,7 de	5,5 de
6 août	83,5	12,5 e	41,7 a	39,0 d	1,5 e	5,3 e
<i>Lotier Viking</i>						
3 juin	23,0	27,1 a	16,0 f	44,8 a	2,6 a	9,5 a
10 juin	36,5	23,1 b	20,9 e	45,0 a	2,2 b	8,8 ab
17 juin	46,5	19,6 c	27,9 d	42,4 a	2,1 bc	8,0 bc
24 juin	52,5	17,1 cd	31,0 d	42,2 a	2,1 bc	7,6 cd
1 juillet	60,5	15,2 de	34,5 c	41,3 a	2,0 cd	7,0 cde
8 juillet	69,5	15,0 de	35,9 bc	40,4 a	1,9 de	6,8 cde
15 juillet	71,0	14,9 de	36,7 bc	40,0 a	1,9 de	6,5 def
22 juillet	80,5	14,6 def	37,9 ab	39,4 a	1,9 de	6,2 ef
29 juillet	81,0	12,9 ef	38,5 ab	41,0 a	1,8 e	5,8 ef
6 août	78,5	11,5 f	40,6 a	41,0 a	1,6 f	5,3 f

Les données suivies de la même lettre dans chaque colonne à l'intérieur d'un cultivar ne diffèrent pas significativement au seuil $P = 0,05$.

TABLEAU IV

Teneur des lotiers Léo et Viking en certains éléments minéraux en cours du premier cycle de végétation, 1973-1974

Dates de la récolte	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Na (%)
<i>Lotier Léo</i>					
3 juin	1,21 a	0,41 a	2,89 a	0,18 a	0,023 a
10 juin	1,10 a	0,33 b	2,85 a	0,17 a	0,024 a
17 juin	1,05 a	0,29 bc	2,67 ab	0,15 ab	0,021 a
24 juin	0,97 a	0,27 cd	2,41 b	0,13 bc	0,027 a
1 juillet	0,97 a	0,25 de	2,25 bc	0,13 bc	0,021 a
8 juillet	0,91 a	0,23 def	1,89 cd	0,13 bc	0,020 a
15 juillet	1,00 a	0,23 def	1,85 cd	0,13 bc	0,019 a
22 juillet	0,95 a	0,23 def	1,76 d	0,12 c	0,019 a
29 juillet	1,00 a	0,21 ef	1,82 cd	0,12 c	0,022 a
6 août	0,97 a	0,20 f	1,61 d	0,11 c	0,019 a
<i>Lotier Viking</i>					
3 juin	1,20 a	0,41 a	2,80 a	0,19 a	0,019 a
10 juin	1,13 a	0,35 b	2,73 a	0,18 ab	0,020 a
17 juin	1,00 a	0,29 c	2,59 a	0,16 bc	0,018 a
24 juin	1,01 a	0,27 cd	2,23 b	0,15 c	0,019 a
1 juillet	1,05 a	0,25 cde	2,05 bc	0,14 c	0,015 a
8 juillet	1,03 a	0,24 cde	1,95 bcd	0,14 c	0,017 a
15 juillet	1,04 a	0,24 cde	1,93 bcd	0,13 c	0,015 a
22 juillet	0,95 a	0,23 cde	1,88 bcd	0,14 c	0,016 a
29 juillet	0,97 a	0,21 de	1,71 cd	0,14 c	0,018 a
6 août	0,95 a	0,19 e	1,66 d	0,13 c	0,013 a

Les données suivies de la même lettre dans chaque colonne à l'intérieur d'un cultivar ne diffèrent pas significativement au seuil $P = 0,05$.

Éléments minéraux

Le calcium n'a exhibé aucune variation significative d'une semaine à l'autre chez les deux cultivars (tableau IV), bien que le lotier récolté jeune (début de juin) en ait été mieux pourvu. Ces résultats rejoignent ceux de Pierre & Jackobs (1953), mais sont contraires à ceux de MacDonald (1946) et de Smith (1964) qui ont obtenu une baisse en Ca avec le vieillissement du végétal. Léo et Viking ont montré une teneur moyenne en Ca presque identique (1,01% vs 1,03%) au cours du premier cycle de végétation.

Chez les deux cultivars, la teneur du fourrage en phosphore et en potassium a baissé significativement avec l'âge des plantes, tel que l'ont déjà noté Duell & Gaussman (1957) et Smith (1964). Il n'y a eu aucune différence dans les teneurs des cultivars Léo et Viking en ces deux éléments, soit 0,26% et 0,27% respectivement pour le phosphore et 2,20% et 2,15% pour le potassium.

Le pourcentage de magnésium a diminué dans les tissus des deux cultivars avec l'âge, mais la

baisse a été plus prononcée au début qu'à la fin du cycle de végétation. La teneur moyenne de Léo s'établit à 0,14% et celle de Viking à 0,15%.

Les valeurs atteintes en sodium sont faibles et ne présentent aucune variation significative d'une date de récolte à une autre. Smith (1964) aussi a obtenu des valeurs basses et il mentionne que la teneur du lotier en sodium est nettement inférieure à celle de la luzerne. Il y a lieu de souligner, toutefois, que Léo contient légèrement plus de sodium que Viking à chacune des dates de coupe et pour la teneur moyenne du premier cycle (0,022% vs 0,017%).

Unités nutritives totales (UNT)

Le déclin des UNT calculées des deux cultivars de lotier avec le vieillissement des tissus est très prononcé du début de la saison de croissance au début de juillet, c'est-à-dire jusqu'au stade *pleine floraison* chez Viking et à mi-chemin entre les stades *1/10 en fleurs* et *pleine floraison* chez Léo (tableau V). Par la suite, la baisse a considérablement ralenti. Smith (1964) a déjà observé

TABLEAU V

Unités nutritives totales (%) des lotiers Léo et Viking au cours du premier cycle de végétation, 1973-1974

Dates de la récolte	Léo	Viking
3 juin	85,5 a	82,1 a
10 juin	75,0 b	75,2 b
17 juin	67,0 c	66,2 c
24 juin	61,4 d	61,8 d
1 juillet	55,2 e	57,2 e
8 juillet	52,9 e	55,7 ef
15 juillet	53,6 ef	54,8 ef
22 juillet	51,9 efg	53,3 f
29 juillet	50,1 fg	52,1 fg
6 août	48,5 g	49,3 g

Les données suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil $P = 0,05$.

un tel comportement chez le lotier. Les deux cultivars ont montré des valeurs moyennes semblables en UNT (60,1% vs 60,8%).

Conclusions

Il ressort de cette étude que le lotier, au cours du premier cycle de végétation, accumule de la matière sèche durant une longue période de croissance, c'est-à-dire jusqu'à l'approche de la maturité. Le rendement maximum saisonnier est cependant obtenu lorsque la première coupe est effectuée au moment où le lotier approche ou atteint la pleine floraison.

Une première coupe aussi tardive, toutefois, abaisse la qualité du fourrage récolté; en particulier, les protéines chutent à près de 15% et les UNT à près de 53%. Une première récolte plus hâtive, vers la mi-floraison, réduirait d'une part le rendement, mais hausserait d'autre part la qualité du fourrage.

Remerciements

Les auteurs remercient le Conseil des recherches et services agricoles du Québec pour l'aide financière apportée à la réalisation de cette étude et M. Jacques Debroux pour sa participation à l'analyse chimique des fourrages.

Références

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (A.O.A.C.), 1950. Official methods of analysis, 7th ed. — Washington, D.C.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (A.O.A.C.), 1960. Official methods of analysis, 9th ed. — Washington, D.C., 832 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (A.O.A.C.), 1965. Official methods of analysis, 10th ed. — Washington, D.C., 957 p.

DUELL, R.W. & H.W. GAUSMAN, 1957. The effect of differential cutting on the yield, persistence, protein and mineral content of birdsfoot trefoil. — *Agron. J.*, 49: 318-319.

HENSON, P.R. & H.A. SCHOTH, 1962. The trefoils. Adaptation and culture. — *USDA Agric. Handbook*, no. 223, 16 p.

HORROCKS, R.D. & J.B. WASHKO, 1968. Influence of harvesting forages at three stages of maturity on yield, quality, and stand persistence. — *Penn. State Univ. Bull.*, no. 753, 22 p.

JOHNSON, C.M. & A. ULRICH, 1959. Analytical methods for use in plant analysis. — *Calif. Agric. Exp. Stn. Bull.*, no. 766, 44 p.

LANGILLE, J.E. & F.W. CALDER, 1971. Effect of harvesting practices on foliage and root development, digestibility, cold hardiness and nodulation of birdsfoot trefoil. — *Can. J. Pl. Sci.*, 51: 499-504.

LANGILLE, J.E., L.B. MacLEOD & F.S. WARREN, 1968. Influence of harvesting management on yield, carbohydrate reserves, etiolated regrowth and potassium uptake of birdsfoot trefoil. — *Can. J. Pl. Sci.*, 48: 575-580.

MacDONALD, H.A., 1946. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). Its characteristics and potentialities as a forage legume. — *Cornell Univ. Agric. exp. Stn Memoir*, no. 261, 182 p.

PIERRE, J.J. & J.A. JACKOBS, 1953. The effect of cutting treatments on birdsfoot trefoil. — *Agron. J.*, 45: 463-468.

SMITH, D., 1964. Chemical composition of herbage with advance in maturity of alfalfa, medium red clover, ladino clover, and birdsfoot trefoil. — *Univ. Wis., Madison, Wis. no. R 1905*, 10 p.

SMITH, D. & C.J. NELSON, 1967. Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa. I. Responses to height and frequency of cutting. — *Crop Sci.*, 7: 130-133.

STEEL, R.G.D. & J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. — *McGraw-Hill Book Co. Inc.*, New York, 481 p.

TAYLOR, T.H., W.C. TEMPLETON, Jr. & J.W. WYLES, 1973. Management effects on persistence and productivity of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). — *Agron. J.*, 65: 646-648.

TRIMBERGER, G.W., W.K. KENNEDY, J.T. REID, J.K. LOOSLI, K.L. TURK & V.N. KRUKOVSKY, 1962. Feeding value and digestibility of birdsfoot trefoil hay harvested at different stages. — *Cornell Univ. Agric. exp. Stn Bull.*, no. 974, 36 p.

VARLEY, J.A., 1966. Automatic method for the determination of nitrogen, phosphorus and potassium in plant material. — *Analyst*, 91: 119-126.

WARD, G.M. & F.B. JOHNSTON, 1962. Chemical methods of plant analysis. — *Min. Agric. Can. Publ.* no. 1964, 59 p.

MYCOFLORE DES SEMENCES DU SORGHO CULTIVÉ EN HAUTE-VOLTA¹

K.B. KABORÉ²

Département de phytologie, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation,
Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

et

L. COUTURE

Station de recherche, Agriculture Canada, 2560 boulevard Hochelaga
Sainte-Foy, Québec G1V 2J3

Résumé

On a examiné la mycoflore portée par des semences de certaines variétés de sorgho (*Sorghum bicolor*) provenant de différentes régions de la Haute-Volta. Environ la moitié des graines hébergeaient un agent fongique interne dans la plupart des lots de semences analysés. L'espèce prédominante de tous les lots est le *Colletotrichum graminicola*, agent de l'antracnose. On a retrouvé également de nombreux *Curvularia* dans toutes les parties de la graine, jusque dans l'embryon. Le *Cephalosporium acremonium* et le *Ramulispora sorghi* sont les autres composants les plus abondants de la spermo-flore particulière mise en évidence.

Abstract

The seed-borne mycoflora of some varieties of sorghum (*Sorghum bicolor*) harvested in different regions of Upper Volta was examined. An internal fungal agent was present in nearly half the seeds of most seed lots assayed. The most common species in all lots was *Colletotrichum graminicola*, the anthracnose agent. Many *Curvularia* species were also detected in all parts including the embryo. *Cephalosporium acremonium* and *Ramulispora sorghi* were other commonly detected components of the seed mycoflora.

Introduction

La présence de champignons pathogènes sur ou dans les semences constitue un moyen particulièrement efficace de transmission et de dissémination de nombreuses maladies des plantes cultivées. De ce fait, l'analyse sanitaire des semences est une nécessité pour une stratégie de défense des cultures, notamment dans plusieurs pays d'Afrique où l'agriculture reste à un stade rudimentaire, alors que la production céréalière, mal orientée, est loin d'assurer l'auto-suffisance alimentaire.

En Haute-Volta, il existe un certain nombre de travaux d'inventaire (non publiés) touchant les maladies des céréales en végétation, mais la pathologie des semences a reçu jusqu'à présent peu d'attention. Cet état de fait nous a amené à

entreprendre une analyse de la mycoflore des semences du sorgho [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], culture vivrière de première importance pour la population de la Haute-Volta et des autres pays secs et chauds de l'Afrique.

Matériel et méthodes

Cinq variétés locales améliorées de sorgho grain, ont été retenues: la S-29 des récoltes 1975 et 1980 à Saria, la 139-2 (ou IRAT S8) de la récolte 1979 à Bobo Dioulasso, la Gnofing de la récolte 1980 à Boni, la Quedzouré de la récolte 1980 à Farakoba et la E35-1 de la récolte 1980 à Nakamtinga. Des lots de 200 g de semences par variété ont été obtenus du Service national des semences de Haute-Volta.

Pour isoler la mycoflore interne globale, un échantillon de 400 graines de chaque lot, sauf celui de S-29 de 1975, était trempé dans l'éthanol 70% pendant 20 secondes, puis désinfecté à l'hypochlorite de sodium à 1% pendant dix minutes; après plusieurs rinçages à l'eau distillée stérile,

¹ Contribution n° 226 de la Station de recherche d'Agriculture Canada, Sainte-Foy, Québec.

² Adresse actuelle: Laboratoire de protection des végétaux, B.P. 403, Bobo Dioulasso, Haute-Volta.

les graines furent essorées sur papier buvard stérile en boîte de Pétri. Elles furent ensuite placées sur un milieu malt gélosé (10 g de malt et 20 g de gélose par litre) en boîte de Pétri, à raison de 10 graines par boîte, pour être incubées à 32°C à l'obscurité. L'observation et l'identification des champignons qui se sont développés sur les graines eurent lieu après sept jours d'incubation.

Pour vérifier la présence de champignons au niveau de l'embryon, nous avons utilisé la technique d'extraction des embryons après macération des graines dans une solution de soude caustique (Neergaard, 1979). Un échantillon de graines d'au moins 30 g était trempé dans une solution de soude à 10% pendant 16 heures; les embryons furent ensuite récupérés à l'eau tiède au moyen d'une série de quatre tamis superposés (1,5, 2, 3 et 4 mm de diamètre de mailles). Les embryons recueillis furent éclaircis au lactophénool chaud pendant une heure. Le lactophénool était chauffé progressivement jusqu'à ébullition (pendant la seconde moitié du temps requis). Les embryons ainsi éclaircis furent colorés au bleu coton pendant deux heures, puis observés au microscope (40X), à raison de 400 embryons pour chaque lot de semences, pour la recherche de mycélium de champignon.

Pour préciser la localisation des champignons dans les autres parties de la graine, on a pratiqué, mais sur des semences du lot de S-29 de la récolte 1975 seulement, les manipulations complémentaires suivantes. D'abord pour mettre en évidence la mycoflore au niveau de l'endosperme, un échantillon de 400 graines fut désinfecté en surface, puis trempé dans l'eau distillée pendant une heure; par la suite, un brassage des graines dans un mortier permettait d'éliminer leurs enveloppes. Les graines ainsi dénudées furent de nouveau désinfectées comme précédemment; après rinçages et essorages, elles furent placées en boîte de Pétri sur milieu malt gélosé pour être incubées à 32°C à l'obscurité; l'identification des champignons fut faite après sept jours d'incubation.

Ensuite, pour faire ressortir la composition de la mycoflore du péricarpe et celle de surface, on a traité un échantillon de 400 graines selon le protocole décrit précédemment pour l'isolement de la mycoflore interne globale. Parallèlement à ces déterminations, nous avons fait de même à partir d'un échantillon de 400 graines non désinfectées mais incubées sur milieu malt gélosé, dans les mêmes conditions de température et d'obscurité. On a aussi procédé à l'examen des eaux de lavage des semences pour rechercher la présence de champignons qui croissent mal ou pas sur milieu gélosé, tels les charbons et les

mildious. Pour cela, quatre échantillons de 100 graines furent utilisés. Chaque échantillon était placé dans un tube à hémolyse contenant 2 mL d'eau stérile. Après une forte agitation à la main pendant une minute, on a retiré les graines à l'aide d'une aiguille lancéolée recourbée. On homogénéisait bien l'eau de lavage recueillie avant de déposer une goutte entre lame et lamelle pour l'identification des spores par observation microscopique. L'utilisation d'un hématomètre a permis d'estimer le nombre de spores des champignons recherchés par grain.

Résultats

L'analyse a révélé la présence d'une mycoflore abondante et diversifiée dans les semences utilisées (tableau I). On a constaté que 29 à 51% des graines de chaque lot étaient contaminées par des champignons appartenant à plusieurs genres et espèces. Les *Curvularia* constituent le genre le plus abondant alors que *Colletotrichum graminicola*, agent de l'antracnose, est l'espèce la plus commune. Parmi les autres champignons présents, on en a identifié six dont c'est la première mention sur semences de sorgho: *Bipolaris tetramera*, *Cephalosporium acremonium*, *Curvularia borrieriae*, *Curvularia ovoidea*, *Drechslera dematioidea* et *Rhynchosporium*.

L'examen des embryons a montré que l'agent du charbon nu, *Sphacelotheca cruenta* (Kühn) Potter, est absent de tous les lots de semences. Mais on a constaté que 2% des embryons en moyenne sont infectés par un autre champignon, vraisemblablement un *Curvularia*, dont le mycélium se localise le plus souvent au voisinage du point d'attache et ne se colore pas au bleu coton.

Par contre, l'examen des eaux de lavage du lot de S29 (récolte 1975) a révélé la présence de l'agent du charbon couvert, *Sphacelotheca sorghi*, dont on a compté une moyenne de 410 probasides par graine.

La plupart des champignons véhiculés par les semences se retrouvent presque toujours au moins en surface et fréquemment dans le péricarpe (tableau II). Mais on a aussi décelé certains organismes, plus particulièrement des *Curvularia*, jusque dans l'endosperme et même dans l'embryon comme précisé ci-dessus.

Discussion

Malgré le climat relativement sec de la Haute-Volta, environ la moitié des graines hébergeaient un agent fongique interne dans la plupart des

lots de semences examinés. Ainsi des graines d'apparence saine récoltées en Haute-Volta peuvent être porteuses de toute une gamme de champignons dont plusieurs sont des phytopathogènes réputés.

La majorité des principaux composants connus de la spermo flore du sorgho (El Shafie & Webster, 1981; Mathur *et al.*, 1975; Richardson, 1979) sont présents dans ces semences. De plus six de ces champignons sont signalés pour une première fois.

Au sein de la mycoflore mise en évidence, on peut distinguer deux groupes de pathogènes fongiques, en plus de l'agent du charbon couvert. Un premier groupe inclut des champignons responsables de moisissures des graines et de taches foliaires. Il comprend, entre autres, *Cephalosporium acremonium*, *Bipolaris cookei*, *Drechslera*

et *Exserohilum* et de nombreux *Curvularia*. Le deuxième groupe rassemble des agents de moisissure des grains et de pourriture de tiges et de racines, parmi lesquels on compte principalement *Colletotrichum graminicola*, *Fusarium moniliforme* et *Macrophomina phaseolina*.

L'espèce prédominante de tous les lots examinés est *Colletotrichum graminicola*, agent de l'antracnose. Il est reconnu comme un pathogène important du sorgho, du maïs et de beaucoup de graminées sauvages et cultivées (Betancourt Vallejo, 1978; Lebeau, 1950; Neergaard, 1979) qui peuvent servir de foyer d'inoculum. Ce champignon est signalé dans plusieurs pays comme un danger pour la culture du sorgho et capable de provoquer des pertes qui, par exemple, atteignaient jusqu'à 16% dans des champs d'essais de sorgho en Inde en 1979 (Mishra & Siradhana,

TABLEAU I

Recensement de la mycoflore interne globale chez cinq lots (variétés) de sorgho-grain récolté en Haute-Volta en 1979 ou 1980

Champignons	Pourcentage de graines contaminées					
	139-2	E35-1	Gnofing	Ouedzouré	S-29	\bar{X}
<i>Aspergillus niger</i> van Tiegh.	0,3	5,0	0,3	0,3	2,7	1,7
<i>Bipolaris cookei</i> (Sacc.) Shoem.	—	—	0,7	—	0,7	0,3
† <i>B. tetramera</i> (McKinney) Shoem.	—	—	—	—	1,7	0,3
† <i>Cephalosporium acremonium</i> Corda	9,3	2,7	2,7	4,3	0,3	3,9
<i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) Wilson	13,0	8,7	15,3	22,3	9,3	13,7
† <i>Curvularia borrieriae</i> (Viégas) M.B. Ellis	0,3	—	0,7	0,3	—	0,3
<i>C. brachyspora</i> Boedijn	—	2,7	0,7	—	1,3	0,9
<i>C. clavata</i> Jain	1,7	9,0	5,0	2,7	4,7	4,6
<i>C. crepinii</i> (Westend.) Boedijn	—	1,0	—	—	—	0,2
<i>C. eragrostidis</i> (P. Henn.) J.A. Meyer	0,7	1,0	2,3	1,3	0,3	1,1
<i>C. lunata</i> (Wakker) Boedijn	1,3	8,0	5,3	1,3	3,3	3,8
<i>C. lunata</i> var. <i>aeria</i> (Batista, Lima & Vasconcelos) M.B. Ellis	—	1,3	—	—	—	0,3
† <i>C. ovoidea</i> (Hiroe & Watan.) Muntañola	—	1,7	—	—	—	0,3
<i>C. pallescens</i> Boedijn	4,0	3,0	5,3	0,7	1,0	2,8
<i>C. penniseti</i> (Mitra) Boedijn	1,0	1,0	—	—	—	0,4
† <i>Drechslera dematioidea</i> (Bub. & Wrob.) Subram. & Jain	2,3	2,0	2,7	—	2,7	1,9
<i>Eurotium</i> spp.	—	—	0,7	—	—	0,1
<i>Exserohilum rostratum</i> (Drechs.) Leonard & Suggs emend. Leonard	—	1,7	2,4	0,7	0,3	1,0
<i>E. turcicum</i> (Pass.) Leonard & Suggs	0,3	—	—	—	—	0,1
<i>Fusarium</i> spp.	0,7	0,6	2,3	2,0	—	1,1
<i>F. avenaceum</i> (Corda ex Fr.) Sacc.	1,7	—	0,3	1,0	—	0,6
<i>F. graminearum</i> Schwabe	1,3	—	—	—	—	0,3
<i>F. moniliforme</i> Sheldon var. <i>moniliforme</i>	0,7	0,3	1,0	0,3	—	0,5
<i>Ramulispora sorghi</i> (Ellis & Everh.) Olive & Lefebvre	8,7	1,0	0,3	6,7	0,3	3,4
† <i>Rhynchosporium</i> spp.	1,7	—	0,3	2,3	0,3	0,9
<i>Thielavia</i> sp.	0,3	—	—	—	—	0,1
TOTAL	49,3	50,7	48,0	46,2	28,9	

† non encore signalé sur les semences du sorgho.

1979b). En Haute-Volta, ce pathogène est rencontré sur toutes les cultures de sorgho et d'une année à l'autre les dégâts sur feuilles (anthracnose) et tiges (pourriture rouge) sont considérables.

Que le *C. graminicola* ne puisse survivre plus de deux ans et demi dans les graines (Mishra & Siradhana, 1979a) pourrait expliquer son absence dans le lot S-29 de 1975. Comme la récolte était déjà vieille de quelques années au moment de l'analyse, le champignon a probablement dépéri. La présence du champignon dans les semences semble capitale pour la transmission de la maladie, puisque la survie de *C. graminicola* dans le sol semble limitée à quelques semaines seulement (Mishra & Siradhana, 1979a; Vizvary & Warren, 1982).

Bien que numériquement limités dans les différents lots de semences examinés, certains *Fusarium*, dont *F. moniliforme* sont des parasites

majeurs de la culture du sorgho, car ils sont les agents responsables de nombreux dégâts de type brûlure des semis et destruction des racines (Gourley *et al.*, 1977) et des inflorescences (Castor & Frederiksen, 1980).

Les semences de toutes ces variétés ont été produites par des instituts de recherches agronomiques qui soumettent les cultures à une bonne régie et traitent les semences avant de les porter au champ. L'absence de l'agent de charbon nu, dans nos lots de graines, pourrait ainsi s'expliquer. Les caractéristiques morphologiques du mycélium observé dans les embryons sont très proches de celles d'un *Curvularia*, en l'occurrence *C. lunata* déjà rencontré plusieurs fois dans les embryons de sorgho par Mathur *et al.* (1975).

Le charbon couvert, dont les spores polluent fortement les semences en surface, est regardé depuis longtemps comme le plus commun des quatre charbons connus chez le sorgho (Roger,

TABLEAU II

Distribution de la contamination fongique dans différentes parties de la graine d'un lot de semences de sorgho-grain récolté en Haute-Volta en 1975

Champignons	Présence dans les parties de la graine			
	Surface	Péricarpe	Endosperme	Embryon
<i>Alternaria</i> spp.	+			
<i>A. tenuissima</i> (Kunze ex Pers.) Wiltshire		+		
<i>Aspergillus</i> spp.	+	+		
<i>A. niger</i> van Tiegh.	+	+		
<i>Aureobasidium pullulans</i> (De Bary) Arnaud	+			
<i>Bipolaris</i> spp.		+		
<i>Chaetomium</i> spp.	+	+		
<i>C. globosum</i> Kunze ex Steud.	+			
<i>Curvularia</i> spp.	+	+	+	+
<i>C. brachyspora</i> Boedijn	+			
<i>C. clavata</i> Jain		+		
<i>C. crepinii</i> (Westend.) Boedijn			+	
<i>C. lunata</i> (Wakker) Boedijn	+	+		
<i>C. pallescens</i> (Mitra) Boedijn	+	+	+	
<i>C. penniseti</i> (Mitra) Boedijn	+	+		
<i>C. verruculosa</i> Tandon & Bilgr. ex M.B. Ellis	+			
<i>Drechslera</i> spp.	+	+		
<i>Exserohilum rostratum</i> (Drechs.) Leonard & Suggs emend. Leonard	+			
<i>Fusarium</i> spp.	+			
<i>F. moniliforme</i> Sheldon var. <i>moniliforme</i>		+		
<i>Macrophoma</i> spp.	+	+	+	
<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid	+	+		
<i>Mucor</i> spp.	+			
<i>Nigrospora oryzae</i> (Berk. & Br.) Petch		+		
<i>Penicillium</i> spp.	+	+		
<i>Phaeotrichoconis crotalariae</i> (Salam & Rao) Subram.	+			
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.	+			
<i>Sphacelotheca sorghi</i> (Link) Clinton	+			
<i>Thielavia</i> spp.	+			

1953; Viennot-Bourgin, 1974) et peut provoquer des dégâts importants en détruisant partiellement ou totalement les panicules.

Il est difficile de tirer des conclusions absolues quant aux différences liées aux zones de culture d'où proviennent les lots de semences, parce que chacune des cinq variétés examinées a été récoltée dans une zone particulière et même, dans un cas (la 139-2), une année différente. Il est cependant vraisemblable que les grands écarts de contamination entre échantillons, tels ceux observés pour *Cephalosporium acremonium*, *Curvularia clavata*, *C. lunata* et *Ramulispora sorghi* soient attribuables à un degré de vulnérabilité différent chez les cultivars, à l'effet des conditions climatiques de chacune des zones de culture, ou à l'interaction de ces deux facteurs. La présence de la plupart des composants de la spermo-flore obtenue dans chacun des lots de semences laisse cependant penser que la mycoflore anémophile est qualitativement la même d'une zone de production à une autre en Haute-Volta.

Dans les lots de semences examinés, on note enfin l'absence de certains pathogènes importants au plan mondial, tels *Periconia circinata* (Mangin) Sacc., agent de la maladie du milo et *Peronosclerospora sorghi* (Weston & Uppal) C.G. Shaw, agent du mildiou. Les deux maladies en question n'ont en effet pas encore été observées jusqu'à présent en Haute-Volta.

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre reconnaissance à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, notamment l'Agence canadienne de développement international (ACDI) pour son soutien financier accordé au premier auteur et le docteur G.A. Neish de l'Institut de recherches biosystématiques d'Agriculture Canada à Ottawa pour l'identification du *Fusarium moniliforme* var. *moniliforme*.

Références

- BETANCOURT VALLEJO, A., 1978. Sorghum diseases in Mexico. — Pages 22-28 in Proceedings of the International workshop on sorghum diseases, 11-15 December 1978, Hyderabad, India, 469 p.
- CASTOR, L.L. & R.A. FREDERIKSEN, 1980. Fusarium head blight occurrence and effects on sorghum yield and grain characteristics in Texas. — Plant Dis., 64: 1017-1019.
- EL SHAFIE, A.E. & J. WEBSTER, 1981. A survey of seed-borne fungi of *Sorghum bicolor* from the Sudan. — Trans. Br. mycol. Soc., 77: 339-342.
- GOURLEY, L.M., C.H. ANDREWS, L.L. SINGLETON & L. ARAUJO, 1977. Effects of *Fusarium moniliforme* on seedling development of sorghum cultivars. — Plant Dis. Rep., 61: 616-618.
- LEBEAU, F.J., 1950. Pathogenicity studies with *Colletotrichum* from different hosts on sorghum and sugar cane. — Phytopathology, 40: 430-438.
- MATHUR, S.K., S.B. MATHUR & P. NEERGAARD, 1975. Detection of seed-borne fungi in sorghum and location of *Fusarium moniliforme* in the seed. — Seed Sci. Technol., 3: 683-690.
- MISHRA, A. & B.S. SIRADHANA, 1979a. Studies on the survival of sorghum anthracnose (*Colletotrichum graminicolum*) pathogen. — Philippine Agric., 62: 149-152.
- MISHRA, A. & B.S. SIRADHANA, 1979b. Estimation of losses due to anthracnose of sorghum. — Indian J. Mycol. Plant Pathol., 9: 257.
- NEERGAARD, P., 1979. Seed pathology. Rev. ed. — The Macmillan Press Ltd, London, 1191 p.
- RICHARDSON, M.J., 1979. An annotated list of seed-borne diseases. 3rd ed. — Commonwealth Mycol. Inst. Phytopathol. Paper no. 23, 320 p.
- ROGER, L., 1953. Phytopathologie des pays chauds, tome II. — Paul Lechevalier, Paris, 1128 p.
- VIENNOT-BOURGIN, G., 1974. Rôle de la pathologie végétale dans les pays en voie de développement. — Agron. trop., 29: 19-27.
- VIZVARY, M.A. & H.L. WARREN, 1982. Survival of *Colletotrichum graminicola* in soil. — Phytopathology, 72: 522-525.

ANALYSES ET COMMENTAIRES

PROPOSITION D'UNE MÉTHODOLOGIE D'INVENTAIRE ÉCOLOGIQUE ADAPTÉE AU TERRITOIRE FORESTIER PÉRIURBAIN

L. BÉLANGER

*Département d'aménagement et sylviculture
Faculté de foresterie et de géodésie
Université Laval, Québec G1K 7P4*

J.-P. DUCRUC

*Service des inventaires écologiques
Ministère de l'Environnement du Québec
2360 chemin Sainte-Foy, Québec G1V 4H2*

et

M. PINEAU

*Département d'aménagement et sylviculture
Faculté de foresterie et de géodésie
Université Laval, Québec G1K 7P4*

Résumé

Une méthodologie d'inventaire écologique du territoire adaptée à la problématique du territoire forestier périurbain est proposée. Ayant reconnu que la démarche écosystématique convient bien à l'aménagement intégré du territoire, la méthodologie d'inventaire écologique du C.C.C.E.T. (Comité canadien de la classification écologique du territoire) est identifiée comme un cadre conceptuel particulièrement intéressant. Quatre niveaux de perception écologique de l'espace, impliquant trois unités de classification et trois unités cartographiques, ont été retenus: la région écologique, le sous-système écologique, le type écologique et la phase écologique. Du côté de la classification des sites, une redéfinition du type écologique et surtout de la phase écologique est proposée afin de mieux intégrer le facteur humain comme principale force écologique en milieu périurbain et de mieux convenir à certaines préoccupations d'aménagement. En ce qui a trait à la cartographie des sites, un nouveau niveau de perception écologique de l'espace, le sous-système écologique, a été élaboré. Inspiré de la notion de paysage, le sous-système écologique rend compte du facteur humain à l'aide du concept de *territorialité*. Le sous-système, se traitant bien à l'échelle 1: 25 000, constitue un niveau de perception écologique pratique en milieu périurbain.

Abstract

An ecological land survey method adapted to the needs of forest land management in an urban fringe context is proposed. Having recognized first of all that an ecosystematic approach is suitable for integrated land management, the ecological land survey method proposed by the CCELC (Canada Committee on Ecological Land Classification) is then identified as an interesting conceptual framework. Four levels of perception, consisting of three classification units and three mapping units, are adopted: the ecological region, the ecological sub-system, the ecological type and the ecological phase. In regard to site classification, redefinitions of the ecological type and especially of the ecological phase are proposed in order to integrate more satisfactorily the human factor as the principal ecological force in the urban fringe and to be more suitable for certain management problems. In as far as site mapping is concerned, a new level of perception, the ecological sub-system, has been developed. Based on the notion of landscape, the sub-system takes into account the human factor by introducing the concept of *territorialité*. The ecological sub-system, which works well on the scale of 1: 25 000, is a practical level of perception in the urban fringe.

Introduction

Dans le cadre d'un développement du territoire urbain axé sur la recherche de la qualité de la

vie, l'intégration de la dimension écologique se présente comme un moyen pratique d'optimiser les décisions d'aménagement (Bélangier & Pineau,

1983). Cette affirmation se justifie tout particulièrement pour les territoires périurbains, ces zones de transition entre le milieu urbain proprement dit et les milieux ruraux et naturels avoisinants (Russwurm, 1977), où des choix manifestes de type de développement existent encore.

La réalisation d'un tel cheminement, communément désigné par le vocable de *planification écologique* (Lang & Armour, 1980), se heurte toutefois à certains problèmes. Lors d'un colloque du Comité canadien de la classification écologique du territoire (C.C.C.E.T.) sur les régions urbaines, les participants soulignaient, entre autres, l'absence de données écologiques pertinentes pour la majorité des villes canadiennes (C.C.C.E.T., 1977a). Ils recommandaient conséquemment de créer une base de données écologiques de référence et, pour y parvenir, de développer des méthodes d'inventaire écologique originales qui puissent répondre aux besoins particuliers des zones urbaines.

Dans cette optique, le présent travail propose d'adapter la méthodologie d'inventaire écologique du territoire proposée par le C.C.C.E.T. (Jurdant *et al.*, 1975) aux problèmes particuliers d'un type de région périurbaine important au Québec: le territoire forestier périurbain. La forêt occupe, en effet, une place importante aux abords de plusieurs régions québécoises, situées, par exemple, dans les Laurentides et les Appalaches, ou encore dans certaines zones des basses-terres du Saint-Laurent peu propices à l'agriculture. Dans ces cas, le territoire périurbain se caractérise par la prédominance d'un milieu forestier entrecoupé d'étendus plus restreintes de type urbain, agricole, récréatif ou industriel.

Ce travail a été élaboré en deux étapes: d'abord la définition d'une démarche conceptuelle, puis l'adaptation d'une méthodologie. L'adaptation méthodologique s'est effectuée sur un territoire forestier pilote de 3000 ha (les contreforts de Beauport), situé à la périphérie de la Communauté urbaine de Québec (Bélanger, 1981), ce qui permet, par rétroaction, de valider et/ou d'améliorer les principes méthodologiques retenus. Il faut noter ici, que le milieu aquatique a été quelque peu négligé lors de l'adaptation, non pas parce que ce milieu n'apparaissait pas important aux auteurs, mais plutôt à cause de sa faible importance dans le territoire pilote étudié.

But et objectifs

L'inventaire écologique est un moyen de planification écologique de l'aménagement du territoire et non une fin en soi. Sa valeur se mesure

essentiellement à la façon dont il répond aux objectifs à atteindre. On ne peut donc pas l'isoler du contexte dans lequel il est entrepris. C'est pourquoi, avant de concevoir une telle activité, il est important de bien définir les objectifs et de bien s'assurer de la pertinence des moyens pour les atteindre (Jurdant, 1968; Lang, 1979).

Le but de l'inventaire écologique est de fournir une base de données écologiques suffisante pour évaluer les contraintes, les aptitudes ou les potentiels du milieu pour les occupations les plus courantes et/ou les affectations particulières. Il doit permettre de déterminer des unités d'aménagement en harmonie avec leurs caractéristiques écologiques, ainsi que leurs affectations préférentielles.

Pour un aménagement optimal du territoire et peut-être plus particulièrement encore en milieu urbain et périurbain, il faut réaliser l'inventaire écologique en tenant compte de la hiérarchie des besoins fondamentaux de l'homme (Bélanger & Pineau, 1983). Il devient alors plus facile de déterminer les objectifs spécifiques à atteindre dans la connaissance du territoire à aménager. Sur la base de priorités déduites de cette hiérarchie, un inventaire écologique approprié au milieu forestier périurbain doit permettre: 1) une délimitation des sites présentant des risques à la sécurité des personnes et des biens, entre autres, les zones d'inondation et de glissement de terrain; 2) une identification des contraintes et des aptitudes du territoire quant à l'approvisionnement en eau potable; 3) une détermination de la productivité du sol, notamment son potentiel forestier; 4) une identification des contraintes et des aptitudes du territoire pour le développement résidentiel; 5) une évaluation du degré de fragilité des écosystèmes naturels; 6) une appréciation de l'attrait récréatif du territoire, notamment pour les activités de plein air et la villégiature; 7) une identification des sites d'intérêt spécial au plan éducatif, culturel, esthétique ou scientifique.

Sélection d'une démarche méthodologique

Pour concevoir un inventaire écologique il existe divers cheminements conceptuels qui ont des implications spécifiques sur la suite, tant sur le plan théorique, méthodologique qu'opérationnel. Ces divers cheminements peuvent être regroupés sous trois titres: la démarche sectorielle unidisciplinaire, la démarche sectorielle pluridisciplinaire et la démarche écosystématique ou intégrée interdisciplinaire. Ainsi, la première étape dans l'élaboration d'une méthode d'inventaire écologique consiste à choisir la démarche qui convient le mieux à la problématique en présence.

DÉMARCHE SECTORIELLE UNIDISCIPLINAIRE

Chaque discipline scientifique a élaboré des méthodes adaptées aux particularités de son champ d'intérêt. La plupart des inventaires classiques répondent à cette préoccupation : inventaire dendrométrique, faunique, géomorphologique, phytosociologique. Cette démarche est appropriée lorsque le besoin de renseignements touche un problème unique et bien défini.

DÉMARCHE SECTORIELLE PLURIDISCIPLINAIRE

Dès qu'on aborde des problèmes plus globaux de planification, comme l'utilisation polyvalente du territoire, les besoins en données biophysiques sont plus détaillés et plus diversifiés. Dans l'approche pluridisciplinaire, des spécialistes de divers domaines étudient simultanément le même territoire, en utilisant les méthodes propres à leur discipline (Grandtner, 1968).

Lors de la synthèse des études sectorielles, le cadre biophysique est décrit par une superposition de facteurs cartographiés isolément (McHarg, 1969; Belzile, 1977). Dans un tel processus de travail, l'intégration des diverses variables écologiques ne se fait qu'au stade final du travail, d'où l'expression d'intégration *a posteriori* (Long, 1974).

La superposition des études sectorielles engendre, dès qu'on fait appel à un nombre important de facteurs, une mosaïque complexe difficilement déchiffrable dont plusieurs unités ont peu ou pas de signification (Thie *et al.*, 1979) et amène à négliger les interactions entre les diverses variables (Long, 1974; Jurdant *et al.*, 1977).

DÉMARCHE ÉCOSYSTÉMATIQUE
OU DÉMARCHE INTÉGRÉE INTERDISCIPLINAIRE

Dans cette démarche, l'apport des différentes disciplines est intégré à chaque étape du processus d'inventaire, de cartographie et de classification. Cette intégration *a priori* est basée, la plupart du temps, sur le concept d'écosystème (Long, 1974). Plutôt que de traiter un à un les facteurs biophysiques, on aborde le milieu de façon globale, ce qui, cartographiquement, se traduit par la définition d'unités géographiques de complexité croissante, selon le niveau de perception écologique de l'espace retenu. Chacune de ces unités se compose d'une communauté biologique, en interdépendance avec les facteurs abiotiques du milieu (Jurdant *et al.*, 1977). Unité spatiale visible, elle se délimite à partir de critères physiques et biologiques établis sur la base des objectifs poursuivis (Rowe, 1962).

Les avantages de la démarche écosystématique sont nombreux : 1) en intégrant dès le départ l'ensemble des facteurs biophysiques, elle obvie aux problèmes liés à la superposition des études sectorielles; 2) elle permet de présenter beaucoup d'informations écologiques sous une forme concentrée; 3) les mêmes unités étant utilisées pour les différentes interprétations, les comparaisons entre divers choix d'aménagement sont grandement facilitées; 4) l'unité de référence étant une unité géographique utilisable par tous les intervenants, elle doit logiquement constituer l'unité d'aménagement de base; 5) en intégrant les efforts opérationnels, les coûts d'un tel inventaire sont moindres.

Les plus grandes difficultés de cette démarche résident, d'une part, dans le fait de faire travailler des individus de formation différente à l'intérieur d'une même équipe (MacKintosh, 1979) et, d'autre part, dans la complexité de la formulation des résultats. Cette dernière difficulté est néanmoins minimisée lors de l'élaboration de documents interprétatifs (Jurdant *et al.*, 1977). L'interprétation des inventaires écologiques constitue alors dans cette approche une étape essentielle du processus de planification écologique (Bélangier & Pineau, 1983), faisant le lien entre les données brutes des documents scientifiques et l'utilisation de ces données par les divers agents de développement.

La démarche écosystématique, malgré ses difficultés semble constituer le moyen le plus efficace de rassembler l'information utile. C'est d'ailleurs cette démarche qui est recommandée par Wiken (1979) pour les inventaires écologiques en milieu urbain et qui est retenue dans le présent travail.

Méthode du C.C.C.E.T.

Plusieurs méthodes d'inventaire écologique ont été élaborées à partir de la démarche écosystématique, tout particulièrement en Europe, en Australie et au Canada. Parmi les plus importantes, soulignons les travaux de Bertrand (1968, 1972a, 1972b), de Long (1974) en France, de Howard & Mitchell (1980) en Angleterre et ceux effectués au Baden-Württemberg (Spurr & Barnes, 1973); ceux de l'école australienne (Christian & Stewart, 1968); ceux de Hills (1961), de Lacate (1969) et de Jurdant *et al.* (1977) au Canada.

Au Canada, la méthode d'inventaire écologique proposée par le Comité canadien de la classification écologique du territoire (C.C.C.E.T.) est la méthode écosystématique la plus largement utilisée (C.C.C.E.T., 1977b; 1979). Au Québec, le Comité d'écologie appliquée à l'aménagement

du territoire, dans son souci d'uniformiser l'information écologique, la propose d'ailleurs comme cadre de référence méthodologique (Jurdant *et al.*, 1976).

Dans la recherche d'une formule d'inventaire écologique adaptée à la problématique périurbaine en territoire canadien, la méthode du C.C.C.E.T. apparaissait donc comme un point de départ logique. Tout en respectant une certaine uniformité dans la démarche souhaitée par la plupart des écologues québécois, cette méthodologie semblait assez flexible pour s'adapter aux particularités des zones étudiées.

HISTORIQUE

La méthodologie du C.C.C.E.T. est le résultat d'un programme national amorcé à la suite de l'Inventaire des Terres du Canada. En 1969, un comité établissait les premières lignes directrices (Lacate, 1969). C'est en 1976 qu'Environnement Canada présidait à la formation du Comité canadien de la classification écologique du territoire, dans le but d'encourager le développement et l'application de l'approche écosystématique (Ironsides, 1980).

Au Québec, trois inventaires écologiques majeurs ont contribué au développement des concepts méthodologiques défendus au sein du C.C.C.E.T.: l'inventaire écologique du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Jurdant *et al.*, 1972), l'inventaire du capital-nature du Territoire de la Baie-James (Jurdant & Ducruc, 1980; Ducruc & Bérubé, 1980; Gerardin, 1980), l'inventaire du capital-nature de la Moyenne et Basse-Côte Nord.

Actuellement, le Service de la recherche du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec essaie d'adapter les recommandations du Comité d'écologie appliquée à l'aménagement du territoire à l'unité de gestion des Appalaches. À Environnement Québec, la méthode est appliquée dans les réserves écologiques. Une revue des projets entrepris au Québec selon la méthode du C.C.C.E.T. a été produite par Ducruc (1979).

CONCEPTS DE BASE

Le but de l'inventaire écologique est de classer et de cartographier le territoire en unités identifiées, caractérisées et nommées par les composantes biophysiques les plus permanentes de l'environnement qui reflètent le mieux les perspectives d'utilisation du milieu naturel (Jurdant *et al.*, 1977). L'inventaire écologique repose sur une intégration *a priori* des données climatiques, géologiques, géomorphologiques et végétales. Toutefois, les types géomorphologiques (*landforms*) constituent le cadre dans lequel sont décrites et classifiées

les autres variables biophysiques, le principe étant qu'ils affectent plus les autres facteurs écologiques qu'ils ne sont affectés par eux (Rowe, 1962, 1971).

La méthode se caractérise également par l'utilisation d'un système hiérarchique de classification et de cartographie écologique. L'élaboration d'un tel système découle des différences d'échelle et de précision requise des inventaires, en vue de répondre aux divers besoins de la planification écologique (Jurdant *et al.*, 1975). La méthode écologique du C.C.C.E.T. identifie cinq niveaux de perception écologique de l'espace, exprimés à des échelles correspondantes: la région écologique, le district écologique, le système écologique, le type écologique et la phase écologique. Le choix d'un niveau donné dépend principalement de la nature de l'information requise, du niveau de précision recherchée, de la superficie à inventorier, de la complexité du territoire et du temps alloué pour faire le travail.

On reconnaît maintenant que l'inventaire écologique comprend deux dimensions complémentaires: une dimension «classification» ou dimension taxonomique, issue de l'analyse de variables quantifiables échantillonnées, et une dimension «cartographique» issue principalement d'un exercice de photo-interprétation (Ducruc, sous presse). Trois des niveaux de perception écologique sont, à la fois, d'ordre taxonomique et d'ordre cartographique: la phase écologique (l'unité de base), le type écologique et la région écologique; alors que les deux autres niveaux de perception sont uniquement d'ordre cartographique: le système écologique et le district écologique.

Même s'il existe une démarche commune à tous les inventaires écologiques se rapportant au C.C.C.E.T., il n'y a pas, cependant, de procédé unique (Rowe, 1979). On retrouve plutôt une certaine diversité dans l'application de la méthode qui varie selon les objectifs poursuivis et les milieux étudiés.

Adaptation de la méthode du C.C.C.E.T. au territoire forestier périurbain

La méthodologie de classification et de cartographie écologique du C.C.C.E.T. a été initialement conçue pour effectuer des reconnaissances écologiques en milieu naturel, à moyenne ou petite échelle (Lacate, 1969). Les principaux objectifs étaient alors de déterminer les potentiels agricoles, forestiers, fauniques et récréatifs, tout comme l'Inventaire des Terres du Canada.

La spécificité du milieu périurbain et les problèmes particuliers d'aménagement qui s'y ren-

contrent, nous ont amenés à adapter cette méthodologie. En milieu périurbain et urbain, on doit considérer en premier lieu l'importance, l'abondance et la diversité des interactions entre l'homme et son milieu ambiant d'où la nécessité d'intégrer le facteur humain aux autres critères biophysiques. D'autre part, en raison des activités particulières au milieu périurbain, certaines variables, par exemple les facteurs géotechniques, prendront beaucoup plus d'importance. Enfin, l'intensité des interventions humaines dans une aire restreinte contraint à travailler à des échelles d'observation beaucoup plus grandes que celles normalement utilisées dans les milieux moins perturbés.

Par ailleurs, les objectifs du présent travail nous ont conduit à envisager les unités écologiques différemment des unités écologiques proposées originalement par le C.C.C.E.T. Nous avons recherché des unités naturelles à l'intérieur desquelles les facteurs écologiques posent des problèmes d'aménagement similaires plutôt que de rechercher des unités isoécologiques pures. Ceci signifie que les différences écologiques ne sont retenues que dans la mesure où elles impliquent des différences sensibles du point de vue de l'aménagement du territoire. L'accent passe de la connaissance écologique fondamentale à celui de l'utilisation pratique de cette information. Cette démarche n'est pas sans rappeler la notion de région homogène de Gagnon (1974).

Quatre niveaux de perception écologique de l'espace, impliquant trois unités de classification et trois unités cartographiques, ont été retenus (fig. 1). Chaque unité, en plus de correspondre à une échelle différente, exprime une information écologique particulière. Cinq d'entre elles correspondent à des unités taxonomiques ou cartographiques, analogues à celles identifiées dans la méthodologie du C.C.C.E.T. (Ducruc, sous presse): la région écologique taxonomique, le type écologique taxonomique et cartographique, ainsi que la phase écologique taxonomique et cartographique. La sixième unité, le sous-système écologique, est une nouvelle unité cartographique développée pour répondre à un besoin de synthèse au niveau local. La conception de ces unités, ainsi que le choix des critères écologiques, sont largement inspirés des travaux de Lacate (1969), Jurdant *et al.* (1977), Gimbarzevsky (1975, 1977), Allard *et al.* (1978) et Dansereau & Paré (1977).

région écologique, la définition initiale de ce niveau fut adoptée sans modifications. Cependant, pour les deux autres niveaux de classification, et notamment dans le cas de la phase écologique, les concepts originaux furent adaptés pour mieux correspondre aux particularités du territoire forestier périurbain et aux objectifs poursuivis.

Région écologique

Une région écologique se définit par un climat régional distinctif, appréhendé par un ensemble particulier de caractéristiques du couvert végétal: physionomie, structure, distribution d'espèces et chronoséquences (Ducruc, 1983; Gerardin & Ducruc, sous-*presse*). C'est une unité écoclimatique où des sites semblables supportent les mêmes chronoséquences végétales; une chronoséquence végétale correspond à l'ensemble des communautés végétales qui se succèdent sur un site donné, après perturbation, et s'identifie par le stade végétal final de la succession.

Une démarche permettant de définir les régions écologiques est décrite par Ducruc *et al.* (1976) et par Gerardin & Ducruc (1983). Damman (1979)

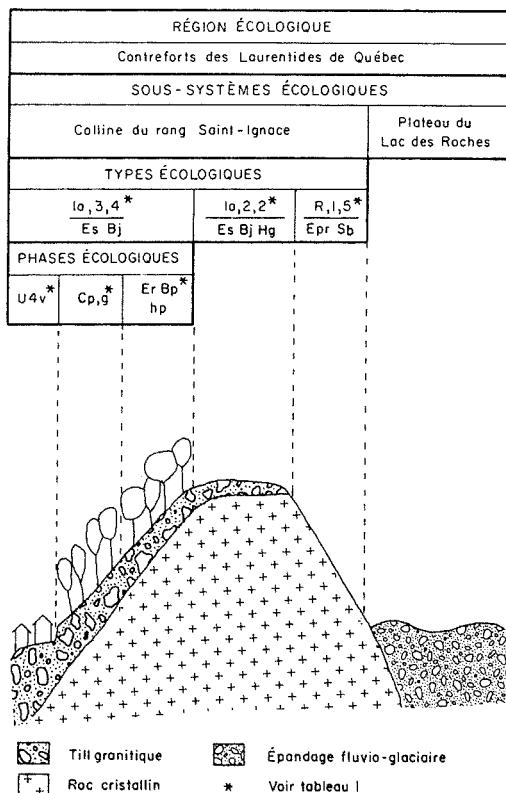


Figure 1. Les quatre niveaux de perception écologique de l'espace retenus.

UNITÉS DE CLASSIFICATION

Les trois niveaux taxonomiques, ou unités de classification, définis par le C.C.C.E.T. furent retenus pour l'inventaire écologique du territoire forestier périurbain. Dans un cas, soit pour la

décrit également certains critères permettant de reconnaître les différences climatiques à partir de différences dans la végétation. L'essentiel, pour définir une région écologique, consiste à comparer la distribution de la végétation sur des sites semblables quant à la roche-mère pédologique, à la position topographique, au drainage du sol et au stade de la chronoséquence.

La région écologique offre un cadre bioclimatique dans lequel il est possible de généraliser des observations sur le comportement de la végétation d'un site donné à tous les sites similaires. Ainsi, les prévisions quant à la réaction de la végétation à divers types d'intervention (coupes forestières, ouvrages de génie, récréation) peuvent se faire avec une plus grande assurance.

TABLEAU I

Signification des symboles utilisés dans les exemples présentés

<i>Origine et nature des dépôts</i>	
1a	Till non différencié
1a(R)	Till mince (0,3 à 1 m)
2a	Épandage fluvio-glaciaire
2b	Dépôt fluvio-glaciaire de contact
4c1	Dépôt lacustre sub-actuel à texture limoneuse
7b	Tourbière minérotrophe
8a	Talus d'éboulis
R	Roc cristallin

<i>Classes de drainage</i>	
1	Excessif
2	Bon
3	Modérément bon
4	Imparfait
5	Mauvais
6	Très mauvais
*	Eau tellurique qui circule

<i>Classes de pente</i>	
1	Terrain plat (0-2%)
2	Pente faible (2-10%)
3	Pente modérée (10-15%)
4	Pente forte (15-30%)
5	Pente très forte (30-50%)
6	Pente abrupte (> 50%)

<i>Espèces dominantes des groupements forestiers</i>			
Bg	Bouleau gris	Es	Érable à sucre
Bj	Bouleau jaune	Hg	Hêtre à granges feuilles
Bp	Bouleau à papier	Oa	Orme d'Amérique
Cp	Cerisier de Pennsylvanie	Pt	Peuplier faux-tremble
Epr	Épinette rouge	Sb	Sapin baumier
Er	Érable rouge	To	Thuja occidental

<i>Stades de développement</i>	
f	Fourré (dhp*: < 1 cm)
g	Gaulis (dhp: 1 à 9 cm)
bp	Bas perchis (dhp: 10 à 19 cm)
hp	Haut perchis (dhp: 20 à 29 cm)
jf	Jeune futaie (dhp: 30 à 39 cm)
*dhp	Diamètre à hauteur de poitrine

<i>Perturbations</i>	
cp	Coupe partielle

<i>Degré de transformation du milieu</i>	
U	Urbain
I	Industriel

<i>Type d'occupation du territoire</i>	
V	Villégiature
S	Sablière

Type écologique

Le type écologique taxonomique est défini par la combinaison d'une chronoséquence végétale (série de végétation) et d'une série de sol (Ducruc, sous presse). Cependant, Jurdant *et al.* (1977), devant la nature différente des activités en territoire agricole et non agricole, distinguent deux méthodes pour classer les types écologiques en se basant respectivement sur les critères biophysiques les plus importants pour l'agriculture et la foresterie.

De façon similaire, la notion de type écologique a été adaptée pour tenir compte des particularités du milieu forestier périurbain et des objectifs visés. L'accent a été mis sur les caractères physiques pour classer le sol, plutôt que sur les critères proprement pédogénétiques. Deux raisons justifient cette modification: (1) Les critères pédogénétiques se limitent à la partie altérée du dépôt meuble, avec une profondeur diagnostique qui ne dépasse pas 1 à 1,5 mètre. Or, pour de nombreuses interprétations portant sur les contraintes et les aptitudes du sol pour certaines activités urbaines, il est nécessaire de connaître les caractéristiques physiques du site sur une plus grande profondeur (Miller, 1978). Way (1973) suggère, conséquemment, l'emploi de la notion de sol utilisée par les ingénieurs civils, c'est-à-dire tout le dépôt meuble recouvrant l'assise rocheuse. (2) D'autre part, de nombreux caractères pédogénétiques ne correspondent pas non plus à des seuils écologiques significatifs (Dubé & Raymond, 1966; Doyon, 1975). Par contre, Major (1951) indique qu'il est plus profitable d'étudier la végétation en fonction de la roche-mère pédologique (matériau parental), plutôt qu'en fonction du sol, la précédente étant indépendante des autres facteurs de l'environnement. La roche-mère pédologique est exprimée dans la pratique comme une subdivision ou un regroupement des matériaux géologiques de surface (type géomorphologique) nécessaire pour l'obtention d'unités pédologiquement homogènes, notamment quant à la pierrosité, la texture, l'épaisseur du dépôt meuble et la superposition de matériaux d'origines diverses (S.I.E., 1981).

Pour caractériser le sol (au sens large du terme), nous avons donc adopté une démarche basée sur la caractérisation géotechnique et édaphique du type géomorphologique (*landform*). Plus spécifiquement, nous avons identifié les types écologiques à partir des cinq variables suivantes: 1) l'origine du type géomorphologique ou matériau géologique de surface; 2) la nature du type géomorphologique (texture, épaisseur, pierrosité); 3) la classe de drainage; 4) la classe de pente; 5) la chronoséquence végétale telle qu'identifiée par

le groupement forestier terminal. Ces variables ont été retenues à partir de deux types de critères: des critères géotechniques et des critères édaphiques.

Un inventaire écologique en milieu périurbain devrait permettre, en premier lieu, d'identifier des unités dans lesquelles les contraintes géotechniques pour le développement urbain sont relativement uniformes. Poursuivant un objectif identique, Way (1973) propose une classification basée sur l'identification de l'origine et de la nature des types géomorphologiques. Des méthodes similaires sont utilisées par l'Institut d'aménagement forestier du Service canadien des forêts (Gimbarzevsky, 1977) et le laboratoire de géomorphologie de l'Université Laval (Allard *et al.*, 1978). Les premiers utilisent des *land types* définis par l'origine géomorphologique du dépôt meuble, la topographie locale, l'humidité, la texture et l'épaisseur du sol; alors que les seconds définissent le type géomorphologique, un pendant du type écologique, caractérisé uniquement à partir de variables physiques comme le type de dépôt, la texture, l'épaisseur du sol et la classe de drainage. Les variables utilisées par ces deux groupes sont à peu près les mêmes que celles utilisées par le Service de la géotechnique du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (Maranda, 1977; Lebus, 1979): le type de dépôt, l'épaisseur, le comportement de la nappe phréatique, la pente du terrain et les propriétés mécaniques du sol.

Dans le contexte forestier périurbain, il est également important de prendre en considération les caractéristiques édaphiques qui influencent la composition, la dynamique et la productivité de la végétation. Dans une région écologique donnée, on devrait retrouver une seule chronoséquence végétale par type écologique. Dans la région écologique des contreforts des Laurentides (région où se situe l'inventaire écologique que nous avons entrepris à l'aide de la méthode proposée), les études de Jurdant (1968), de Lalumière (1979), de Thibault (1979) et de Gagnon & Marcotte (1980) s'accordent sur les caractéristiques physiques de la roche-mère pédologique les plus discriminantes pour la végétation: la nature et l'origine du type géomorphologique, la texture du sol, l'épaisseur du dépôt, le drainage et la situation topographique. Ce sont donc les mêmes variables que celles retenues précédemment. Il faut cependant s'assurer que les classes adoptées pour chacune d'elles correspondent bien à des seuils écologiques significatifs pour la végétation.

Le type écologique, étant ainsi homogène sur les plans géotechnique et édaphique, pourra être utilisé pour entreprendre plusieurs interprétations

liées à l'urbanisation, à l'aménagement forestier et à la récréation (Bélanger, 1981) et identifiées lors de la définition des objectifs.

Suite à cette adaptation, le type écologique taxonomique se redéfinit comme une *unité caractérisée par des propriétés géotechniques et édaphiques relativement uniformes et une chronoséquence végétale particulière* (fig. 2).

Épandage fluvio-glaciaire très épais; bien drainé; pente de 2 à 10%; sapinière à épinette rouge et érable rouge.	Till granitique mince; modérément bien drainé; pente de 15 à 30%; érablière à bouleau jeune.
$\frac{2a,2,2}{Sb\ Epr\ Er}^*$	$\frac{1a(R),3,4}{Es\ Bj}^*$

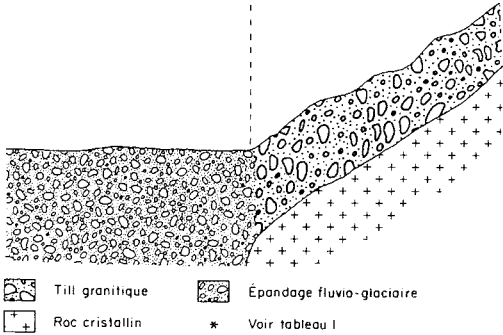


Figure 2. Le type écologique: unité écologique caractérisée par des propriétés géotechniques et édaphiques relativement uniformes et une chronoséquence végétale particulière. Le symbole cartographique proposé est composé au numérateur de 3 codes désignant respectivement l'origine et la nature du dépôt meuble, la classe de drainage et la classe de pente, et au dénominateur du code des groupements végétaux stables de la chronoséquence végétale.

Phase écologique

La phase écologique taxonomique est l'unité écologique correspondant au niveau de perception écologique de l'espace le plus détaillé de la méthodologie proposée par le C.C.C.E.T. On peut la considérer comme une subdivision du type écologique, liée à ce qui existe présentement sur le site.

Ducruc (sous presse) définit la phase écologique comme la combinaison d'un type de végétation et d'une série de sol. Bien que satisfaisante dans les régions naturelles, cette définition pose cependant des problèmes lorsqu'on veut l'appliquer aux régions urbaines et périurbaines où se

retrouvent beaucoup de surface modifiées par l'homme (centres commerciaux, zones résidentielles, carrières, etc.). Comment caractériser la phase écologique en l'absence d'un couvert végétal naturel?

Il est donc essentiel, dans le contexte d'un inventaire écologique du territoire forestier périurbain, d'élargir la base conceptuelle du niveau de perception propre à la phase écologique, de manière à intégrer de façon appropriée l'activité humaine. Dansereau (Dansereau, 1976; Dansereau & Paré, 1977) propose, à partir d'un modèle élargi de la notion traditionnelle de l'écosystème dans lequel sont incorporés des éléments anthropiques (tels que le cadre économique et socio-culturel), une méthode de classification de l'occupation des terres qui associe la classification de l'utilisation du territoire et la classification des écosystèmes naturels.

En s'inspirant de ces travaux, la phase écologique taxonomique est redéfinie ici comme une *unité caractérisée par des propriétés géotechniques et édaphiques relativement uniformes et par un type particulier d'occupation actuelle du sol* (fig. 3). Les phases écologiques peuvent alors

Épandage fluvio-glaciaire, sablo-graveleux, très épais; bien drainé; pente 2 à 10%		
Tremblaie à bouleau gris; stade gaulis.	Zone urbaine; résidentielle; villégiature.	Sapinière à épinette rouge; stade perchis.
$\frac{P1\ Bg,g}{2a,2,2}^*$	$\frac{U,4,V}{2a,2,2}^*$	$\frac{Sb\ Epr, bp}{2a,2,2}^*$

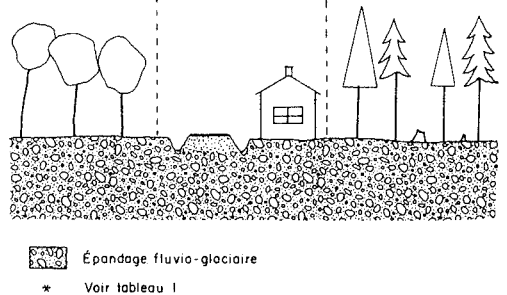


Figure 3. La phase écologique: unité caractérisée par des propriétés géotechniques et édaphiques relativement uniformes et par un type particulier d'occupation actuelle du sol. Le symbole cartographique proposé indique au numérateur, soit le groupement forestier pour les phases écologiques naturelles, soit le type d'utilisation pour les phases anthropiques. Au dénominateur est indiqué l'origine et la nature du dépôt meuble, la classe de drainage et la classe de pente.

se regrouper en deux catégories: les phases écologiques naturelles et les phases écologiques anthropiques.

La classification des *phases écologiques naturelles* se fait à partir de la variabilité de la végétation au sein du même type écologique. Jurdant *et al.* (1977) proposent le type de végétation, qu'ils définissent comme le taxon phytosociologique du rang le plus bas qu'il est possible de décrire selon les seuls critères floristiques. Dans le contexte qui nous préoccupe ici, nous préférons le concept de groupement forestier proposé par Lafond & Ladouceur (1968): une unité phytosociologique significative du point de vue de l'inventaire et de l'aménagement forestier qui peut être identifiée, dans la majorité des cas, sur une photographie aérienne [1 : 15 000(?)]. L'accent est mis sur la strate arborescente à cause de son importance pour la production de la matière ligneuse, de son influence prédominante sur l'esthétique du site, et de sa «photo-interprétabilité».

Les *phases écologiques anthropiques* sont identifiées à partir de critères semblables à ceux de Dansereau & Paré (1977), mais de façon simplifiée. Les classes d'utilisation sont basées sur trois critères: le degré d'impact de l'homme sur le milieu (occupation rurale, industrielle et urbaine), le genre d'intervention ou d'exploitation et le type précis d'occupation du territoire.

Les interprétations, quant aux potentiels, aptitudes et contraintes du territoire, qui nécessitent une information sur l'état actuel du site, peuvent se faire à l'aide de la phase écologique. Nous pensons notamment aux interprétations liées à l'évaluation des priorités d'intervention sylvicole, à l'évaluation esthétique d'un site, à l'identification des sites d'intérêt spécial, à l'évaluation de la tolérance d'un boisé à la récréation, etc.

UNITÉS CARTOGRAPHIQUES

Nous avons retenu trois niveaux de perception écologique de l'espace auxquels correspondent trois unités écologiques cartographiques pour cartographier le milieu forestier périurbain. Partant du particulier au général, ces unités sont la phase écologique cartographique, le type écologique cartographique et le sous-système écologique.

Les deux premiers niveaux, soit la phase écologique cartographique et le type écologique cartographique, ont déjà été identifiés dans la méthodologie du C.C.C.E.T. (Ducruc, sous presse). Par contre, la troisième unité cartographique adoptée, le sous-système écologique, se rapporte à un nouveau niveau de perception écologique

développé ici pour répondre à certains besoins propres au contexte périurbain.

Il est bon de noter ici que la cartographie d'un niveau donné de perception écologique de l'espace, ne nécessite pas la délimitation des unités cartographiques de niveau inférieur.

Phase écologique cartographique

La phase écologique cartographique correspond à *une portion du territoire dont les propriétés géotechniques et édaphiques et le type d'occupation actuelle du sol sont relativement uniformes.*

La cartographie des phases écologiques fait appel à de très grandes échelles (1 : 5 000 et plus grand), dans un milieu aussi perturbé et complexe que le territoire forestier périurbain. Les éléments cartographiques sont identifiés ou interprétés sur photographies aériennes, en subdivisant les types écologiques sur la base des divers états de l'occupation actuelle du sol, soit selon les groupements forestiers pour les zones naturelles, soit selon l'utilisation anthropique du sol pour les zones altérées par l'homme; ces deux groupes de subdivisions étant photo-interprétables.

La carte des phases écologiques n'est pas, cependant, une carte permanente du milieu et doit être constamment mise à jour, contrairement à la carte des types écologiques. Sa réalisation doit donc correspondre à des besoins d'aménagement précis et à court terme.

Type écologique cartographique

Le type écologique cartographique est défini ici comme *une portion du territoire dont les propriétés géotechniques et édaphiques sont relativement uniformes.* Le découpage géographique est réalisé en identifiant ou en interprétant sur des photographies aériennes à grande échelle (1 : 20 000 au 1 : 10 000), des discontinuités parmi les paramètres suivants: les formes de terrain, la nature des dépôts de surface, la position topographique, la forme de la pente, la longueur de la pente, la force de la pente, le réseau de drainage superficiel, les variations dans la physionomie, la structure et la composition du couvert végétal.

Chaque élément cartographique est identifié à l'aide de symboles cartographiques pour l'origine et la nature du type géomorphologique, la classe de drainage et la classe de pente. Par ailleurs, pour exprimer la relation sol/végétation, nous avons utilisé un moyen similaire à celui de Gagnon & Marcotte (1980), identifiant, pour chaque type

écologique, le groupement forestier final de la chronoséquence végétale.

La carte des types écologiques constitue une carte biophysique durable, qui n'a pas à être périodiquement mise à jour comme une carte de la végétation ou de l'utilisation du sol, puisqu'elle est basée sur des caractéristiques stables et permanentes du milieu.

Sous-système écologique

Il s'avère souvent nécessaire, pour des fins d'aménagement du territoire périurbain, d'avoir une perception globale et synthétique de tout l'espace étudié. Toutefois, la cartographie au niveau du type écologique et, *a fortiori*, au niveau de la phase écologique, se révèle souvent trop détaillée, pouvant fréquemment produire un nombre impressionnant d'unités cartographiques dans un territoire donné; dans ces cas, la nécessité d'un niveau de perception cartographique plus général est manifeste. Le niveau recherché devra cependant continuer d'être significatif pour la planification écologique, notamment, pour contribuer au macrozonage du territoire (la délimitation de zones préférentielles d'affectation), étape préalable à la détermination d'unités d'aménagement en harmonie avec les caractéristiques écologiques du milieu (Ordres des agronomes et des ingénieurs forestiers du Québec, 1975) et l'un des buts visés dans ce travail.

Il devrait également être un outil de vulgarisation écologique à la portée de la population et des administrateurs municipaux, du moins de façon intuitive et donc refléter la réalité vécue et ressentie par la population.

Dans la méthode d'inventaire écologique du C.C.C.E.T., c'est le système écologique qui constitue, dans la hiérarchie de perception écologique de l'espace, la première unité cartographique dont l'échelle est plus petite que le type écologique. Il se définit comme une portion du territoire caractérisée par un pattern propre du relief, des matériaux géologiques de surface, des sols, des chronoséquences végétales et des plans d'eau (Jurdant *et al.*, 1977). Le système écologique correspond à une unité complexe du paysage géographique visible (Ducruc & Bérubé, 1980; Ducruc, sous presse). C'est une entité naturelle perceptible sur le terrain et les photographies aériennes.

L'objectif premier du système écologique est de servir d'unité cartographique pour des reconnaissances écologiques à moyenne échelle (1 : 125 000 ou plus petit). Or, en milieu urbain, il est reconnu qu'une échelle plus petite que le 1 : 25 000 n'a pas beaucoup d'utilité (Dorney, 1977; Dan-

sereau & Paré, 1977). De plus, le système écologique tel que défini ne considère pas directement les facteurs humains tels que l'histoire de l'utilisation du territoire ou le degré d'artificialisation du milieu. Ainsi, dans le contexte urbain et périurbain, le système écologique apparaît comme une unité cartographique peu pratique.

Il nous est alors apparu nécessaire de proposer un nouveau niveau de perception écologique, le sous-système écologique, qui tout en assimilant les grands principes élaborés pour le système écologique, les adapte au milieu urbain. Nous avons retenu, plus particulièrement, le principe de découpage géographique du paysage en recherchant les discontinuités majeures parmi les éléments constitutifs du «squelette» géographique: la géologie, le relief, les dépôts de surface, les plans d'eau, etc. (Ducruc & Bérubé, 1980). Cependant, en adoptant une échelle cartographique variant du 1 : 20 000 au 1 : 50 000, il est possible de cartographier des unités de paysage simples, au sens large de Lacate (1969), constituées de types géomorphologiques d'origine

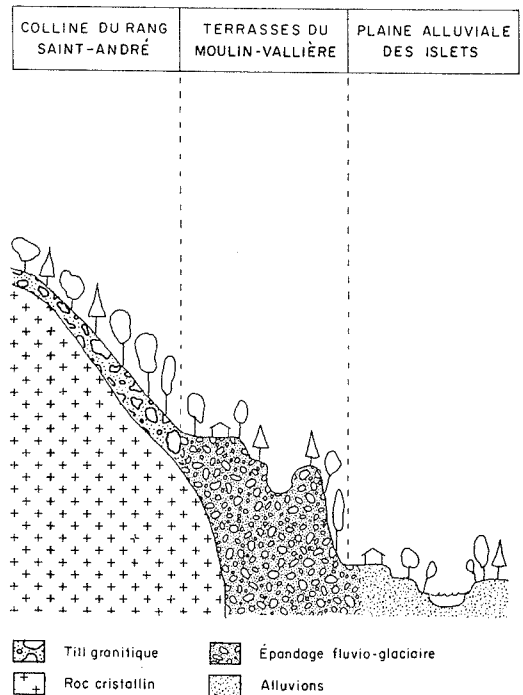


Figure 4. Le sous-système écologique: portion de territoire caractérisée par une unité de paysage simple, relativement homogène quant à ses caractéristiques géologiques, topographiques et géomorphologiques, et par un certain développement territorial perçu par l'histoire de l'utilisation du territoire ou par l'identification du territoire par la population locale.

similaire, en opposition aux systèmes écologiques, unités plus complexes du paysage, formées le plus souvent (dû à l'échelle) de plusieurs types géomorphologiques contigus. Cette démarche n'est pas sans affinités avec les *landscape units*, définis par le Centre de recherche forestière du

Pacifique pour évaluer l'aptitude d'un territoire à l'urbanisation (Eis & Oswald, 1975; Hirvonen, 1977).

Par ailleurs, nous avons également cherché à intégrer l'élément humain dans la définition du sous-système. Le concept de territorialité, concept

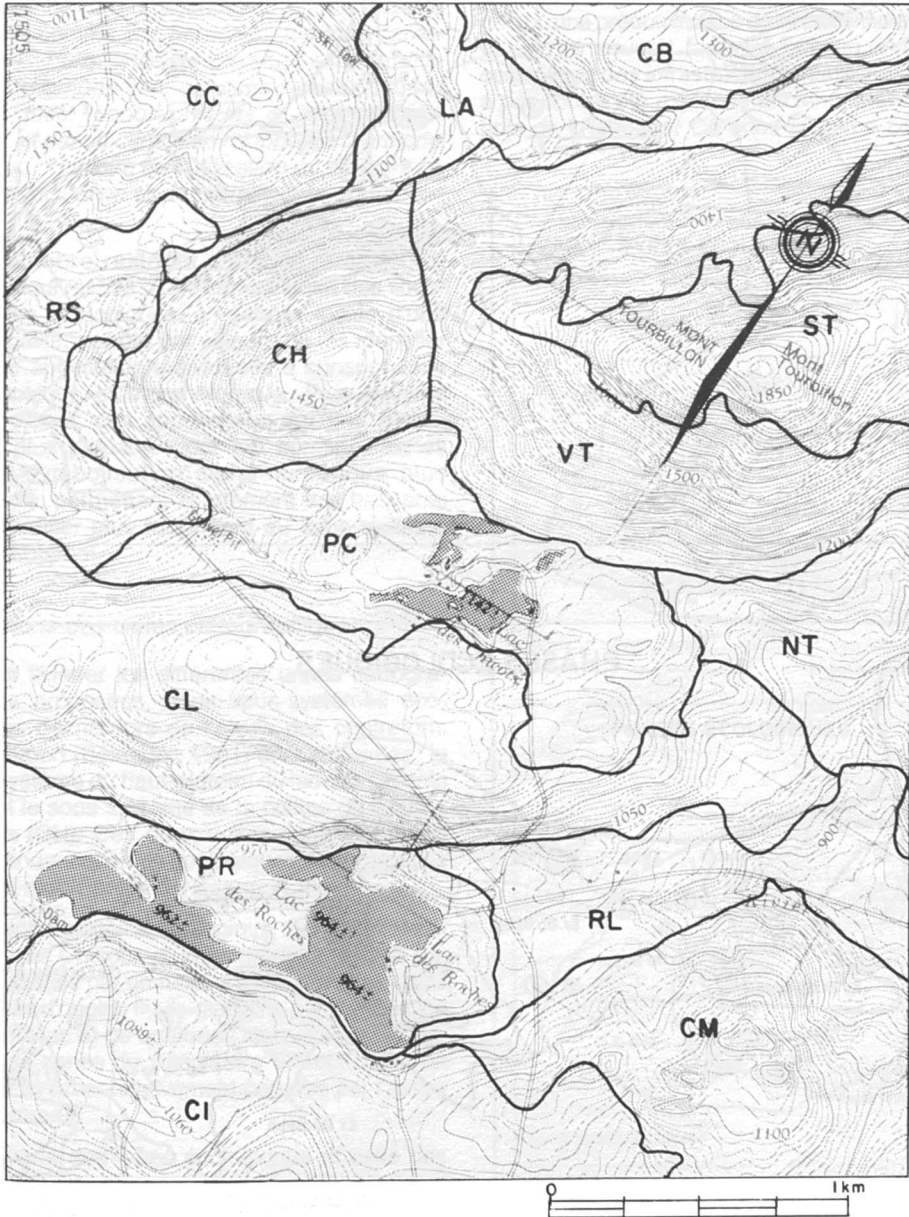


Figure 5. Des sous-systèmes écologiques des contreforts de Beauport (tiré de Bélanger, 1981). CB- colline du lac Beauport, CC- colline du mont St-Castin, CH- colline du lac des Chicots, CI- colline du rang Saint-Ignace, CL- colline du rang Saint-Louis, CM- colline du rang Sainte-Marie, LA- coulée du Château-du-Lac, NT- niche de montagne du mont Tourbillon, PC- haut-plateau du lac des Chicots, PR- haut-plateau du lac des Roches, RL- coulée de la rivière du Lac, RS- vallon de la rivière des Sept Ponts, ST- sommet du mont Tourbillon, VT- versants du mont Tourbillon.

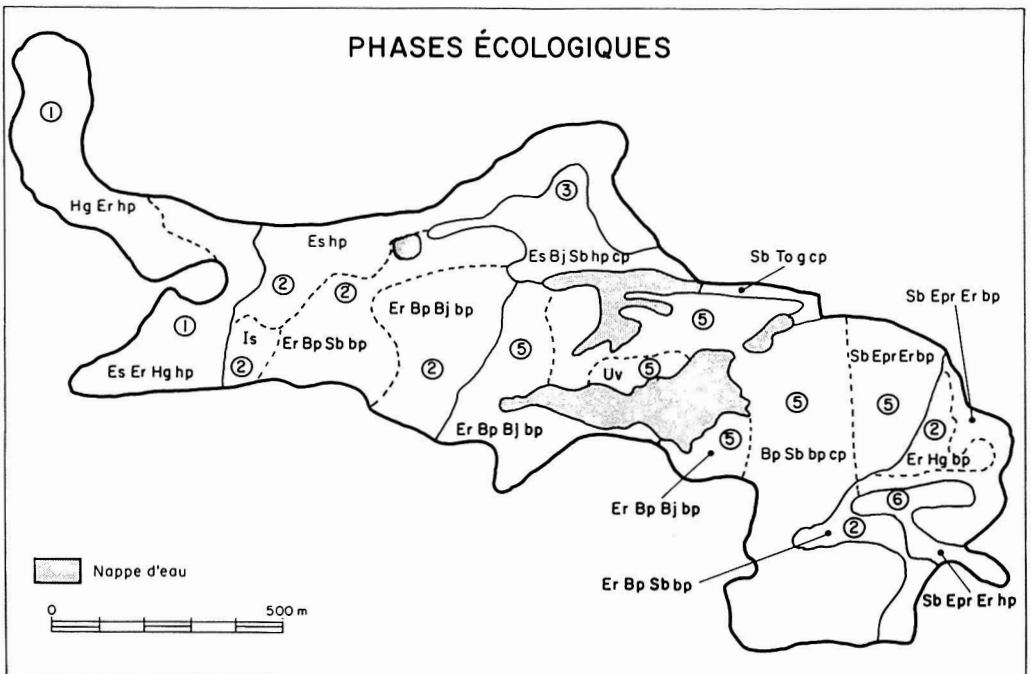
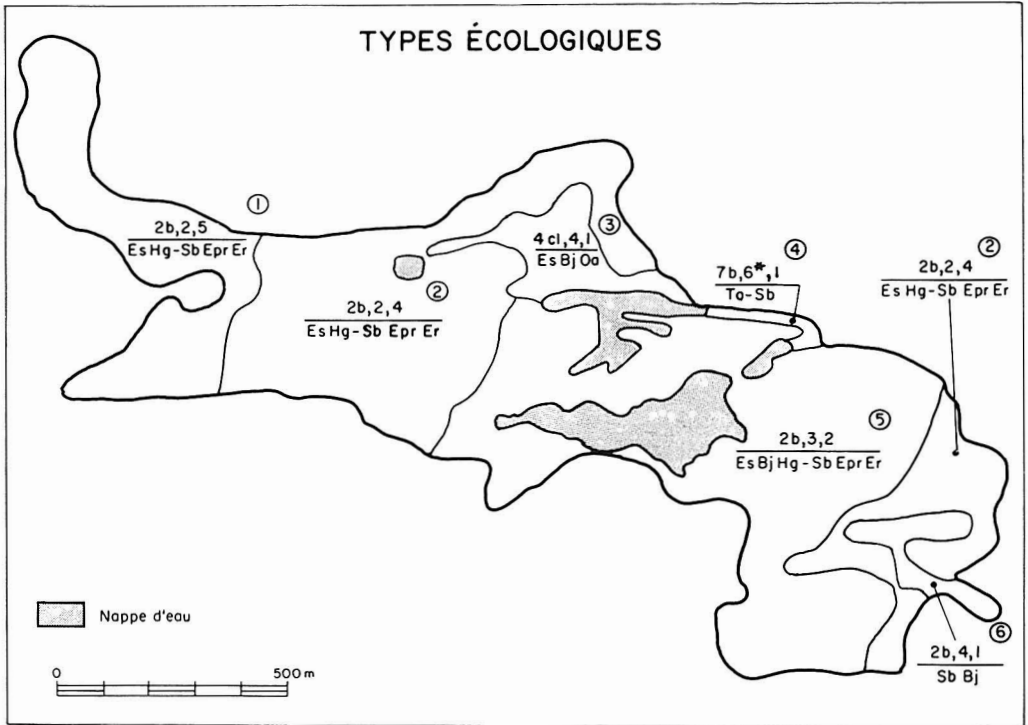


Figure 6. Cartographie des types écologiques et des phases écologiques du sous-système écologique du haut-plateau du lac des Chicots (PC) (tiré de Bélanger, 1981). Les numéros encadrés sont des numéros d'identification des types écologiques utilisés exceptionnellement, faute d'espace dans la figure réduite.

qui se rapproche quelque peu de celui de terroir (Bertrand, 1975) et défini comme étant la découverte progressive des potentialités d'un lieu et leur mise à contribution (Bresso & Raffestin, 1979; Gaudreau, 1980), nous est apparu particulièrement intéressant.

À partir de ces considérations, le sous-système est défini comme *une portion du territoire caractérisée par une unité de paysage simple, relativement homogène quant à ses caractéristiques géologiques, topographiques et géomorphologiques, et par un certain développement territorial perçu par l'histoire de l'utilisation du territoire ou par l'identification du territoire par la population locale* (fig. 4).

Le nombre restreint d'éléments cartographiques qui résulte d'une cartographie des sous-systèmes écologiques, à l'échelle locale d'une municipalité, permet par ailleurs de les identifier par une appellation individuelle à consonance géographique et morphologique. Plus souvent qu'autrement, ces appellations ont une signification plus palpable pour les non-spécialistes qu'une symbolisation alpha-numérique plus complexe, permettant notamment aux habitants de s'identifier plus facilement au sous-système qu'ils occupent.

Illustrations des unités cartographiques

Pour illustrer les différentes unités cartographiques proposées, deux sous-systèmes écologiques décrits lors de l'étude des contreforts de Beauport (Bélangier, 1981) sont présentés : le sous-système du haut-plateau du lac des Chicots (PC) et le sous-système de la colline du lac des Chicots (CH). Ces deux unités comptent parmi les 39 sous-systèmes écologiques cartographiés dans la municipalité de Beauport (fig. 5).

Le sous-système écologique du haut-plateau du lac des Chicots, d'une superficie de 110 ha, se caractérise par un relief ondulé, par des dépôts très épais d'origine fluvioglacière, par la présence d'un petit lac et de quelques marais et par l'existence de zones de villégiature entrecoupant un couvert forestier relativement perturbé par l'action de l'homme.

La carte des types écologiques et celle des phases écologiques sont présentées dans la figure 6. On y trouve six types écologiques se différenciant par l'origine du dépôt, le drainage et la pente. La carte des phases écologiques de ce sous-système est relativement complexe. Elle reflète une utilisation assez importante par l'homme au plan récréatif et forestier. La plupart des types écologiques se trouvent ainsi subdivisés en plu-

sieurs phases écologiques, tant naturelles qu'anthropiques.

Le sous-système écologique de la colline du lac des Chicots borde au nord le sous-système précédent. D'une superficie de 70 ha, c'est l'un des plus petits sous-systèmes cartographiés à Beauport. Il se caractérise par un relief montagneux, une prédominance de till laurentidien mince et par un couvert forestier continu. Sans être occupé par des infrastructures humaines, la forêt a par contre été exploitée anciennement pour le bois de chauffage. Ce sous-système compte 4

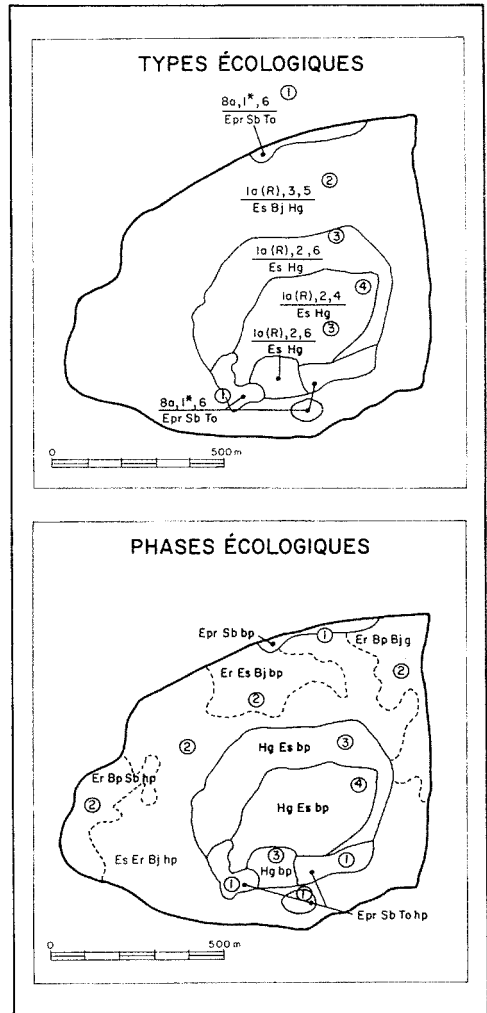


Figure 7. Cartographie des types écologiques et des phases écologiques du sous-système écologique de la colline du lac des Chicots (CH) (tiré de Bélangier, 1981). Les numéros encadrés sont des numéros d'identification des types écologiques utilisés exceptionnellement, faute d'espace dans la figure réduite.

types écologiques se différenciant surtout par leur pente (fig. 7). Due à une certaine inaccessibilité liée aux fortes pentes, la forêt est beaucoup moins perturbée que le sous-système précédent, ce qui se traduit par une carte des phases écologiques plus simple. Ainsi, dans plusieurs cas, les limites de la phase écologique correspondent à celles des types écologiques.

À partir de ces cartes écologiques et avec l'aide de clés d'interprétation, on peut tirer différentes évaluations du territoire. Par exemple, les interprétations des tableaux II et III, construits grâce à des clés élaborées par Bélanger (1981), illustrent certaines possibilités d'utilisation de l'information tirée à même les types écologiques. Ainsi, on voit notamment que la colline du lac des Chicots pose de très sévères contraintes à plusieurs activités liées à l'urbanisation, alors que ces contraintes sont faibles à modérées pour la majeure partie du haut-plateau du lac des Chicots.

Conclusion

Cette proposition d'inventaire écologique vient apporter une solution aux problèmes de descrip-

tion écologique des sites forestiers périurbains, en donnant principalement plus d'importance au facteur humain. Appliquée jusqu'ici aux contreforts de Beauport dans la Communauté urbaine de Québec, la méthode a répondu de façon satisfaisante aux objectifs fixés. Il y a lieu de penser, toutefois, que des applications subséquentes pourront être l'occasion de polir certains éléments de description pour en faire un outil de planification écologique encore plus efficace. Une telle méthode qui permet de circonscrire les aptitudes et contraintes des terres habitées pourrait faciliter de façon notoire une bonne affectation du territoire périurbain.

Remerciements

Nous remercions René Gagné, Marcel Gros-Louis, Jacinthe Marceau et Jean-Claude Ruel qui ont participé à la préparation de ce manuscrit. Nos remerciements s'adressent également à la Faculté de foresterie et de géodésie de l'Université Laval et à Environnement Canada pour l'aide financière accordée.

TABLEAU II

Interprétations pour l'aménagement du territoire:
le sous-système écologique du haut-plateau du lac des Chicots (PC)

	Types écologiques						Synthèse pour l'ensemble du sous-système
	$\frac{2b,2,5}{EsHg-SbEprEr}$	$\frac{2b,2,4}{EsHg-SbEprEr}$	$\frac{4c1,4,1}{EsBjOa}$	$\frac{7b,6^*,1}{ToSb}$	$\frac{2b,3,2}{EsBjHg-SbEprEr}$	$\frac{2b,4,1}{SbBj}$	
Numéro d'identification du type	1	2	3	4	5	6	
Superficie relative	15%	35%	5%	2%	40%	3%	
INTERPRÉTATIONS							
Contraintes à la construction d'habitations (a)	4	2	2	4	1	2	1 ⁴ 2 ⁴ 4 ² (d)
Contraintes à la construction de routes (a)	3	2	2	4	1	1	1 ⁴ 2 ⁴ 3 ²
Contraintes à l'excavation (a)	3	2	1	4	1	1	1 ⁴ 2 ⁴ 3 ²
Aptitude des sols pour les installations septiques (b)	3	1	3	3	2	3	2 ⁴ 1 ⁴ 3 ²
Risques d'érosion (a)	4	2	2	1	1	1	1 ⁴ 2 ⁴ 4 ²
Potentiel des sols pour la production de matière ligneuse (c)	4	4	3	5	3	4	4 ⁶ 3 ⁴
Contraintes pour les activités de randonnée (a)	4	2	3	4	2	3	2 ⁷ 4 ² 3 ¹

(a) 1. faibles à nulles, 2. modérées, 3. sévères, 4. très sévères;

(b) 1. élément épurateur classique, 2. filtre à sable hors-sol, 3. site inapte pour les installations septiques;

(c) 3. bon, 4. moyen, 5. faible, 6. très faible, 7. nul;

(d) Les exposants indiquent la proportion d'une classe dans le sous-système écologique.

TABLEAU III

Interprétations pour l'aménagement du territoire:
le sous-système écologique de la colline du lac des Chicots (CH)

	Types écologiques				Synthèse pour l'ensemble du sous-système
	<i>8a, 1*, 6</i> <i>EprSbTo</i>	<i>1a(R), 3, 5</i> <i>EsBjHg</i>	<i>1a(R), 2, 6</i> <i>EsHg</i>	<i>1a(R), 2, 4</i> <i>EsHg</i>	
Numéro d'identification	1	2	3	4	
Superficie relative	5%	65%	15%	15%	
INTERPRÉTATIONS					
Contraintes à la construction d'habitations (a)	4	4	4	3	4°3'(d)
Contraintes à la construction de routes (a)	4	4	4	4	4
Contraintes à l'excavation (a)	4	4	4	4	4
Aptitude des sols pour les installations septiques (b)	3	3	3	3	3
Risques d'érosion (a)	4	4	4	4	4
Potentiel des sols pour la production de matière ligneuse (c)	6	4	5	5	4°5°4
Contraintes pour les activités de randonnée (a)	4	4	4	4	4

(a) 1. faibles à nulles, 2. modérées, 3. sévères, 4. très sévères;

(b) 1. élément épurateur classique, 2. filtre à sable hors-sol, 3. site inapte pour les installations septiques;

(c) 3. bon, 4. moyen, 5. faible, 6. très faible, 7. nul;

(d) Les exposants indiquent la proportion d'une classe dans le sous-système écologique.

Références

- ALLARD, M., A. BOUDREAU, J.P. CHARTIER, C. FOURNIER & D. GAMACHE, 1978. Parc national de la Mauricie: Étude géomorphologique (rapport final). — Laboratoire de géomorphologie, Dép. Géogr., Univ. Laval, 155 p.
- BÉLANGER, L., 1981. Inventaire écologique des contreforts de Beauport: adaptation et application d'une méthode. — Thèse M. Sc., Univ. Laval, Québec, 185 p.
- BÉLANGER, L. & M. PINEAU, 1983. La planification écologique et l'aménagement du territoire urbain québécois: une problématique. — Cahiers Géogr. Québec, 27(70): 5-21.
- BELZILE, M., 1971. La méthodologie du zonage des terres selon leurs potentiels. Office de planification et de développement du Québec. — Document n° 2, Inventaire des Terres du Canada, 93 p.
- BERTRAND, G., 1968. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique (1). — Revue géographique des Pyrénées et du sud-ouest, 39: 249-272.
- BERTRAND, G., 1972a. Écologie d'un espace géographique: les géosystèmes du Valle de Prioro (Espagne du Nord-Ouest). — L'espace géographique, 2: 113-128.
- BERTRAND, G., 1972b. Les structures naturelles de l'espace géographique: l'exemple des montagnes Cantabriques centrales (nord-ouest de l'Espagne). — Revue géographique des Pyrénées et du sud-ouest, 43: 175-206.
- BERTRAND, G., 1975. Pour une histoire écologique de la France rurale. — Pages 34-113 in Histoire de la France rurale. Tome 1, La formation des campagnes françaises des origines à 1340. Éditions du Seuil, Paris, 634 p.
- BRESSO, M. & C. RAFFESTIN, 1979. Travail, espace, pouvoir. — L'Âge d'homme, Lausanne, 168 p.
- CHRISTIAN, C.S. & G.A. STEWART, 1968. Methodology of integrated surveys. Aerial surveys integrated studies. — Proc. Toulouse Conf., Unesco 1964, p. 233-280.
- COMITÉ CANADIEN DE LA CLASSIFICATION ÉCOLOGIQUE DU TERRITOIRE (C.C.C.E.T.), 1977a. Classification écologique (biophysique) du territoire dans les régions urbaines: Compte rendu d'un atelier, les 23 et 24 novembre 1976, Toronto, Ontario. — Édité par E.B. Wiken & G. Ironside, Série de la classification écologique du territoire, n° 3, Direction générale des terres, Env. Canada, 167 p.
- COMITÉ CANADIEN DE LA CLASSIFICATION ÉCOLOGIQUE DU TERRITOIRE (C.C.C.E.T.), 1977b. Classification écologique (biophysique) du territoire

- au Canada: Compte rendu de la première réunion du C.C.C.E.T., du 25 au 28 mai 1976, Petawawa, Ontario. — Édité par J. Thie & G. Ironside, Série de la classification écologique du territoire, n° 1, Direction générale des terres, Env. Canada, 269 p.
- COMITÉ CANADIEN DE LA CLASSIFICATION ÉCOLOGIQUE DU TERRITOIRE (C.C.C.E.T.), 1979. Application de la classification écologique (biophysique) du territoire au Canada: Compte rendu de la deuxième réunion du C.C.C.E.T., du 4 au 7 avril 1978, Victoria, Colombie-Britannique. — Édité par C.D.A. Rubec, Série de la classification écologique du territoire, n° 7, Direction générale des terres, Env. Canada, 396 p.
- DAMMAN, A.W.H., 1979. The role of vegetation analysis in land classification. — *Forestry chron.*, 55: 175-182.
- DANSEREAU, P., 1976. EZAIM: Écologie de la zone de l'aéroport international de Montréal: le cadre d'une recherche écologique interdisciplinaire. — Presses de l'Université de Montréal, 343 p.
- DANSEREAU, P. & G. PARÉ, 1977. Ecological grading and classification of land-occupation and land-use mosaics. — *Geogr. Papers*, no. 58, Direction générale des terres, Env. Canada, 63 p.
- DORNEY, R.S., 1977. Biophysical and cultural-historic land classification and mapping for Canadian urban and urbanizing land — Pages 51-71 in *Classification écologique (biophysique) du territoire dans les régions urbaines*. Série de la classification écologique du territoire, n° 3, Direction générale des terres, Env. Canada, 167 p.
- DOYON, D., 1975. Étude éco-dynamique de la végétation du comté de Lévis. — Mémoire n° 1, Service de la défense des cultures, Min. Agriculture, Québec, 428 p.
- DUBÉ, A. & R. RAYMOND, 1966. La connaissance des sols du Québec. — *Agriculture, Corporation des Agronomes de la province de Québec*, 23: 13-18.
- DUCRUC, J.P., 1979. Principales utilisations de l'inventaire et de la classification écologiques du territoire au Québec. — Pages 201-208 in *Applications de la classification écologique (biophysique) du territoire au Canada*, Série de la classification écologique du territoire, n° 7, Direction générale des terres, Env. Canada.
- DUCRUC, J.P. (sous presse). Le système écologique: une dimension écologique du paysage. — *Comptes rendus du Colloque Paysage et Système tenu à Ottawa du 8 au 10 juin 1982*.
- DUCRUC, J.P. (sous presse). L'inventaire du capital-nature appliqué au nord québécois: exemples des territoires de la Baie James et de la Côte-Nord. — *Nordicana*.
- DUCRUC, J.P. & D. BÉRUBÉ, 1980. Le système écologique, unité de base de la cartographie écologique: L'inventaire du capital-nature du territoire de la Baie-James. — Série de la classification écologique du territoire, n° 8, Service des études écologiques régionales, Environnement Canada, Québec, 49 p.
- DUCRUC, J.P., R. ZARNOVICAN, V. GERARDIN & M. JURDANT, 1976. Les régions écologiques du territoire de la baie de James: caractéristiques dominantes de leur couvert forestier. — *Cahiers Géogr.*, Québec, 20: 365-392.
- EIS, S. & E.T. OSWALD, 1975. The highland landscape: an ecological evaluation of land suitability for urban development in the southern portion of the highland district, Capital region of British Columbia. — Report BC-X-119, Can. For. Serv., Pacific Forest Research Centre, Victoria, Env. Canada, 36 p.
- GAGNON, H., 1974. La photo aérienne, son interprétation dans les études de l'environnement et de l'aménagement du territoire. — *Les Éditions HRW*, Montréal, 278 p.
- GAGNON, G. & G. MARCOTTE, 1980. Description des types écologiques et de leur productivité dans la section forestière laurentienne de Rowe (L-4a). — Mémoire n° 61, Service de la recherche forestière, Min. Énergie Ress., Québec, 456 p.
- GAUDREAU, D., 1980. Le développement de Saint-Raymond, 1842-1980: application au concept de territorialité. — Mémoire B. Sc., Univ. Laval, Québec, 82 p.
- GERARDIN, V., 1980. L'inventaire du capital-nature du territoire de la Baie-James: les régions écologiques et la végétation des sols minéraux. — *Env. Canada et Société de développement de la Baie James*, 390 p.
- GERARDIN, V. & J.P. DUCRUC, 1983. The bioclimatical regions: a framework necessary for the study of the dynamics of boreal forest ecosystems. — Pages 52-69 in R.W. Wein, R.R. Ewe & R. Methven (Ed.). *Resources and dynamics of the boreal zone*. Association of Canadian Universities for Northern Studies, 544 p.
- GIMBARZEVSKY, P., 1975. Biophysical survey of Kejimikujik National Park. — *Information Report FMR-X-81*, Forest Management Institute, Env. Canada, 136 p.
- GIMBARZEVSKY, P., 1977. Integrated survey of biophysical resources in national parks. — Pages 257-269 in *Classification écologique (biophysique) du territoire au Canada*. Série de la classification écologique du territoire, n° 1, Direction générale des terres, Env. Canada, 269 p.
- GRANDTNER, M.M., 1968. Essai d'une méthodologie de recherches écologiques en vue de la planification du développement régional. — *Naturaliste can.*, 95: 577: 597.
- HILLS, G.A., 1961. The ecological basis for land use planning. — *Research Report no. 46*, Ontario Department of Lands and Forests, Ontario, 204 p.
- HIRVONEN, H.E., 1977. The role of urban forestry in regional landscape design. — *Forestry Chron.*, 53: 275-277.
- HOWARD, J.A. & C.W. MITCHELL, 1980. Phyto-geomorphic classification of the landscape. — *Geoforum*, 11: 85: 106.
- IRONSIDE, G.R., 1980. Le comité canadien de classification écologique du territoire: son historique,

- ses objectifs, son organisation et ses activités. — Pages 7-9 *in* Intégration terre/faune. Série de la classification écologique du territoire, n° 11, Direction générale des terres, Env. Canada, 160 p.
- JURDANT, M., 1968. Ecological classification of forest lands, an integrated vegetation-soil-landform approach. — Ph. D. thesis, Cornell Univ., Ithaca. N.Y., 414 p.
- JURDANT, M. & J.P. DUCRUC, 1980. Carte écologique du territoire de la Baie-James: districts écologiques et géomorphologie. — Série de la classification écologique du territoire, n° 10, Direction générale des terres, Env. Canada, 26 p.
- JURDANT, M., J.L. BÉLAIR & V. GERARDIN, 1976. Concepts méthodologiques pour la classification et l'inventaire écologique du territoire québécois (première approximation). — Rapport n° 5, Conseil de la recherche et du développement forestier, Min. Terres Forêts, Québec, 79 p.
- JURDANT, M., J.L. BÉLAIR, V. GERARDIN & J.P. DUCRUC, 1977. L'inventaire du capital-nature. Méthode de classification et de cartographie écologique du territoire (troisième approximation). — Série de la classification écologique du territoire, n° 2, Service des études écologiques régionales, Env. Canada, Québec, 202 p.
- JURDANT, M., J. BEAUBIEN, J.L. BÉLAIR, J.C. DIONNE & V. GERARDIN, 1972. Carte écologique de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Notice explicative. Vol. 1. L'environnement et ses ressources; identification, analyse et évaluation. — Rapport d'information Q-F-X-31, Centre de recherches forestières des Laurentides, Environnement Canada, Québec, 93 p.
- JURDANT, M., D.S. LACATE, S.C. ZOLTAI, G.G. RUNKA & R. WELLS, 1975. Biophysical land classification in Canada. — Pages 485-495 *in* Proceedings 4th North American Forest Soils Conference, Presses de l'Université Laval, Québec, 675 p.
- LACATE, D.S., 1969. Guidelines for bio-physical land classification. — Publication no. 1264, Can. Forestry Service, Canada Department of Fisheries and Forestry, 61 p.
- LAFOND, A. & G. LADOUCEUR, 1968. Les groupements forestiers de la province de Québec. — Rapport interne n° 24, Service de la recherche, ministère des Terres et Forêts, Québec, 726 p.
- LALUMIÈRE, R., 1979. Contribution à l'étude phytosociologique des forêts du parc national de la Mauricie, Québec. — Thèse M.Sc., Université Laval, Québec, 304 p.
- LANG, R., 1979. Environmental information in a planning/management context. — Pages 285-294 *in* Applications de la classification écologique (biophysique) du territoire au Canada. Série de la classification écologique du territoire, n° 7, Direction générale des terres, Environnement Canada.
- LANG, R. & A. ARMOUR, 1980. Livre-ressource de la planification de l'environnement. — Direction générale des terres, Environnement Canada, Multisciences Publication Limitée, Montréal, 387 p.
- LEBUISS, J., 1979. La cartographie géotechnique. — Ressources Québec, Min. Rich. nat., Québec, 3: 13-15.
- LONG, G., 1974. Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Tome premier, Principes généraux et méthodes. — Masson et Cie Edit., Paris, 252 p.
- MacKINTOSH, E.E., 1979. A methodology for environmental impact analysis in predesign and planning studies. — Pages 319-324 *in* Applications de la classification écologique (biophysique) du territoire au Canada. Série de la classification écologique du territoire, n° 7, Direction générale des terres, Environnement Canada.
- MAJOR, J., 1951. A functional factorial approach to plant ecology. — Ecology, 32: 392-412.
- MARANDA, R., 1977. Établissement des cartes géotechniques au ministère des Richesses naturelles. — Rapport DPV-488, Serv. géotech., Min. Rich. nat., 19 p.
- MCHARG, I., 1969. Design with nature. — Doubleday/Natural History Press, Garden City, N.Y., 197 p.
- MILLER, F.P., 1978. Soil survey under pressure: the Maryland experience. — J. Soil Water Cons., 33: 104-111.
- ORDRE DES AGRONOMES DU QUÉBEC & ORDRE DES INGÉNIEURS FORESTIERS DU QUÉBEC, 1975. Le zonage intégré du territoire québécois: une urgence. — Rapport du comité conjoint d'étude sur le zonage du territoire, 64 p.
- ROWE, J.S., 1962. Soil, site and land classification. — Forestry Chron., 28: 420-432.
- ROWE, J.S., 1971. Why classify forest land? — Forestry Chron. 47: 144-148.
- ROWE, J.S., 1979. Document de travail révisé sur la méthodologie/philosophie de la classification écologique du territoire au Canada. — Applications de la classification écologique (biophysique) du territoire au Canada. Série de la classification écologique du territoire, n° 7, Direction générale des terres, Env. Canada, 396 p.
- RUSSWURM, L.H., 1977. The surroundings of our cities: Problems and planning implications of urban fringe landscapes. — Community Planning Press, Ottawa, 112 p.
- SERVICE DES INVENTAIRES ÉCOLOGIQUES (S.I.E.), 1981. Vademecum des relevés écologiques 1981. — Min. Env., Québec, 61 p.
- SPURR, S.H. & B.V. BARNES, 1973. Forest ecology. 2nd ed. — John Wiley and Sons, New York, 571 p.
- THIBAUT, M., 1979. Étude phytosociologique des forêts du tiers inférieur du parc national de la Mauricie, Québec. — Thèse M.Sc., Université Laval, Québec, 202 p.
- THIE, J., N. CHARTRAND & G.F. MILLS, 1979. Interpretation of an ecological data base using the Canada

- Land Data System. — Pages 351-360 *in* Applications de la classification écologique (biophysique) du territoire au Canada. Série de la classification écologique du territoire, n° 7, Direction générale des terres, Env. Canada, 396 p.
- WAY, D.S., 1973. Terrain analysis: A guide to site selection using aerial photographic interpretation. — Community Development Series, Dowden, Hutchinson and Ross Inc., Stroudsburg, Pennsylvania, 392 p.
- WIKEN, E.B., 1979. Planification écologique: un rapport d'un atelier urbain du C.C.C.E.T. — Pages 45-49 *in* Applications de la classification écologique (biophysique) du territoire au Canada. Série de la classification écologique du territoire, n° 7, Direction générale des terres, Env. Canada, 396 p.

COMMUNICATIONS BRÈVES

TONGUE GROOMING AS A POSSIBLE MODE FOR THE TRANSFER OF RUMEN MICROORGANISMS IN MOOSE

J. EDWARDS

Biology Department, Williams College, Williamstown (Mass.), MA 01267 U.S.A.

Résumé

Selon des observations faites sur l'orignal (*Alces alces andersoni*) au Parc national d'Isle Royale du Michigan, le toilettage avec la langue, c'est-à-dire le léchage de la langue ou des lèvres du faon, se pratique au sein des populations sauvages quand les faons commencent à manger des plantes. Le toilettage avec la langue est alors un moyen efficace pour fournir au faon les micro-organismes requis dans son rumen.

Abstract

Observations of moose (*Alces alces andersoni*) on Isle Royale National Park, Michigan, showed that tongue grooming, i.e., the cow licking the tongue or lips of her calf, occurs in the wild at the time when calves begin to eat plants. These findings suggest that tongue grooming is an important mechanism by which moose calves obtain rumen microorganisms.

Introduction

Ruminants are born with a virtually sterile rumen, and must obtain rumen microorganisms before they can digest plant foods (Eadie & Mann, 1970; Church, 1976). Because few rumen bacteria and none of the rumen protozoa are free living (Hungate, 1968), most rumen bacteria and protozoa must be obtained from other animals (Church, 1976). The mechanism by which young animals obtain rumen microorganisms is not well understood. Evidence based on domestic ruminants suggests that microorganisms are transferred either directly when the cow licks the tongue or mouth of the calf (Eadie, 1962; Hungate, 1968; Alexander, 1975), or indirectly when the calf grazes on the same plants as adults and picks up microorganisms in the saliva left on plants (Church, 1976; Hungate, 1968). However, data on the occurrence of these behaviors in animals in the wild are rare. Earlier observations on moose (*Alces alces andersoni*) indicated that indirect transfer of microorganisms was possible because calves eat from the same plants as their mothers (Edwards, 1976). This paper reports that tongue grooming (the cow licking the tongue or lips of the calf) also occurs in wild populations and may be an important means of establishing viable

microorganisms in the rumen of young moose calves.

Methods

My observations on moose cow-calf interactions were made at the northeastern end of Isle Royale Wilderness National Park, Michigan. Each observation began when a cow-calf pair was sighted and ended when both were no longer visible. For each observation, I recorded the date and occurrence of three types of cow-calf interactions which could facilitate the transfer of microorganisms: (1) cow-calf tongue grooming, (2) the calf licking an area of the body the cow had recently licked, and (3) the calf eating the same plant as the cow. To document the development of a calf's feeding pattern, I recorded estimated birth dates (accurate to within three days; the small islands where cows go just prior to calving were checked at three-day intervals), the occurrence of nursing, and the incidence of foraging by the calf independent of its mother (i.e., cow and calf eating in distinctly different areas). Observations aided by binoculars (8 × 24) were made from 14 May - 1 August 1974, 12 May - 1 August 1976, 2-27 June 1978, 15-22 June 1979, and 5 June - 3 July 1980.

Results

I observed moose for a total of 5,394 min in 74 separate observations ranging from 2 to 325 min (\bar{x} = 73 min).

The timing of calf development is as follows. Data on 9 cow-calf pairs indicated that birth dates ranged from 12-25 May (median date, 18 May), essentially similar to other studies on Isle Royale (Mech, 1966). The calf's transition from nursing to foraging proceeds gradually from May through July. For 1-2 weeks after birth (until the end of May), calves exclusively nurse. During the second and third weeks after birth (late May - early June) they begin to eat plants but continue to nurse and by late June they almost exclusively eat plants although they occasionally nurse late in the summer (Fig. 1). This general feeding pattern is consistent with observations of moose calves in Wyoming (Altmann, 1958) and Alaska (Stringham, 1974).

The frequency and timing of cow-calf interactions are summarized in Figure 1. Maternal tongue grooming was observed during 7 observations between 29 May and 16 June, the time

when calves begin eating plants. During these observations, tongue grooming occurred a total of 14 times (1-4 times/observation), including four occasions of direct tongue-tongue contact and two others where the calf licked its own mouth immediately after the cow had licked it. Each case of tongue grooming lasted approximately 5-10 s. I observed nine instances between late May and late July when the calf ate from the same plant as the cow. However, in only 3 observations, namely on 19 June, 1 and 8 July, well after calves have started foraging, did the calf eat from the same plant part as the cow. Although I frequently observed a cow licking her calf's coat, in no instance did the calf then lick the same area, suggesting that indirect transfer by licking is unlikely.

Discussion

Study results suggest that direct transfer of rumen microorganisms by maternal tongue grooming and/or indirectly by the calf eating the same plant part as the cow constitute possible means by which a moose calf receives the inoc-

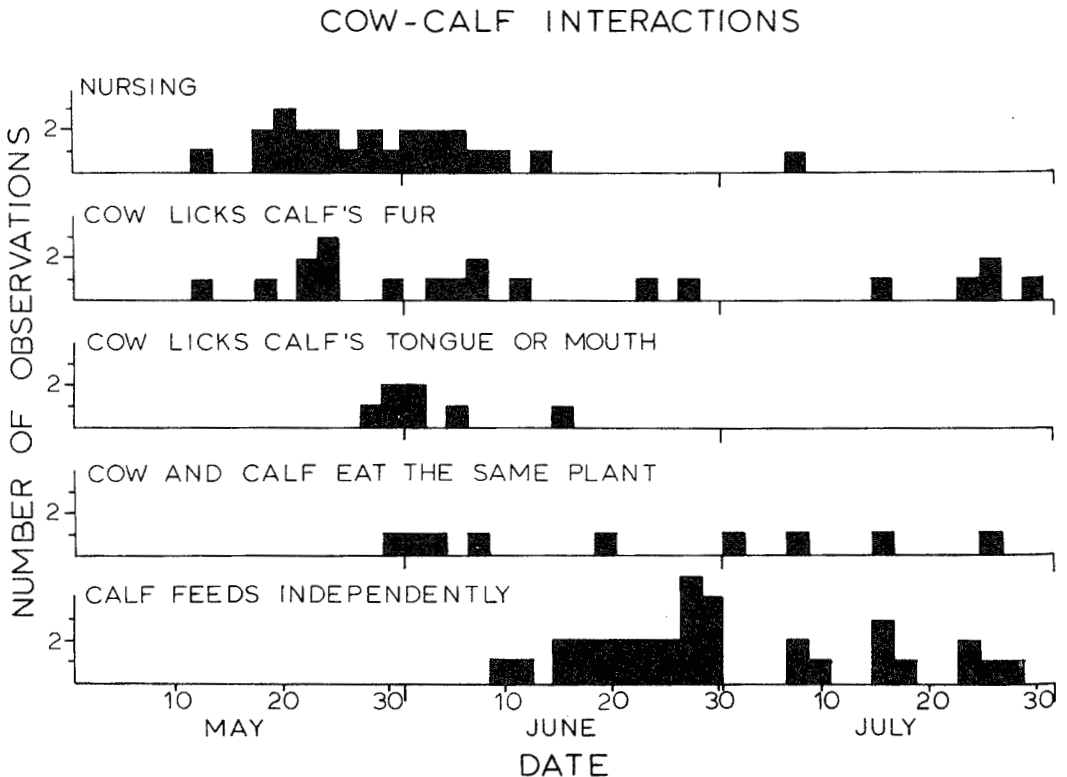


Figure 1. Changes in behavioral interactions between cow and calf moose (*Alces alces andersoni*) at the northeastern end of Isle Royale National Park, Michigan from mid-May - 31 July.

ulum essential for forage digestion. However, the evidence suggests that tongue grooming is the more important vehicle in this regard, since this behavior occurs with highest frequency when calves begin eating plants and thus must become functional ruminants. Transfer of rumen microorganisms to a calf through foraging seems less likely because this depends on the calf picking up the mother's saliva from a part of the plant contacted by the cow. The number of viable microorganisms in saliva deposited in this fashion probably decreases rapidly with time, because many rumen bacteria are obligate anaerobes and are killed quickly by exposure to oxygen (Hungate, 1975). Moreover, I observed the calf eating from the same part of the plant only three times, all well after the calves had begun to eat plants.

Although observational data, alone, cannot prove the mode of microorganism transfer, the results reported here strongly suggest that in moose, tongue grooming is an important mechanism for calves to pick up rumen microorganisms. Methods of transfer that might occur in other species may depend on unusually high ruminant density. In herd (gregarious) ruminants, for example, inoculum transfer to young animals through saliva deposited on plants by adults might be a possibility because the high herbivore density would increase the number of microorganisms on the available vegetation. Airborne transmission of some bacteria may occur among cows confined to barns (Mann, 1963), but this almost certainly depends on animal density, and it would not account for the transfer of protozoa. In contrast, tongue grooming does not depend on herbivore density, would involve direct transfer of both bacteria and protozoa, and would minimize exposure of microorganisms to disabling oxygen. Although further study is needed to clarify the situation, my observations from this study indicate that mother-calf tongue grooming can be an important mode of rumen inoculation in a solitary species such as moose.

Acknowledgments

I thank R.L. Edwards, R. Edwards, A. Gough, G. Mohlman, L. Thompson and D. Baker for assistance in

the field, D. Smith, L.C. Drickamer, E.C. Colburn and two anonymous reviewers for critically reading the manuscript, and the National Park Service for logistical support. G. Pistorius and G. Lacroix kindly translated the abstract into French. Funds for this study were provided by the Institute for Environmental Quality (1974-1977), the University of Michigan Emma J. Cole Fellowship (1975), and a Williams College faculty research grant (1980).

References

- ALEXANDER, R.M., 1975. The chordates. — Cambridge University Press, London, 480 p.
- ALTMANN, M., 1958. Social integration of the moose calf. — *Anim. Behav.*, 6: 155-159.
- CHURCH, D.C., 1976. Digestive physiology and nutrition of ruminants, Volume 1 — Digestive physiology. — Oxford Press, Inc., Portland, Oregon, 350 p.
- EADIE, J.M., 1962. The development of rumen microbial populations in lambs and calves under various conditions of management. — *J. gen. Microbiol.*, 25: 563-578.
- EADIE, J.M. & S.O. MANN, 1970. Development of the rumen microbial population: high starch diets and instability. — Pages 335-347 in A. T. Phillipson (ed.). *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Oriel Press, Newcastle-upon-Tyne, England, 636 p.
- EDWARDS, J., 1976. Learning to eat by following the mother in moose calves. — *Am. Midl. Nat.*, 96: 229-232.
- HUNGATE, R.E., 1968. Ruminal fermentation. — Pages 2725-2745 in C.F. Code *et al.* (eds.). *Handbook of physiology*, section 6: Alimentary canal, vol. V. Bile; digestion; ruminal physiology. American Physiological Society, Washington, D.C., 2896 p.
- HUNGATE, R.E., 1975. The rumen microbial ecosystem. — *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 6: 39-66.
- MANN, S.O., 1963. Some observations on the airborne dissemination of rumen bacteria. — *J. gen. Microbiol.*, 33: IX.
- MECH, L.D., 1966. The wolves of Isle Royale. — U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 210 p.
- STRINGHAM, S.F., 1974. Mother-infant relations in moose. — *Naturaliste can.* 101: 325-369.

UNE TORTUE-LUTH (*DERMOCHELYS CORIACEA*) DANS LES EAUX CÔTIÈRES DU QUÉBEC

D. D'AMOURS

*Institute of Oceanography, University of British Columbia
Vancouver, British Columbia V6T 1W5*

Résumé

La mention d'une tortue-luth (*Dermochelys coriacea*) dans le nord-est du golfe du Saint-Laurent précise le patron de distribution de cette espèce dans les eaux canadiennes.

Abstract

The sighting of a leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in the northeastern Gulf of St. Lawrence fills in the migratory range of this species in Canadian waters.

La tortue-luth (*Dermochelys coriacea*) est une espèce pélagique dont la limite nordique de distribution dans l'ouest de l'Atlantique a été récemment étendue jusqu'à Nain (56°45'N., 61°00'O.) au nord-est du Labrador (Terre-Neuve) par Threlfall (1978).

Le 3 septembre 1981, une tortue-luth était capturée et tuée à environ 20 km au large de la baie de Brador (51°28'N., 57°15'O.) près de Lourdes-de-Blanc-Sablon (Québec) dans le nord-est du golfe du Saint-Laurent; il s'agissait d'un mâle d'environ 430 kg et de 1,50 m de carapace. Au moment de sa capture, une demi-douzaine de poissons d'environ 30 cm et rayés de bleu accompagnaient la tortue et cinq balanes (*Conchoderma virgatum*) étaient fixées à sa carapace.

Les passages apparemment réguliers de la tortue-luth dans le nord-ouest de l'Atlantique correspondraient à des migrations alimentaires en ces eaux où abondent les méduses dont elle se nourrit essentiellement (Goin & Goin, 1962). Les basses températures de l'eau n'incommodent apparemment pas ce reptile tropical qui peut maintenir sa température interne jusqu'à une température de 18°C supérieure à celle du milieu où il évolue (Frair *et al.*, 1972).

La mention d'une tortue-luth dans cette partie du golfe du Saint-Laurent, entre le Québec et Terre-Neuve, s'ajoute aux observations précédentes compilées par Cook (1980) et précise la distribution de cette espèce dans les eaux canadiennes.

Inscrite à l'appendice 1 de l'«International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna» dont le Canada est signataire et également considérée comme menacée par le «Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada», la tortue-luth doit faire l'objet de strictes mesures de protection. À cet effet, le spécimen capturé près de Lourdes-de-Blanc-Sablon a été confié au Musée national des sciences naturelles avec l'accord des Musées nationaux du Canada et de la Direction générale des pêches maritimes du Québec (MAPAQ). Une réplique grandeur nature de la tortue-luth a été expédiée à Lourdes-de-Blanc-Sablon pour officialiser sa présence dans les eaux côtières du Canada tout en sensibilisant les pêcheurs à la précarité de la survie de cette espèce.

Références

- COOK, F.R., 1980. Status report on the leatherback turtle to Committee on the status of endangered wildlife in Canada (COSEWIC). — Ms. Herpetology section, National Museum of Natural Science, Ottawa, Canada. 1 + 16 p.
- FRAIR, W., R.A. ACKMAN & N. MROSOVSKY, 1972. Body temperature of *Dermochelys coriacea*: warm turtle from cold water. — Science, 177: 791-793.
- GOIN, C.J. & O.B. GOIN, 1962. Introduction to herpetology. — Freeman and Co., San Francisco, 341 p.
- THRELFALL, W., 1978. First record of the Atlantic leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) from Labrador. — Can. Fid Nat., 92:287.

DESCRIPTION MICROMORPHOLOGIQUE D'UN HORIZON O_n SENSIBLE À L'ÉROSION¹

L.-É. PARENT

Station de recherches, Agriculture Canada, C.P. 457
Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 6Z8

F.-J. PAUZÉ

Département de phytologie, Université Laval
Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

et

G.-A. BOURBEAU

Département des sols, Université Laval
Sainte-Foy, Québec G1K 7P4

Résumé

L'étude micromorphologique de l'horizon supérieur O_n (0 - 30 cm) d'un mésisol limnique cultivé depuis près de 50 ans révèle la dominance de l'assemblage humifragmique et une sous-dominance de l'assemblage humigrannique. La microstructure est caractérisée par un arrangement de fines particules (< 1,5 mm) sans cohésion apparente. L'instabilité structurale de l'horizon O_n, associée à des particules fines, légères et incohérentes, explique pourquoi les sols organiques cultivés depuis longtemps sont particulièrement sensibles à l'érosion.

Abstract

The micromorphological study of the upper O_n horizon (0 - 30 cm) of a limnic mesisol cultivated for almost fifty years indicates a dominant humifragmic and a sub-dominant humigranic microfabric. The microstructure is composed of fine particles (< 1.5 mm) with no apparent cohesion. The structural instability of the O_n horizon, related to fine and light particles lacking cohesion, explains the high susceptibility to erosion of old-cultivated organic soils.

Introduction

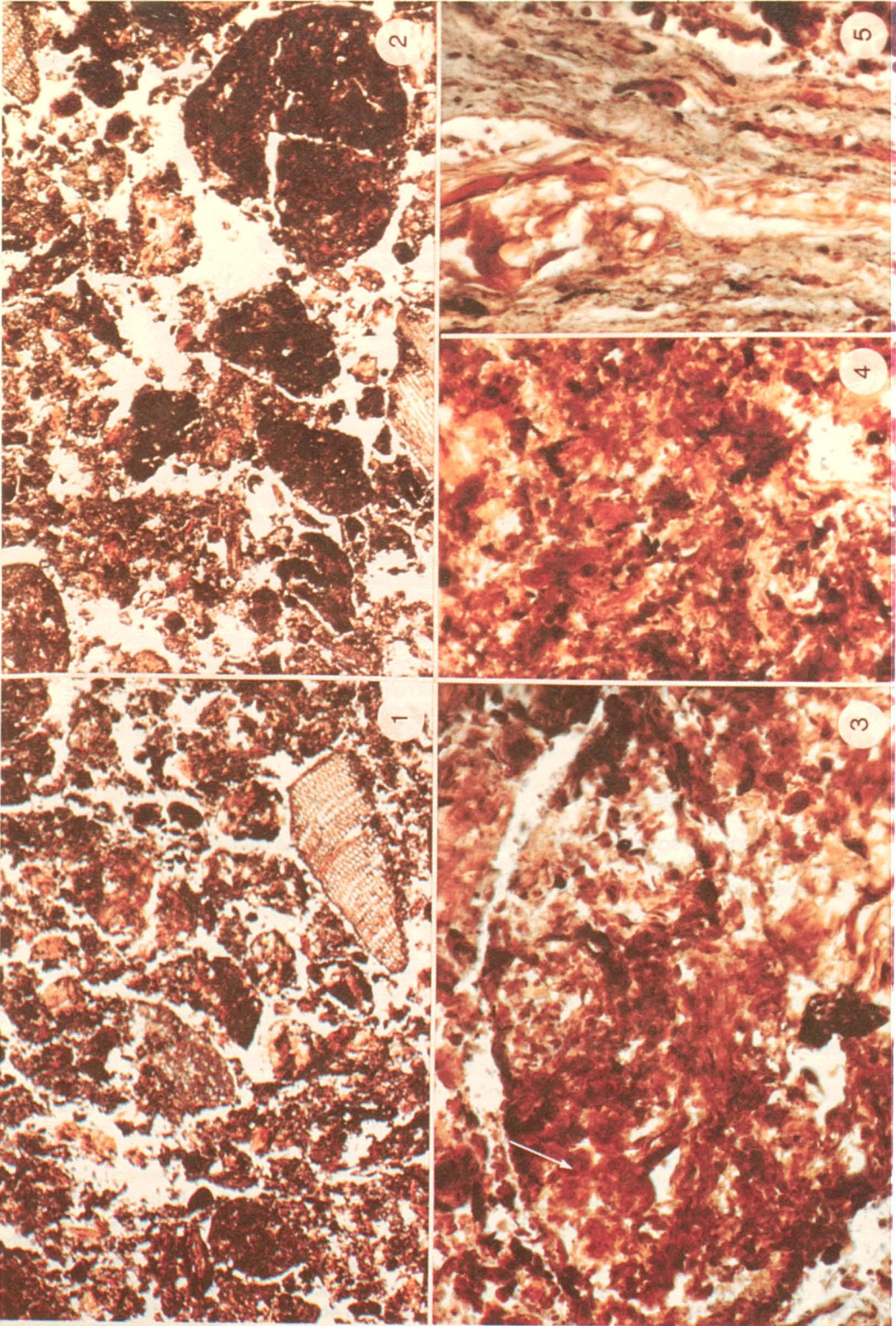
La modification par l'agriculture des conditions hydrologiques et chimiques des sols organiques naturels produit une série d'altérations physiques, chimiques et biologiques dans la zone aérobie (Pons, 1960). L'intensité de ces altérations est principalement associée au mode d'exploitation du sol (Göttlich, 1965). Le drainage profond et la culture intensive accélèrent la consolidation, la minéralisation et l'humification du sol organique (Skoropanov, 1968). Les transformations structurales qui en résultent produisent une terre noire en surface (Okruszko, 1968). Or, la terre noire est constituée de particules pulvérulentes et requiert des pratiques culturales particulières (Jasmin *et al.*, 1977; Parent *et al.*, 1980a; Millette *et al.*, 1981). Le but de cette étude est de décrire micromorphologiquement l'arrangement spatial de ces fines particules dans l'horizon de surface d'un

mésisol limnique intensément cultivé depuis près de cinquante ans et dont on a rapporté d'importants dommages causés par l'érosion (Parent *et al.*, 1982).

Matériel et méthodes

L'horizon O_n à l'étude, profond de 30 à 35 cm, fait partie d'un mésisol limnique situé sur la Ferme expérimentale de Sainte-Clotilde de Châteauguay (Québec) et utilisé pour la production maraîchère depuis 1936 (Parent *et al.*, 1982). Le matériel de l'horizon O_n est composé de 15% de cendres et d'un humus noir (10YR 2/2) à structure finement granulaire à polyédrique subangulaire et pH (H₂O) de 6,0; il est friable à l'état humide, possède une densité apparente de 0,35 g.L⁻¹ et contient moins de 10% de fibres frottées. Des échantillons ont été prélevés dans des boîtes de Kubiéna, congelés, débités en petits cubes et préparés d'après la méthode de Parent *et al.* (1980b). L'examen microscopique a été effectué à l'aide d'un microscope Wild M20 et les microphotographies ont été prises sur film Ektachrome 20 ASA.

¹ Contribution n° J. 954, Station de recherches, Direction de la recherche, Agriculture Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu, Québec J3B 6Z8.



Résultats et discussion

La microstructure de l'horizon O_h est dominée par un assemblage humifragmique à humigranique (fig. 1, 2) et projette une image semblable à celle qu'ont observée Kowalinski & Kollender-Szych (1969) et Lee & Manoch (1974) sur d'autres horizons organiques de surface. Les particules constituant le matériel ont des dimensions variant de quelques μm à près de 1,5 mm de diamètre. L'activité de la faune du sol, principal agent de formation de la structure granique (Brewer & Pawluk, 1975), ne semble pas très importante, bien qu'il soit possible d'observer la présence de petits agrégats arrondis (probablement des excréments d'acariens) à l'intérieur de plus gros agrégats aux parois régulières (fig. 3).

La dominance de la structure humifragmique témoigne de l'importance des facteurs physiques dans la formation de la structure. L'intensité du travail annuel du sol a sans doute fortement contribué à activer la fragmentation et l'humification de l'horizon O_h sur ce sol horticole cultivé depuis près de 50 ans. Selon Skrynnikova (1959), les pratiques agricoles sur tourbière drainée favorisent l'activité microbienne, la polycondensation des substances humiques et la coagulation des colloïdes. Le produit qui en résulte est une matière plasmique polymorphe (fig. 4). Les fragments constitués de cette matière sont structurellement instables (Frecks & Puffe, 1964), absorbent moins d'eau que la tourbe dont ils dérivent, mais par contre, se réhumectent plus facilement qu'elle (Okryszko, 1968). Légers et incohérents, ces fragments (< 1,3 mm) sont facilement transportés par un vent de $16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (O'Brien & Wickens, 1975) et par les eaux de ruissellement (Parent *et al.*, 1982). La présence occasionnelle de résidus de sédiments limniques (fig. 5), originant des levées de fossés, signifie que l'horizon O_h ne s'étend qu'à quelques décimètres au-dessus de ces strates imperméables situées au fond de l'ancien bassin de paludification. À ce niveau, les risques d'inondation et d'érosion hydrique augmentent.

La faible densité du sol ($0,35 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), la petite dimension des particules (< 1,5 mm) et le manque de liaisons interparticulaires rendent donc l'horizon O_h sensible à l'érosion, qui cause parfois d'importants dommages dans les dépôts de sols organiques cultivés.

Références

- BREWER, R. & S. PAWLUK, 1975. Investigations of some soils developed in hummocks of the Canadian Subarctic and southern Arctic regions. I. Morphology and micromorphology. — *Can. J. Soil Sci.*, 55: 301-319.
- FRECKS, W. & D. PUFFE, 1964. Chemische und mikromorphologische Untersuchungen über den zersetzungszustand auf entwässerten und verschieden hoch aufgekalktern Hochmoor unter Grünland sowie in unkultivierten, vorentwässertem Hochmoor. — *Z. Kult. Flur.*, 5: 149-171.
- GÖTTLICH, K., 1965. Ergebnisse und Ziele bodenkundlicher Studien in Moor und Anmoor. — Eugen Ulmer, Stuttgart, 125 p.
- JASMIN, J.J., H.A. HAMILTON, J. MILLET, E.J. HOGUE & R. BERNIER, 1977. Mise en production des sols organiques. — *Bull. tech. n° 11*, St. Rech. Saint-Jean, Dir. Rech. Agric. Canada, 38 p.
- KOWALINSKI, S. & A. KOLLENDER-SZYCH, 1969. Micromorphological and physico-chemical investigations on the decomposition rate of organic matter in some muck soils — Pages 143-158 in S. Kowalinski & S.L. Jerzy-Drodz (eds.). *Soil micromorphology. Proc. 3rd int. Work. Meet. Soil Microm.*, Varsovie (1969), 766 p.
- LEE, G.B. & B. MANOCH, 1974. Macromorphology and micromorphology of a Wisconsin Saprist. — Pages 47-62 in M. Stelly & R.C. Dinauer (eds.). *Histosols. Their characteristics, classification and use. Soil. Sci. Soc. Am. Spec. Bull. Ser. no. 6*, SSSA Inc., Madison, 136 p.
- MILLETTE, J.A., E.J. HOGUE & B. VIGIER, 1981. Seedbed preparation for carrot productions on organic soil. — *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 106: 491-493.
- OKRUSZKO, H., 1968. Soil-forming process in drained peatland. — Pages 189-197 in *Proc. 2nd int. Peat Congr., Leningrad (1963)*, Vol. 1.
- O'BRIEN, D. & R. WICKENS, 1975. Mechanization. — Pages 87-96 in D.W. Robinson & J.G.D. Lamb (eds.). *Peat in horticulture. Academic Press, London*, 170 p.
- PARENT, L.É., J.A. MILLETTE & G.A. BOURBEAU, 1980a. Lutte contre l'érosion éolienne des sols pulvérulents du Québec. — *Huitième Coll. Génie Rural, Univ. Laval, Érosion et Conservation*, p. 101-135.
- PARENT, L.É., J.A. MILLETTE & G.R. MEHUYS, 1982. Subsidence and erosion of a histosol. — *Soil Sc. Soc. Am. J.*, 46: 404-408.
- PARENT, L.É., F.J. PAUZÉ & G.A. BOURBEAU, 1980b. Méthode nouvelle d'imprégnation des tourbes et des gyttja. — *Can. J. Soil Sci.*, 60: 487-496.

Figures 1 à 5. Horizon O_h. Fig. 1-2. Structure humifragmique à humigranique (33 X) [La figure 1 est reproduite avec permission du *Canadian Journal of Soil Science*, volume 60, p. 487-496.] Fig. 3. Excréments d'animalcule régulières (indiquées par la flèche) à l'intérieur d'un plus gros agrégat aux parois (210 X). Fig. 4. Détail du fond matriciel (210 X). Fig. 5. Résidu limnique dans la matrice du sol (210 X).

- PONS, L.J., 1960. Soil genesis and classification of reclaimed peat soils in connection with initial soil formation. — Seventh Int. Congr. Soil Sc., Madison, p. 205-211.
- SKOROPANOV, S.G., 1968. Some conclusions derived from the practice of amelioration of peat-bog soils. — Sov. Soil Sci., 1968(1) 1-6.
- SKRYNNIKOVA, I.N., 1959. The effect of regulating water relations of cultivated peat-bog soils upon the soil-forming processes. — Sov. Soil Sci., 1959 (1): 25-33.

JUNCUS BRACHYCEPHALUS (JUNCACEAE) IN QUÉBEC

S.G. HAY

Herbier Marie-Victorin, Département de sciences biologiques
Université de Montréal, 4101 rue Sherbrooke est
Montréal (Québec) H1X 2B2

Résumé

La présence de *Juncus brachycephalus* (Engelm.) Buchenau au Québec est confirmé à la lumière de nouvelles informations concernant la limite nord-est de son aire. Cette espèce rare et malcomprise est présentement connue de quinze localités dispersées au sud du Québec.

Abstract

Evidence substantiating the presence of *Juncus brachycephalus* (Engelm.) Buchenau in Québec is presented in light of new information concerning the northeastern limit of its range. This rare and overlooked species is presently known from fifteen widespread localities in the southern part of Québec.

The status and distribution of *Juncus brachycephalus* (Engelm.) Buchenau in eastern Canada is poorly understood. This is particularly so in Québec where virtually no authentic specimens have ever been reported. Marie-Victorin (1929) and la Flore laurentienne (Marie-Victorin, 1964) give no account of this rush in the province, and although more recent authors (Boivin, 1967; Scoggan, 1978) do include Québec within the range of this species, they are ambiguous and misleading. Neither of the latter can be interpreted as substantiating the presence of this species in the province's flora. Confusion arises from the taxonomic interpretation of Boivin and the questionable distribution given by Scoggan. New information concerning the presence of *J. brachycephalus* in Québec is of particular interest in view of the lack of reliable information concerning the northern part of its range, in eastern Canada.

Juncus brachycephalus is part of a distinctive group of three closely related species including *J. subcaudatus* (Engelm.) Coville & Blake and *J. brevicaudatus* (Engelm.) Fern. All three species were originally described as varieties of *J. canadensis* J. Gay ex La Harpe by Engelm. in 1868 but have since been elevated to the rank of species by different authors, notwithstanding some nomenclatural complexity (Fernald, 1930). Especially characteristic of the group are their short-caudate seeds which, along with several other distinctive characters, set them apart from typical *J. canadensis*.

Boivin (1967, 1979, in prep.), however, treats this group as a single aggregate taxon ranging transcontinentally in Canada from Alberta to Newfoundland. He regards the three taxa as somewhat arbitrarily defined phases of a single species for which he gives priority to the name *J. brachycephalus* (Engelm.) Buchenau. Unfortunately, based on this superficial interpretation, nothing can be inferred about the situation in Canada for *J. brachycephalus sensu stricto* as intended by Engelm. (1868) and Buchenau (1890). The problem is confusing because one of the species in the group, *J. brevicaudatus sensu Fernald* (1904), is indisputably very common and widespread throughout most of the northern part of the overall range of the group, whereas *J. brachycephalus* and *J. subcaudatus* are rather uncommon and have much more restricted distributions in eastern and Atlantic North America, respectively. Further work is needed to more clearly describe the geographic and taxonomic boundaries of the different elements of this group. However, most contemporary floras and manuals covering their putative range, are unanimous in maintaining the three species as distinct entities. The discriminating features are most clearly enunciated by Fernald (1950), who evidently had a good understanding of the group. Hermann (1975) endorses this concept for the two species native to Québec.

Scoggan (1978) recognizes true *J. brachycephalus* but remains very vague about its dis-

tribution in eastern Canada generally. In Québec, he states only that it occurs north to Fort George on the east coast of James Bay. The only basis for this appears to be collections reported by Dutilly *et al.* (1958). The relevant sheets (12702, QFA and 12704, DAO) were determined by F.J. Hermann but Lepage (*ibid.*) took the precaution of pointing out that, "ces échantillons n'étant pas à bon point de maturité, leur identité n'est pas tout à fait sûre". In fact, these collections are too immature for exact identification, and they appear to be only depauperate specimens of the more northern *J. brevicaudatus*.

A preliminary search of major herbaria with Québec holdings (CAN, DAO, QFA, QUE, MT, MTMG and SFS) was undertaken in connection with research on possible rare vascular plants in the province (Bouchard *et al.*, 1983). For *J. brachycephalus*, a single authentic specimen was found. This was a 1966 collection from the banks of the Ascot River at Milby, Sherbrooke Co. in the Eastern Townships (*T. Bowers 1028*; QFA). Several misidentified specimens from the southern part of the province were rejected. Faced with this confusing situation, Bouchard *et al.* (1983) listed the species in an appendix of plants possibly rare in the province, but which needed further study in view of the inconclusive information at hand.

Incorrectly identified herbarium sheets have contributed greatly to the confusion surrounding this species, not only in Québec, but also in the adjoining provinces. With this in mind, a more thorough search was carried out which disclosed some thirty sheets of *J. brachycephalus* among misidentified herbarium specimens from Québec. It has been most frequently misconstrued as *J. articulatus*, because of its open, divaricately branching cyme, but occasionally it has also been confounded with *J. alpinus* and *J. brevicaudatus*. Although these species are often found growing together, *J. brachycephalus* is readily distinguished from them. Fifteen new stations are now known for southeastern Québec. Full specimen citations substantiating the records mapped in Figure 1 are listed below.

BEAUCE CO.: Saint-Georges-de-Beauce. 26 août 1889. *D.N. St-Cyr 425, 426* (QUE). Beauceville. 4 août 1933. *Fr. Anselme s.n.* (QFA). Beauceville, Rapides du Diable de la rivière Chaudière. 21 septembre 1946. *M. Raymond, J. Kucyniak 1441* (DAO, MT); 16 septembre 1959. *M. Raymond 59015* (MT). Beauceville, rivière Chaudière. 4 septembre 1962. *A. Gagnon 8350a* (QFA). Beauceville, Rapides du Diable de la rivière Chaudière. 22 août 1981. *S. Hay 81059* (DAO, MT), *81066* (DAO, MT, QFA). BELLECHASSE CO.: Saint-Vallier. 8 août 1933. *Marie-Victorin, Rolland-Germain, R. Meilleur 44129* (MT). Saint-Michel. 9 août 1981. *S. Hay 81047* (DAO, MT). Anse Saint-Vallier, embouchure de la rivière

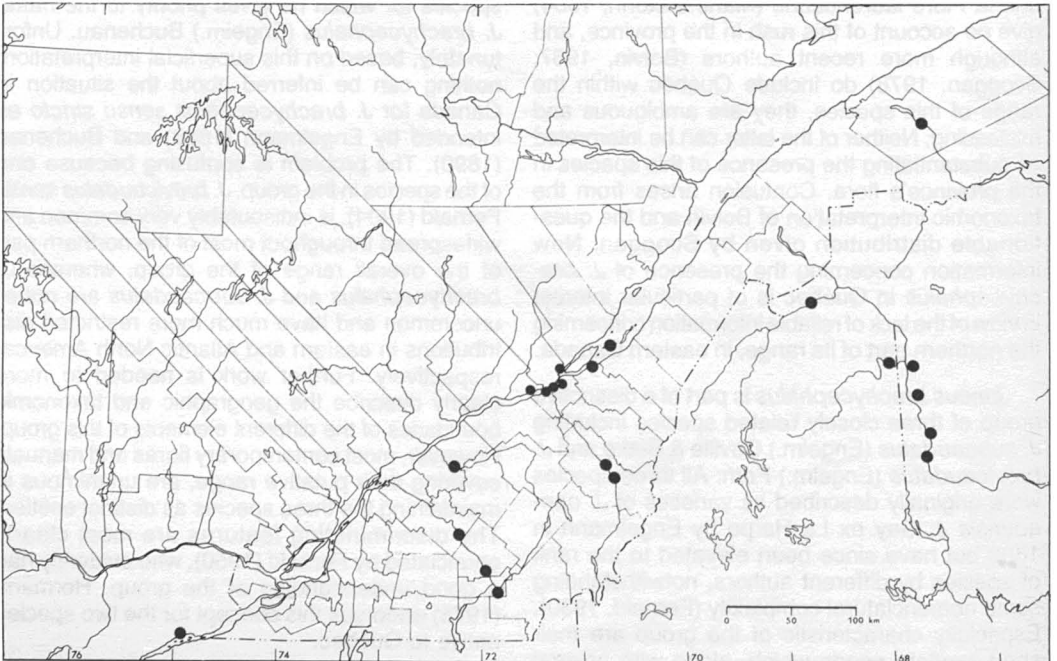


Figure 1. The known geographical distribution of *Juncus brachycephalus* in Québec and immediately adjacent territory.

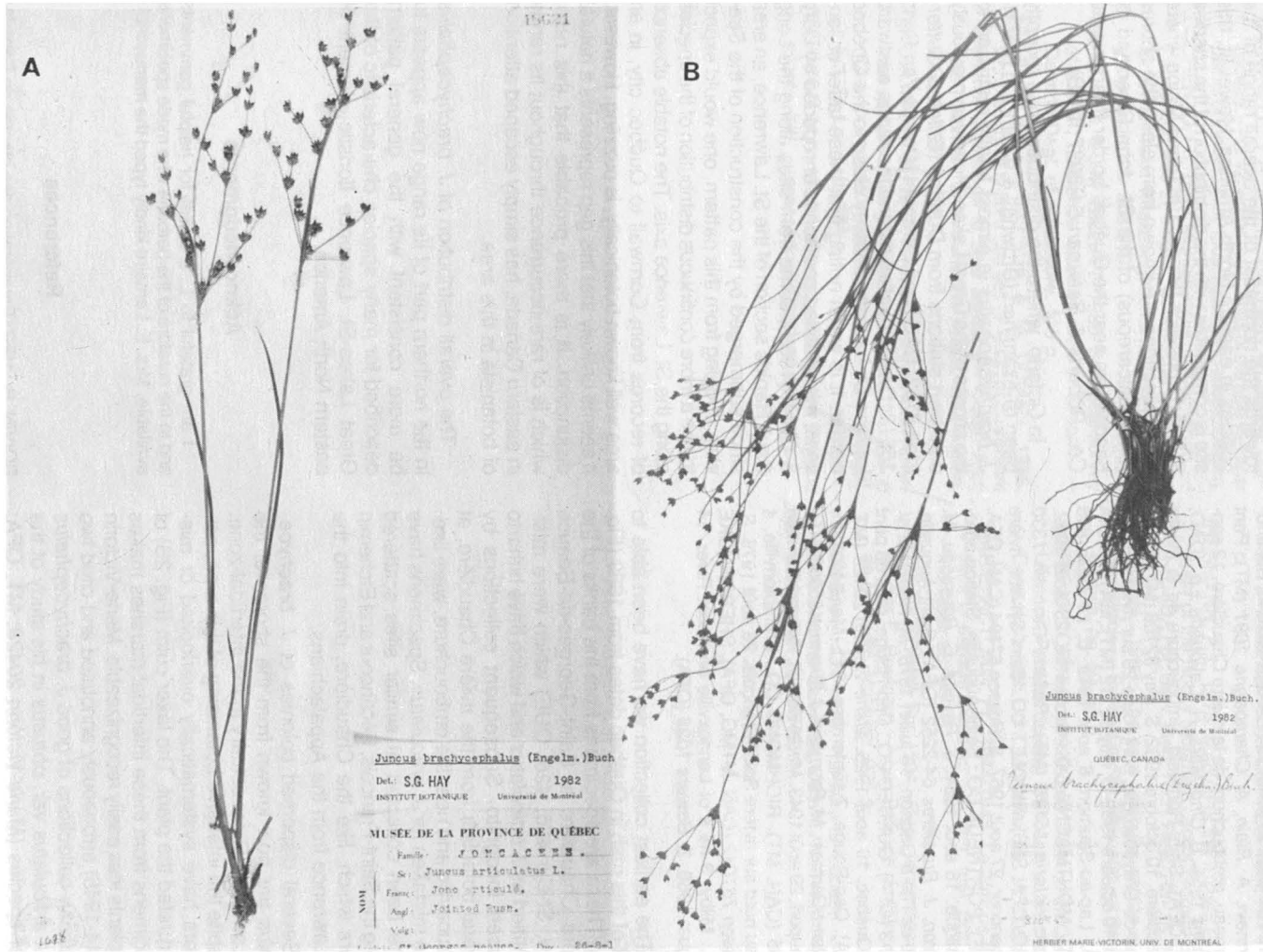


Figure 2. Herbarium specimens of *Juncus brachycephalus*: (A) Saint-Georges-de-Beauce, D.N. St-Cyr 425; (B) Anse Saint-Vallier, S. Hay 81055.

Boyer. 10 août 1981. *S. Hay 81055* (MT); 21 août 1981. *S. Hay 81065* (MT); 11 octobre 1982. *S. Hay 82116* (MT). DRUMMOND CO.: Ulverton, Saint-François River. 30 August 1953. *L.M. Terrill 7298* (DAO). LÉVIS CO.: Saint-Nicholas. 21 juillet 1941. *Marie-Victorin, Rolland-Germain, A. Blain, A. Champagne 1091* (MT). Pont Garneau, embouchure de la rivière Chaudière. 12 septembre 1954. *L. Cinq-Mars, R. Cayouette s.n.* (DAO, MT, QFA). Saint-Romuald, embouchure de la rivière Chaudière. 10 octobre 1982. *S. Hay 82108* (MT). Saint-Jean-de-Chrysostome, pont route 20 sur rivière Etchemin. 10 octobre 1982. *S. Hay 82112* (MT). MATAPÉDIA CO.: Lac-au-Saumon. 8 août 1949. *C. Le Gallo 896* (MT). MONTMAGNY CO.: Grosse Île. 28 août 1922. *Marie-Victorin 15128* (MT); *Rolland-Germain 1330* (DAO, QFA, SFS). NICOLET CO.: Saint-Sylvere, rivière Bécancour. 27 août 1967. *S. Brisson 67194* (CAN, QFA, QUE). PORTNEUF CO.: Saint-Augustin, Station agronomique. 18 août 1964. *S. Payette, C. Rousseau, M. Perron, J. Bussièrès 64-2252* (QFA). Saint-Augustin, baie de l'île à Gagnon. 18 juillet 1975. *M. Hébert et al. 112-3* (QFA). QUÉBEC CO.: Cap-Rouge, près du pont de Québec. 19 août 1925. *Marie-Victorin 20428* (MT, QFA). Cap-Rouge. 7 septembre 1941, *Marie-Victorin, Rolland-Germain, M. Raymond, J. Kucyniak 55068* (MT). Beauport. 29 août 1943. *Marie-Victorin, Rolland-Germain 7335* (CAN, MT). RICHMOND CO.: Bromptonville, 4 mi au nord sur rivière Saint-François. 28 août 1976. *S. Brisson 761042* (CAN, MTMG, QFA). SHERBROOKE CO.: Milby, 3 mi s of Lennoxville on Ascot River. 14 August 1966. *T. Bowers 1028* (QFA).

The earliest collection we have been able to find of this rush in Québec dates from 1889 (Fig. 2A). These are specimens from the banks of the rivière Chaudière at Saint-Georges-de-Beauce (*D.N. St-Cyr 425, 426*; QUE) which were misidentified as *J. articulatus* and which have hitherto passed incognito. Subsequent collections by several botanists from the rivière Chaudière, at Beauceville and near the embouchure, were likewise mistaken for *J. articulatus*. Specimens have since been collected at similar sites scattered along the Saint-François, Bécancour and Etchemin rivers which, like the Chaudière, drain into the St. Lawrence from the Appalachians.

Several dispersed colonies of *J. brachycephalus* are now known from the shores of the St. Lawrence River estuary in the intertidal zone. Despite the intensive botanizing of this area, collectors have systematically overlooked or misinterpreted the plant. The laxer culm (Fig. 2B) of specimens from these intertidal marshes makes the plants less easily recognizable. Marie-Victorin (1944-1945) erroneously annotated and cited two estuarine collections of good *J. brachycephalus* as *J. articulatus* var. *obtusus* in his study of the latter species (*Marie-Victorin 20428*; MT, QFA; *Marie-Victorin, Rolland-Germain & R. Meilleur 44129*; MT). Other collections from this area have been variously mistaken as *J. alpinus* or *J. brevicaudatus*.

In the eastern part of the province, a single eccentric location has been discovered from a marl-bed at Lac-au-Saumon, Matapédia Co. (*Le Gallo 896*; MT). This represents a slight extension towards the northeast of the overall range of the species in eastern North America. However, this site is compatible with the distribution of the species in New Brunswick (Hinds, 1983) and Maine where rare collections are known from along the shores (often calcareous) of the St. John River and its headwaters near the Québec border (*Madawaska Co., Roberts & Bateman 64-3087*; UNB).

In Ontario, where the distribution has recently been re-examined (Brownell & Catling, in press), *J. brachycephalus* is almost totally restricted to the shores of the Great Lakes. However, previously unknown stations from Dundas (*Gillett & Gutteridge 8152*; DAO) and Stormont (*Dore & Van Rens 15613*; DAO) counties extend the range eastward into the St. Lawrence Valley close to the Québec border. It is worth noting that these latter collections, misidentified and hence unreported by Dore & Gillett (1955), come from sites along the Long Sault Rapids section of the St. Lawrence, an area since submerged by the construction of the Seaway. Judging from this pattern, one would expect to see a more continuous distribution of the species along the St. Lawrence axis. The notable absence of records from Cornwall to Québec city, in an area well known botanically, is puzzling. However, it seems unlikely that this gap represents a natural disjunction. It is more probable that this rush, which is of rare occurrence throughout its range in eastern Canada, has simply escaped attention of botanists in this area.

The overall distribution of *J. brachycephalus* in the northern part of its range now appears to be more consistent with the general pattern described for many species characteristic of the Great Lakes-St. Lawrence floristic element of eastern North America.

Acknowledgments

I am grateful to L. Brouillet for helpful comments and to the curators of the herbaria who made specimens available. Mrs. E. Lemaire kindly typed the manuscript.

References

- BOIVIN, B., 1967. Énumération des plantes du Canada. — *Naturaliste can.*, 94: 131-157.
- BOIVIN, B., 1979. Flora of the Prairie Provinces. Part IV: Orchidaceae-Juncaceae. — *Phytologia*, 42: 385-414.

- BOUCHARD, A., D. BARABÉ, M. DUMAIS & S. HAY, 1983. Les plantes vasculaires rares du Québec. — Syllogeus, Nat. Mus. Natural Sciences, Ottawa, no. 48, 79 p.
- BROWNELL, V.R. & P.M. CATLING (in press). Juncaceae. — G.W. Argus (ed.). Atlas of the rare vascular plants of Ontario. Nat. Mus. Natural Sciences, Ottawa.
- BUCHENAU, Fr., 1890. Monographia Juncacearum. — Pages 268-269 in Engler, Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, 12: 268-269.
- DORE, W.G. & J.M. GILLET, 1955. Botanical survey of the St. Lawrence Seaway area in Ontario. — Canada Dept. of Agriculture, 115 p.
- DUTILLY, A.E., E. LEPAGE & M. DUMAN, 1958. Contribution à la flore des îles (T.N.O.) et du versant oriental (Qué.) de la baie James. — Contr. Arct. Inst., Catholic Univ. America Press, Washington, D.C., no. 9F: 1-199.
- ENGELMANN, G., 1868. A revision of the North American species of the genus *Juncus*, with a description of new or imperfectly known species. — Trans. Acad. Sci. St. Louis, II: 474 p.
- FERNALD, M.L., 1904. Preliminary lists of New England plants. XIII. Juncaceae. — Rhodora, 6: 34-41.
- FERNALD, M.L., 1930. The identities of *Juncus canadensis* and of *J. brevicaudatus*. — Rhodora, 32: 83-88.
- FERNALD, M.L., 1950. Gray's manual of botany. 8th ed. — American Book Co., New York, N.Y., 1632 p.
- HERMANN, F.J., 1975. Manual of the rushes (*Juncus* spp.) of the Rocky Mountains and Colorado Basin. — USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep., Rm-18, 107 p.
- HINDS, H., 1983. The rare vascular plants of New Brunswick. — Syllogeus, Nat. Mus. Natural Sciences, Ottawa, no. 50, 38 p.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1929. Les Liliiflores du Québec: Liliacées, Pontédériacées, Iridacées, Joncacées. — Contr. Lab. Bot. Univ. Montréal, no. 14, 202 p.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1944-1945. Le *Juncus articulatus* L. dans le Québec. — Contr. Inst. Bot. Univ. Montréal, 56: 93-98.
- MARIE-VICTORIN, Fr., 1964. Flore laurentienne (2^e éd. par E. Rouleau). — Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 925 p.
- SCOGGAN, H.J., 1978. The flora of Canada. — Nat. Mus. Natural Sciences, Ottawa, N.M.N.S. Publ. in Botany, no. 7, 93-545.

REVUE DES LIVRES

ALEXANDER, R. McN., 1982. **Optima for animals.** — Edward Arnold (Publishers) Ltd., Woodlands Park Avenue, Woodlands Park, Maidenhead, Berks, U.K., 112 p., 15 × 22,5 cm. Couverture souple, 5,50 £

L'évolution est une conséquence de la sélection naturelle, c'est-à-dire de la survie et de la reproduction supérieure de certains individus d'une population. On dit de tels individus qu'ils sont mieux adaptés que leurs congénères à leur environnement actuel. Ce qui confère cet avantage à un individu, c'est la possession de caractères meilleurs, même très légèrement, que ceux de ses congénères.

Voici un petit livre bien rempli qui utilise la théorie d'optimisation, une approche mathématique relativement simple, pour comprendre pourquoi les caractères des animaux sont tels qu'ils sont, ou ce qui fait qu'un caractère est meilleur. L'optimisation est le processus qui consiste à minimiser les coûts tout en maximisant les bénéfices, ou la recherche du meilleur compromis entre les deux. La sélection naturelle est donc un processus d'optimisation. Alexander démontre la pertinence et l'utilité de cette approche en l'appliquant avec succès à une vaste gamme de caractères.

Un chapitre traite de structures anatomiques optimales. Il y est question de la forme et des dimensions des os en relation avec leurs propriétés physiques et leur fonction; il en est de même des yeux composés des insectes, des écailles des œufs d'oiseaux ainsi que des canaux semi-circulaires de l'oreille.

Un autre chapitre traite du domaine d'expertise principal de l'auteur, la locomotion. On y analyse certains aspects du vol des oiseaux, de la nage chez les poissons, puis de la marche et de la course chez les quadrupèdes. Le chapitre 4 traite de l'optimisation des comportements, notamment la recherche de nourriture, les dimensions optimales d'un territoire, et le processus de décision dans les combats entre congénères. Le dernier chapitre d'applications de la théorie traite de stratégies de reproduction: combien d'œufs devrait produire une femelle, quand est-il approprié pour une colonie d'insectes sociaux de produire de nouvelles reines, comment un animal devrait-il répartir les ressources limitées dont il dispose entre la croissance et la reproduction, pourquoi y a-t-il chez presque toutes les espèces autant de mâles que de femelles, pourquoi la plupart des mâles négligent leurs jeunes, laissant ce fardeau aux femelles? Autant de questions qu'éclaire la théorie d'optimisation.

Le dernier chapitre traite des aspects purement mathématiques de la théorie. Mais juste avant, l'auteur discute très utilement des dangers, des limites et des difficultés d'application de la théorie. Il revient ainsi à un sujet qu'il avait abordé dans l'introduction où il présente, à l'aide de quelques exemples simples, les notions de calcul différentiel et intégral nécessaires. Un de ces

exemples, en répondant à la question «quelle est la meilleure forme d'une boîte de conserve cylindrique», insiste sur le préalable fondamental de toutes considérations d'optimisation: l'identification des critères d'optimisation. Une telle question n'a de sens en effet que si l'on identifie clairement ce que l'on veut *maximiser* et ce que l'on veut *minimiser*. Si ce que l'on cherche c'est d'utiliser un minimum de tôle pour contenir un maximum de nourriture, la théorie d'optimisation montre que la meilleure boîte cylindrique aura un diamètre égal à sa hauteur. Puisque la plupart des boîtes de conserve n'ont pas cette forme, elles ne sont pas fabriquées pour satisfaire au critère d'optimisation appliqué ici. Elles cherchent tout probablement à satisfaire à d'autres critères en plus de celui-là. D'essayer simultanément de satisfaire à tous les critères d'un ensemble (v.g. le transport des boîtes, leur disposition sur l'étagère, l'impact visuel de leur étiquette, etc. ...) fait qu'on ne satisfait à aucun à la perfection, et mène donc à la production d'un objet qui constitue un compromis entre plusieurs besoins, ceci étant le cas de la plupart des caractères des animaux. De plus, la solution optimale se réalise toujours à l'intérieur des limites imposées par les lois de la physique.

C'est sans doute la leçon la plus importante de ce livre que d'insister sur ces deux grandes difficultés d'application de la théorie d'optimisation aux animaux: l'identification des critères d'optimisation, et la reconnaissance des contraintes physiques. Il est immédiatement évident que l'os idéal serait à la fois incassable et sans masse; il est tout aussi évident qu'un tel os n'est pas permis par les lois de la physique. La vaste majorité des cas sont loin d'être aussi évidents, rendant difficile une application pertinente et une interprétation juste et utile des résultats de la théorie d'optimisation. Mais, comme Alexander le montre avec éclat dans son petit livre, c'est loin d'être suffisant pour se priver des fruits de son application.

Cyrille BARRETTE

Département de biologie
Université Laval

GASKIN, D.E., 1982. **The ecology of whales and dolphins.** — Heinemann Educational Books Inc., Exeter, N.H., 459 p., 16 × 24 cm. Relié, 45 \$ US.

Chaque fois qu'un auteur consacre plusieurs années à synthétiser ses connaissances sur un groupe d'organismes aussi vaste et diversifié que les cétacés, on ne peut que lui être reconnaissant d'avoir ainsi mis en lumière une mine de renseignements. Quand de telles connaissances sont abondantes et préalablement dispersées dans de nombreux écrits en plusieurs langues dans des revues souvent inaccessibles, l'ouvrage produit

devient un véritable coffre au trésor dans lequel il est désormais facile de puiser. Si l'auteur est en plus lui-même un expert du domaine et qu'il nous fait profiter de son expérience et de sa vision personnelles, ce qu'il nous offre c'est un étalage de bijoutier, chaque article étant non simplement découvert et exposé, mais taillé, poli, éclairé, et présenté dans un ensemble cohérent et harmonieux. C'est ce qu'est le livre de Gaskin, un outil bien fait et très beau.

Le titre est modeste. Il ne traite pas seulement de l'écologie dans un sens étroit, mais de tout ce qu'on connaît des cétacés et qui peut contribuer à comprendre leur vie.

De plus, il ne s'agit pas d'une suite de chapitres hermétiques, superficiellement liés pour la forme dans un chapitre-synthèse, mais chaque sujet est éclairé par tous les autres. La première phrase du premier chapitre (*Distributional ecology of Cetacea*) révèle cette approche qui imprègne tout le livre: "The annual migrations of Cetacea appear to represent an evolved compromise between differing requirements for breeding and maximum feeding potential". Dans une phrase se trouvent interreliées la migration, l'évolution, la reproduction et la nutrition.

Ce chapitre débouche sur les deux suivants qui présentent l'état des connaissances sur les habitudes alimentaires, les comportements d'alimentation, le métabolisme et les budgets d'énergie de tous les cétacés des plus petits dauphins aux plus grands des rorquals. Le chapitre suivant concerne la structure sociale et le comportement social, un sujet d'autant plus ardu qu'il s'agit d'animaux particulièrement difficiles à observer, étant donné l'ampleur de leurs déplacements dans un milieu naturel qui n'est pas du tout le nôtre. On y trouve notamment une discussion très lucide sur la présumée intelligence des baleines et des dauphins.

Viennent ensuite trois sujets inséparables: l'évolution, la zoogéographie et la spéciation des cétacés. Gaskin y fait notamment le point d'une part sur l'origine des cétacés et d'autre part sur la difficulté de mesurer le degré d'hermétisme entre populations et de reconnaître les sous-espèces valides: deux sujets qui sont au centre des préoccupations concernant l'extinction imminente de certaines espèces et les dangers de surexploitation de certaines populations. Un appendice au chapitre 5 présente une liste systématique des cétacés actuels.

Les chapitres 8 et 9 concernent la dynamique et l'aménagement des populations, respectivement. Gaskin y analyse très justement les difficultés de mesurer les populations (inventaires, composition) et les pièges à éviter dans l'analyse des données des opérations commerciales, notamment la difficulté d'évaluer l'effort de capture, un élément essentiel pour déduire ultimement l'état des populations. Le chapitre 8 se termine par un appendice offrant les meilleures estimations actuelles de l'état des populations de toutes les espèces d'intérêt commercial. Le chapitre 9 est à juste titre très critique des pratiques actuelles d'exploitation des grandes baleines. Le dernier chapitre traite de l'impact de la pollution des mers sur la survie des cétacés. Chaque chapitre se termine par sa propre liste de références, un arrangement avantageux à plusieurs points de vue.

Enfin, un livre agréable et utile pour un vaste auditoire de spécialistes et de profanes.

Cyrille BARRETTE

*Département de biologie
Université Laval*

GRASSÉ, P.P. & J. BENOÎT (sous la direction de), 1982. *Traité de zoologie*. Tome XVI. Mammifères: Embryologie. Fasc. VII. — Masson Éditeur, Paris, 1121 p., 16,5 × 24 cm. Cartonné, 1100 FF.

Ce volume continue la série des fascicules consacrés aux mammifères et c'est avec plaisir que l'on constate l'importance de la place réservée dans le grand traité français aux événements de l'ontogénèse. Ceux-ci sont trop souvent négligés par le biologiste «moyen» comme si les stades embryonnaires n'étaient qu'une phase peu significative de la vie individuelle. Bien plus, les synthèses sur l'organogénèse ne sont pas nombreuses parmi les livres des 25 dernières années. C'est donc avec satisfaction que l'on constate, d'une part, l'épaisseur de ce volume, d'autre part, son orientation prépondérante vers la description du développement des organes. Le premier chapitre traite de l'embryologie des monotrèmes, assez brièvement peut-être (29 pages) mais c'est plus qu'on n'en trouve presque partout ailleurs. Le second chapitre est logiquement consacré aux marsupiaux dont les stades premiers, antérieurs à l'organogénèse, sont mentionnés avec d'intéressantes illustrations, et les annexes embryonnaires décrites d'une manière assez neuve, semble-t-il. Le chapitre suivant fait le passage aux eutheriens avec un long texte sur le développement entre le stade indivis et la jeune neurula. Il est placé par ses auteurs sous le signe de l'embryologie causale et c'est peut-être le chapitre le plus richement documenté de tout le volume. On y notera les pages consacrées à la biochimie et à l'ultrastructure des stades de pré-implantation. Le sens de la gastrulation y est discuté.

Le chapitre suivant traite de la nidation de l'œuf, incluant des aspects particulièrement intéressants tels que la neuroendocrinologie de ce phénomène en plus, naturellement, de l'action des hormones ovariennes en général. L'implantation différée est largement traitée. On passe ensuite aux annexes embryonnaires des placentaires, chapitre qu'on peut qualifier de très classique, utile à l'étudiant qui doit absorber des connaissances de base: la bibliographie est ici particulièrement abondante. Vient ensuite une sorte de chapitre-parenthèse sur le développement en général, incluant les variations principales, certains aspects biométriques et le développement *in vitro*.

L'organogénèse proprement dite est ensuite présentée en une succession de chapitres. Le squelette et les muscles occupent plus de 100 pages, ce qui n'est pas excessif étant donné l'importance des systèmes de soutien et de locomotion. La peau et ses annexes sont ensuite traités avec un paragraphe intéressant sur les potentialités morphogénétiques de la peau embryonnaire et une longue description des annexes tégumentaires. Le système nerveux et les organes des sens occupent les deux chapitres suivants et semblent être une présentation très classique de ces sujets, un

peu courte peut-être dans le cas des récepteurs périphériques. L'appareil circulatoire est traité ensuite, puis le tube digestif, et leur développement est également décrit dans les termes les plus classiques.

L'embryologie des glandes endocrines est présentée avec une approche intéressante sur les relations entre l'organogenèse de ces structures et la nature de leurs hormones. Le développement des organes respiratoires est décrit dans le chapitre suivant, avec une section terminale sur la maturation physiologique des poumons. Les deux derniers chapitres traitent respectivement du coelome et des mésentères puis de l'appareil uro-génital. La bibliographie est abondante pour ce dernier chapitre en particulier.

Il est difficile de porter un jugement d'ensemble unique sur un livre aussi hétérogène, réalisé par deux douzaines d'auteurs. D'une part, on ne peut que se féliciter de cette présentation synthétique d'un domaine majeur de la biologie mammalienne. D'autre part, on pourrait regretter que l'ensemble soit précisément aussi classique, c'est-à-dire s'en tienne aux données de base dont a besoin l'étudiant ou le chercheur qui cherche à rafraîchir de manière routinière des notions un peu oubliées depuis le temps de sa scolarité. Divers aspects de travaux d'embryologie contemporains ne sont guère considérés, par exemple, des problèmes biochimiques fondamentaux; certaines discussions théoriques majeures, celles des notions de champs, d'effets de position applicables au développement embryonnaire des mammifères, etc., ne sont pas rapportées explicitement; la possibilité d'une approche topologique selon les méthodes récentes de modélisation n'est pas évoquée. On se demande si cet ouvrage n'a pas été mis en chantier il y a trop longtemps déjà et dans une optique déjà un peu vieillie à ce moment-là: on notera que les bibliographies contiennent une majorité peut-être excessive de «vieux» titres (bien peu de dates des années 70). Bien sûr, il faut qu'on dispose de sources classiques de ce genre. Mais ne pourrait-on pas les coupler avec des comptes rendus de travaux récents? Cela exigerait sans doute un second volume, c'est-à-dire une entreprise que seules quelques maisons d'édition très riches semblent pouvoir affronter dans les années 80, avec des résultats vite périmés d'ailleurs; en fait, il faut être, pour cela, non seulement un éditeur riche mais presque un philanthrope, en tout cas pas du tout un commerçant sans plus.

Le présent ouvrage, en fin de compte, semble viser avec réalisme à tenir un rôle moyen. C'est peut-être le sort de tous ces gros traités dont la composition prend des années et qui ne peuvent évidemment concurrencer en actualité les ouvrages collectifs issus de symposiums. On a quand même besoin de telles sources classiques et le livre d'embryologie des mammifères examiné ici remplira certainement, pour cette raison, une fonction très utile dans le laboratoire ou le bureau de tout mammalogiste assez riche pour l'acheter — et pour un temps du moins: car, si le papier et la typographie sont de la haute qualité traditionnelle chez Masson, la reliure semble trahir l'inacceptable fragilité tout aussi traditionnelle chez cet éditeur.

Paul PIRLOT

Département de sciences biologiques
Université de Montréal

PRESTON, W.B., 1982. **The amphibians and reptiles of Manitoba.** — Manitoba Museum of Man and Nature, Winnipeg, 128 p., 14 × 21,5 cm. Relié, 9,95\$

Quoique pauvre, la faune herpétologique canadienne est mal connue et peu étudiée. L'ouvrage de Preston constitue un bon regroupement de renseignements sur cette faune, au Manitoba. L'auteur vise spécifiquement trois buts: fournir un guide populaire, colliger l'information qui peut intéresser les professionnels et faire le point sur les connaissances actuelles. Le traitement des deux premiers objectifs est équilibré, précis et compréhensible, et l'état actuel des connaissances est défini tout au long du livre.

L'herpétologie générale, la biologie des espèces recensées et les particularités de répartition au Manitoba ont fait l'objet de recherches importantes. Le livre attirera autant les professionnels que les profanes. L'auteur présente une grande variété d'information en évitant le jargon technique, sans sacrifier la précision et sans diminuer la valeur de l'ouvrage.

L'ouvrage est bien illustré, avec 64 photos demi-pages dont 38 en couleur, 9 dessins et 21 cartes de répartition. Les illustrations qui permettent d'identifier les espèces au moyen de comparaisons visuelles ne sont guère nécessaires, à cause du petit nombre d'espèces. Il y a de bonnes clés pour l'identification des têtards anoures, vivants et préservés, et pour l'identification des œufs d'amphibiens.

Le livre de Preston commence par une courte introduction, suivie par un exposé sommaire du système binominal de nomenclature. Les caractéristiques générales des amphibiens et des reptiles, leur répartition et le nombre d'espèces dans le monde sont mentionnés. L'auteur explique les effets de la géologie, du climat et de la végétation sur la répartition de ces animaux au Manitoba. Un chapitre bref sur la conservation fait état de l'importance de la protection des habitats et souligne qu'au Manitoba, trois espèces sont protégées et les captures de trois autres réglementées. Il en résulte que cette province est la plus progressiste au plan des lois de protection de ces animaux. Une page sur les techniques de préservation et la présentation des clés terminent la partie liminaire du livre.

Viennent ensuite les 21 descriptions des amphibiens et des reptiles du Manitoba qui constituent la moitié du livre (57 pages). Chaque compte rendu de 2 à 4 pages comprend la description et répartition de l'espèce, ainsi que des renseignements sur l'habitat, l'écologie et la reproduction. Chaque espèce est illustrée par au moins une photographie.

La troisième partie du livre comprend un glossaire, plus de 100 références bibliographiques et une liste supplémentaire de 42 travaux généraux. Une liste des noms vernaculaires anglais et français et les 21 cartes hors texte de répartition complètent cet ouvrage.

L'auteur présente beaucoup de renseignements spécifiques à l'herpétofaune du Manitoba. Par contre, il discute peu des sujets plus généraux, ce qui peut parfois mener à la confusion, comme dans le cas de la reproduction chez les salamandres (p. 10). L'expression «*reticulate melanism*» appartenant à la tortue peinte (p. 77) n'est pas expliquée. L'usage des termes

«narrow» et «wide» pour décrire les mâchoires des têtards (p. 33) doit être clarifié. L'auteur dit qu'il y a 13 espèces de tortues au Canada (p. 12), alors que le nombre exact est 10.

Dans les courtes introductions aux familles, qui se trouvent entre les descriptions des espèces, les membres des familles recensés au Manitoba sont mentionnés sans indication de sous-espèce. Cependant, dans 12 des 21 comptes rendus des espèces, l'auteur ajoute les noms des sous-espèces. Par exemple, dans l'introduction à la famille des scincidées, la scinque des prairies est appelée *Eumeces septentrionalis*, et sur la ligne suivante, *Eumeces septentrionalis septentrionalis* (p. 78). La mention des sous-espèces sans cohérence génère de la confusion.

La dimension des cartes de répartition permet de situer les localités connues ainsi que l'addition de nouvelles mentions. Dans la plupart des cas, les limites de distribution sont déterminées selon les collections ou des rapports vérifiés, mais, pour les deux espèces de tortues (p. 120, 121), les limites ont été étendues au nord par simple oui-dire.

William Preston et le *Manitoba Museum of Man and Nature* ont produit une bonne édition. Les livres de qualité sur l'herpétofaune canadienne sont rares et «*Amphibians and reptiles of Manitoba*» y apporte une contribution importante. L'ouvrage est de haute qualité et son format le rend pratique et peu encombrant. Il stimulera l'intérêt pour ces animaux tant au Manitoba qu'ailleurs.

Ross D. MacCULLOCH

*Department of Ichthyology and Herpetology
Royal Ontario Museum
Toronto, Ontario*

ROSE, A.H. & O.H. LINDQUIST, 1982. **Insectes des feuillus de l'est du Canada.** — Ministère de l'Environnement du Canada, 304 p., 16,5 × 25 cm. Couverture souple, 14,95 \$. Disponible chez les agents libraires agréés pour la vente des publications du gouvernement du Canada et autres librairies commerciales et par le Service des commandes postales du Centre d'édition du Gouvernement du Canada, Hull, Québec K1A 0S9, payable à l'avance par chèque ou mandat à l'ordre du Receveur général du Canada.

Ce livre est le quatrième et le dernier d'une série que Rose & Lindquist ont préparé sur les insectes nuisibles des arbres de l'est du Canada. Comme pour les autres livres déjà publiés, celui-ci demeure un excellent ouvrage de référence tant pour les professionnels que pour les amateurs. Le texte a été divisé en sections correspondant aux différents genres d'arbres (bouleau, érable, etc.). À l'intérieur de chacune de ces sections on retrouve (1) une illustration des feuilles de chaque espèce d'arbre discuté (2) une clé d'identification du type d'insecte nuisible (c'est-à-dire mineuses, enrouleuses, etc.) et le numéro de la page où l'on peut obtenir des renseignements plus précis, et (3) une brève description de l'insecte, soit les caractéristiques du cycle vital et des dommages causés. Le tout est accompagné

d'excellentes photographies en couleur, représentant au total plus de 400 espèces d'insectes. La seule critique que j'ai à formuler est l'absence d'une échelle de grandeur sur les photographies, en particulier lorsque celles-ci n'ont pas de points de repère.

Je recommande vivement l'achat de ce livre à tous ceux qui manifestent un intérêt pour la foresterie et/ou l'entomologie, car l'information contenue dans ce livre est de haute qualité et offerte à un prix très raisonnable.

Jeremy McNEIL

*Département de biologie
Université Laval*

MONET, R., 1983. **Le pêcher. Génétique et physiologie.** — Actualités scientifiques et agronomiques de l'Institut national de la recherche agronomique n° 12. Masson Éditeur, Paris, 133 p., 16 × 24 cm. Broché, 120 FF. Disponible chez SOMABEC, 2465 rue Sylva Clapin, Saint-Hyacinthe, Québec.

Cet ouvrage est à ma connaissance le seul du genre qui ait été publié en français. Il est nécessaire et fort utile aux grands spécialistes de la culture du pêcher. De plus, il peut rendre de précieux services à ceux qui sont en quête de notions fondamentales sur les autres espèces d'arbres qui produisent des fruits à noyau tels le prunier, le cerisier et l'abricotier. Il ne s'adresse pas aux arboriculteurs fruitiers car il ne contient pas de techniques culturales ni de descriptions de variétés ou de porte-greffes. Par contre, les agronomes vulgarisateurs, les professeurs aux niveaux universitaire et para-universitaire, les chercheurs en arboriculture fruitière de même que les horticulteurs professionnels y trouveront de pertinentes informations sur la génétique et la physiologie du pêcher. Ce livre présente sous forme concise, nette et précise, une revue de littérature complétée par les résultats des travaux de recherches de monsieur Monet. L'édition et l'impression sont excellentes. Les illustrations y sont d'une qualité exceptionnellement bonne. Toutefois, le titre ne correspond pas exactement au contenu du volume qui ne traite que d'une partie de la génétique et d'une partie seulement de la physiologie du pêcher. Quoique fragmentaire, la documentation présentée apporte au lecteur des connaissances nouvelles.

En Amérique du Nord, la culture du pêcher se fait surtout aux États-Unis, puis au Mexique et enfin de façon beaucoup plus modeste, au Canada et cela uniquement au Canada anglais. Les pêcheurs ne se cultivent pas commercialement au Québec. Vu qu'il est publié en français, le livre de monsieur Monet ne saurait recevoir dans le continent nord-américain toute l'attention qui lui est due. Dans un autre volume imprimé en 1975 et édité par Jules Janick & James N. Moore sous le titre de «*Advances in fruit breeding*» et distribué par Purdue University Press, la section intitulée «*Peaches*» (p. 285-335) qu'a écrite C.O. Hesse est à mon avis plus exhaustive que le livre de monsieur Monet. Ce dernier y cite une référence de Hesse (1971) mais fait abstraction de celle ci-haut mentionnée.

L'auteur délaisse les connaissances génétiques des programmes d'amélioration du pêcher concernant l'hé-

réité de maints caractères. Il traite sous la rubrique des «caractères à variation continue», certaines anomalies morphologiques ou d'ordre biochimique. De même, les mutations affectant la feuille, la fleur, le fruit et la graine s'y trouvent décrites. La notion de basitonie y apparaît brièvement mais non pas celle d'acrotonie. Il est vrai que la forme pyramidale présente une acrotonie plus ou moins mitigée. Le lecteur souhaiterait en connaître davantage sur ces deux caractères d'importance capitale en arboriculture fruitière moderne. Même si l'auteur leur attache peu d'importance, les «caractères à variation continue» sont traités de façon un peu trop succincte à mon sens. D'ailleurs, en général, peu d'attention est donnée à la génétique comparée à la physiologie dans ce volume. La génétique y fait l'objet de trois courts chapitres seulement alors que la physiologie requiert celui de sept chapitres plus élaborés.

Tel que mentionné par l'auteur, la physiologie est appréhendée ici dans un sens très large et englobe des notions d'anatomie, de cytologie et de biochimie. Au chapitre 9, l'anomalie des noyaux fendus semble appartenir davantage à la génétique qu'à la physiologie. Au chapitre 10, il est question de «la vie ralentie de l'arbre». Ceci n'a rien à voir avec «la formation des organes de reproduction» que l'auteur a placé dans le même chapitre. Il serait souhaitable qu'il ait groupé dans un 11^e chapitre tout ce qui a trait à «la vie ralentie de l'arbre», c'est-à-dire à la dormance et qu'il y ait joint «la dormance du méristème apical» trouvé au chapitre 5, à la page 58.

Malgré ces petites lacunes, ce livre est riche en renseignements. J'en recommande la lecture aux pomologistes qui s'intéressent au genre *Prunus*.

Raymond L. GRANGER

*Station de recherches en horticulture
Agriculture Canada
Saint-Jean-sur-Richelieu*

FLEURBEC, 1983. Plantes sauvages des villes, des champs et en bordure des chemins, 2. — Fleurbec et Québec Science, 208 p., 12,5 × 19 cm. Couverture souple, 12,95 \$.

Cet ouvrage est le quatrième «guide d'identification» du groupe Fleurbec et le deuxième à être consacré aux plantes des villes et des champs. Il se présente comme ceux qui l'ont précédé, sauf l'ajout de cartes de répartition. Soixante-deux espèces de plantes vasculaires y sont décrites, commentées et illustrées par des photographies en couleurs. Les plantes sont regroupées selon la couleur des fleurs. Pour chacune, le texte comprend une description morphologique, un résumé des caractères distinctifs, une présentation succincte de l'habitat, des notes sur la répartition et l'origine de la plante et souvent du genre auquel elle appartient, une liste de ses noms vernaculaires en français ainsi que son nom anglais, le nom scientifique suivi de sa signification et de son origine étymologique, des notes souvent abondantes sur le folklore de la plante, un paragraphe sur son intérêt agricole s'il y a lieu, une présentation de ses utilisations culinaires et enfin de ses utilisations médicinales. Il y a là beaucoup plus qu'un simple guide d'identification et les textes que

Fleurbec consacre à chaque espèce sont en fait de nature véritablement encyclopédique, du moins pour les aspects reliés au folklore et aux utilisations.

Les descriptions morphologiques sont assez élaborées. Les auteurs ont voulu éviter les termes trop techniques et écrivent que leur guide est «rédigé dans une langue simple, à la portée de tous»; à la page 15, ils avouent même regretter l'emploi de termes techniques. Je crois que cette phobie d'un vocabulaire so-disant «technique» (qui, au fond n'est qu'un vocabulaire précis) ne doit pas être encouragée; les termes nécessaires pour décrire précisément une plante sont peu nombreux et les amateurs n'auraient aucune difficulté à les mémoriser. Puisque, dans les autres sections, les auteurs utilisent sans fausse honte des termes aussi «techniques» que *alcaloïde*, *acétylcholine*, *mordancé*, *décoction*, *amnésique*, etc., on se demande pourquoi les termes *pédicelle* et *pédoncule* leur répugnent tellement qu'ils ont dû les remplacer par «queue». On ne devrait jamais se sentir coupable de nommer les choses par leur nom. J'ajoute qu'il s'agit là d'un point mineur: les descriptions des plantes sont en général précises et d'excellente qualité. Les photographies sont également très bonnes et réussissent, dans la plupart des cas, à illustrer adéquatement l'allure générale de la plante.

Les cartes de répartition sont extraites des ouvrages de Camille Rousseau. Elles ajoutent un élément d'information intéressant au livre et permettent aux auteurs de défendre pertinemment (à la page 18) l'utilité scientifique des grands herbiers. Dans beaucoup de cas, cependant, les cartes auraient dû être mises à jour.

Les notes folkloriques, agronomiques, culinaires et médicinales sont fascinantes: rédigées dans une langue élégante et précise, bien documentées, elles fourmillent de détails amusants ou étranges, charmants ou captivants, mais toujours instructifs. Elles constituent, je crois, l'apport le plus original de ces guides d'identification. Les utilisations culinaires et médicinales sont présentées avec beaucoup de soin: les auteurs ont eux-mêmes ou elles-mêmes expérimenté les vertus alimentaires de presque toutes les plantes et, quant aux utilisations médicinales, ne signalent que celles qui sont confirmées par des données scientifiques. D'ailleurs, des mises en garde avertissent toujours le lecteur des dangers d'une utilisation abusive de telle ou telle plante.

Cet ouvrage est dédié à M. Ernest Rouleau, dont la carrière scientifique est esquissée (p. 8-10) et la bibliographie, dressée (p. 11-13). Le livre se termine par un glossaire illustré, une bibliographie et plusieurs index, y compris un index des trois livres précédents.

Tous ceux et celles qui s'intéressent aux plantes, notamment à leur importance dans le folklore et la culture populaire, devraient se procurer ce livre et les trois autres qui l'ont précédé. Ils y apprendront comment identifier certaines plantes communes des villes et des champs et ils y découvriront une mine de renseignements fascinants, mais presque toujours délaissés par les flores et autres ouvrages savants. C'est de la vulgarisation de très haute qualité.

Pierre MORISSET

*Département de biologie
Université Laval*

PLATT, T., K.H. MANN & R.E. ULANOWICZ (édit.), 1981. **Mathematical models in biological oceanography.** — Monograph on oceanographic methodology n° 7. UNESCO Press, Paris, France, 156 p., 16 × 24.5 cm. Relié, prix non indiqué.

Ce volume est le résultat du travail d'un comité du SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research), qui s'était donné comme objectifs de suggérer (1) des méthodes mathématiques pour aborder les problèmes d'écologie marine et (2) des plans pour la collecte des données permettant de développer des modèles mathématiques. Publié dans la série «*Monograph on Oceanographic methodology*» ce volume, comme tous ceux de cette série, se veut un outil de travail facilitant le choix du type de modèle à utiliser.

Le volume se divise en trois chapitres principaux. Le premier chapitre «*State of the art*» décrit les différents types de modèles existants qui peuvent être utilisés par les océanographes. La section discutant de la modélisation des processus biologiques particuliers est intéressante quoique seul le cas des modèles semi-empiriques et, en particulier, ceux servant à décrire la relation entre la lumière et la photosynthèse y soient décrits à fond. La troisième section de ce chapitre porte sur des modèles beaucoup plus complexes servant à simuler les variations des processus biologiques couplés. Cette section présente différents exemples où ce type de modèle a été utilisé. Cependant, la liste d'inconvénients inhérents à l'utilisation de ce type de modèle, présentée à la fin de la quatrième section de ce chapitre, n'encourage pas son utilisation.

Le deuxième chapitre se divise en deux sections et porte sur de nouvelles explorations des propriétés des écosystèmes. La première section de ce chapitre discute des différentes démarches mathématiques qui permettent de décrire les écosystèmes. Parmi celles qui sont surtout discutées, la méthode d'Isaac est la plus approfondie. Cette section est relativement lourde à cause des nombreuses formulations mathématiques et s'adresse par conséquent à un lecteur particulièrement intéressé. La deuxième section porte sur l'application de la thermodynamique, de la mécanique statistique ainsi que de la théorie de l'information en écologie. Cette section est très bien présentée et les exemples y sont abondants.

Le troisième chapitre est l'un des plus intéressants puisqu'il remet en question le type de variables utilisées jusqu'à maintenant en océanographie biologique. Les auteurs insistent sur la nécessité de mesurer des variables dynamiques comme des taux de transfert d'énergie plutôt que des variables statiques comme les mesures de biomasse, largement utilisées jusqu'à maintenant. On y présente également de nouvelles techniques permettant d'évaluer certains taux physiologiques et flux écologiques. La question des échelles de variations des différents phénomènes est également abordée. Il est en effet reconnu que différents processus hydrodynamiques et différentes réponses biologiques apparaissent à différentes échelles spatiales et temporelles. Ces considérations seront donc déterminantes pour le choix des variables physiques et biologiques à utiliser et pour définir la fenêtre d'observation. Toutes ces questions sont abordées dans la section «*Statistical design of field program*».

En résumé, ce volume est bien écrit et il permet à ceux qu'intéresse la modélisation de faire un choix judicieux en ce qui concerne les modèles à utiliser.

Serge DEMERS

*Centre Champlain des sciences de la mer
Pêches et Océans Canada
Québec*

HALLBERG, R. (édit.), 1983. **Environmental biogeochemistry.** — Ecological Bulletins n° 35, Publishing House/FRN, Box 6710, Stockholm, Suède, 576 p., 17 × 24.5 cm. Relié, approximativement 38 \$ US.

Biogeochemistry is the study of interactions between living organisms and the chemistry of the natural environment. It is a fairly young field of science and tremendously exciting because it obliges its practitioners to cross traditional discipline boundaries and apply broad, multidisciplinary approaches to its study. However, it is a very large and heterogeneous field and when biogeochemists get together at meetings it may often be difficult to see where the common interest lies.

Environmental biogeochemistry is a good example of this difficulty. The topics dealt with in the 50 papers contained in this volume are extremely varied. They range from anaerobic diagenesis of recent Baltic Sea sediments (Yu. Lein) to inorganic controls on the biogeochemical cycling of the elements in the ocean (Turner and Whitfield); from manganese oxidizing bacteria from a hydrothermally active area on the Galapagos Rift (Ehrlich) to a sulfur-oxidizing bacterium colonizing hot spring tufa at 74°C (Caldwell *et al.*); from the biogeochemistry of sulfur in an experimentally acidified lake (Cook & Schindler) to heavy metals in Norwegian raised bogs (Hvatum *et al.*); from modelling nitrous oxide evolution from soils (Mosier *et al.*) to the effect of bioturbation on microbial nitrogen transformations and fluxes in marine sediments (Henriksen *et al.*); and from the biogeochemistry of gold (Korobushkina *et al.*) to the biological production of dimethylsulfide in the ocean (Andrews *et al.*). With such an enormous variety of topics it is obviously not possible to do justice to all the papers in a review. However, there is something of interest in this volume to just about every taste. I personally found I had to read nearly half of the contributions to satisfy my own interest.

The editor has made an heroic effort to organize the papers by grouping them into seven sections: I. Biogeochemistry of rivers and seawater. II. Biogeochemistry of sulfur. III. Biogeochemistry of nitrogen. IV. Biogeochemistry of carbon. V. Biogeochemistry of metals. VI. Diagenetic systems. VII. Miscellaneous fluxes. However, many of the papers defy this attempt at classification and can easily fit into several of these categories. As the editor points out, this merely reflects the heterogeneity of the field of biogeochemistry. Finally, the production of the volume is first class and the presentation is a pleasure to the eye.

Bjørn SUNDBY

*Département d'océanographie
Université du Québec à Rimouski*

GORE, A.J.P. (édit.), 1983. **Mires: swamp, bog, fen and moor. Volume A: General studies** — Ecosystems of the world 4A, Elsevier Scientific Publishing Company, P.O. Box 211, Amsterdam, The Netherlands, and, 52 Vanderbilt Ave., New York, N.Y., 440 p., 19,5 × 27 cm. Relié, 161,75 \$ US.

Cet ouvrage est le volume 4 de la série «Écosystèmes du monde» éditée par D.W. Goodall d'Australie. Vingt-neuf volumes sont prévus: les volumes 1 à 21 pour les écosystèmes terrestres et les volumes 22 à 29 pour les écosystèmes aquatiques. Ce volume traite de tous les écosystèmes humides non salins dans lesquels s'accumule généralement la tourbe. Ils sont désignés ici par le terme anglais «*mire*», qui est le plus généralement utilisé. Nous utiliserons l'équivalent français «tourbière» comme d'ailleurs le propose l'éditeur dans son lexique (p. 27). Alors que la première partie (4A) de ce volume traite du fonctionnement de l'écosystème et des interrelations des diverses composantes, la seconde partie (4B), imprimée séparément, comprend la description des tourbières de diverses parties du monde. Seule la première partie fait l'objet de la présente revue.

La confusion actuelle dans l'usage des termes désignant les multiples aspects des tourbières a obligé l'éditeur du volume à préciser dans son introduction la signification du titre adopté. Par souci de clarté, un lexique multilingue (surtout anglais-allemand; le français est pratiquement absent) de ces termes a été ajouté comme appendice à l'introduction. De plus, page 4, trois dictionnaires multilingues sont recommandés. Les langues utilisées sont celles de l'Europe du nord surtout, là bien sûr où les tourbières abondent.

A.J.P. Gore, dans l'introduction (chapitre 1), compare les divers types de classification des tourbières. L'auteur distingue celles basées sur la forme des tourbières, celles sur la chimie de la tourbe, celles sur la composition floristique de la végétation actuelle et enfin celles qui font appel à la structure de cette même végétation. Les deux processus de formation des tourbières, la tertrialisation (comblement d'un lac) et la paludification (envahissement d'un sol humide) sont longuement discutés. L'auteur discute aussi des modèles mathématiques proposés pour la compréhension de certains aspects du fonctionnement de l'écosystème. En appendice, l'auteur décrit brièvement les tourbières des pays qui ne sont pas traitées dans la partie B du présent volume. Un aperçu du contenu de cette dernière est d'ailleurs présenté au tout début de l'introduction et sa table des matières est reproduite page XI.

B. Frenzel, l'auteur du second chapitre, présente d'abord une liste de sept conditions requises pour une juste interprétation des changements climatiques révélés par les divers types d'analyses des dépôts de tourbe. Certaines de ces conditions sont de taille et pourront vraisemblablement être difficilement remplies. De plus, l'auteur est d'avis que la difficulté de l'interprétation est renforcée par l'existence d'une certaine inertie inhérente aux écosystèmes qui fait qu'apparemment certains changements peuvent n'être initiés dans ces écosystèmes qu'au moment seulement où certains seuils sont franchis. Frenzel décrit avec exemples à l'appui toutes les difficultés ou pièges reliés à l'interprétation des

variations du climat postglaciaire (études paléocéologiques) à partir de l'examen des dépôts de tourbe étudiés sous divers aspects. Finalement, l'auteur conclut que dans l'état actuel de nos connaissances, aucun des changements observés dans la stratigraphie des dépôts de tourbe ne peut être relié avec certitude aux variations du climat. De plus, il fait remarquer que les données elles-mêmes sur les variations du climat depuis 10 000 ans sont le plus souvent discordantes. De l'avis de l'auteur, les différences stratigraphiques observées traduisent les changements dans la végétation généralement provoqués par des causes internes. Ce chapitre, fort bien documenté (242 références), jette le doute sur la fiabilité des interprétations paléocéologiques. Il met sérieusement en garde contre des interprétations trop hâtives résultant souvent d'une méconnaissance du fonctionnement interne de l'écosystème.

Le chapitre 3 traite de l'hydrologie des tourbières. L'auteur, H.A.P. Ingram, décrit en détail tous les phénomènes associés à la circulation de l'eau dans l'écosystème. Il traite d'abord des divers mécanismes d'entrée de l'eau dans la tourbière. Le manque chronique d'informations concernant la nature chimique et les quantités d'eau tellurique parvenant aux tourbières minérotophes ou fens est souligné. Au chapitre de l'évaporation, une très longue partie du texte est consacrée à des commentaires sur de nombreux travaux de mesure d'évapotranspiration dans des conditions très variées. Une synthèse des connaissances sur la transpiration des végétaux, notamment les sphaignes, les éricacées et les herbacées graminoides, est présentée. L'auteur détaille aussi les mécanismes d'emménagement de l'eau et de sa sortie ultérieure de la tourbière sous forme liquide. Il affirme en particulier que la minceur de la couche de tourbe de surface dans laquelle se produisent les variations du niveau de la nappe phréatique implique que la majorité des tourbières possèdent une très faible capacité d'emménagement et de perte de l'eau. Ainsi, à son avis, la conception des tourbières comme étant d'utiles réservoirs d'eau et régularisant le débit des cours d'eau est fautive. Cette conception a souvent été utilisée comme argument en faveur de la conservation des tourbières. En fait, les études ont démontré que les tourbières drainées constituent de meilleurs réservoirs que les sites naturels et qu'à ce titre, les sols minéraux sont encore meilleurs que les tourbières drainées.

L'auteur rapporte enfin que ce sont les théories des Soviétiques, notamment celles de l'vanov, qui apportent la plus grande contribution à la compréhension de l'ensemble des phénomènes hydrologiques qui, à son avis, gouvernent en grande partie le développement des tourbières. D'ailleurs, dès le début du chapitre, il affirme que tous les écosystèmes qui font l'objet de cette monographie n'ont qu'une caractéristique commune: leur sol inondé pendant la plus grande partie de leur existence.

Il s'agit du plus long chapitre de l'ouvrage auquel est consacré 91 pages. À part le traité sur les mouvements de l'eau dans les tourbières d'vanov paru en 1975, cette revue sur l'hydrologie de cet écosystème est la plus considérable parue à ce jour. Chacun des trois aspects fondamentaux de l'hydrologie (gain, accumulation, perte) est d'abord examiné du point de vue

théorique puis vient une étude critique parfois très approfondie d'un grand nombre de travaux pertinents (345 références). Cette revue a le grand avantage de rendre disponible l'information contenue dans de nombreux travaux rédigés en langues étrangères notamment en allemand et en russe, et de ce fait difficilement accessibles à plusieurs. De plus, elle montre l'importante contribution des pays du nord de l'Europe à la connaissance de l'hydrologie des tourbières.

Dans le chapitre sur la tourbe, chapitre 4, R.S. Clymo traite de sa structure, de ses aspects chimiques et de son accumulation. À propos de la structure, l'auteur aborde de nombreux sujets tels la composition botanique, le degré de décomposition, la capacité d'échange cationique, la densité apparente, le contenu en eau, en gaz, en matière et en solutés inorganiques, etc. Certains sujets sont à peine effleurés tels l'âge de la tourbe, l'activité des micro-organismes, la proportion de fibres, la structure, la couleur, etc. C'est dans cette partie qu'est présenté le tableau explicatif complet de l'échelle de décomposition de la tourbe de von Post traduit du suédois par l'auteur et qu'il était apparemment fort difficile d'obtenir en anglais.

La section consacrée aux aspects chimiques de la tourbe débute par une longue revue des travaux consacrés aux constituants organiques de la tourbe. L'auteur montre que la complexité de la composition chimique de la tourbe est encore à peine soupçonnée. Les connaissances en ce domaine sont encore bien loin de celles que l'on possède sur les substances organiques produites par les lichens par exemple. Les travaux portant sur les constituants inorganiques de la tourbe sont brièvement revus par l'auteur qui montre les différences de concentrations de divers éléments le long d'un gradient tourbière minérotrophe (fen) - tourbière ombrotrophe (bog). C'est cependant aux processus responsables des variations des concentrations que l'auteur s'attarde le plus. Il examine d'abord les concentrations initiales des éléments dans les végétaux qui rejoindront la litière pour ultérieurement former la tourbe et celles dans l'eau de la tourbe. Il examine ensuite les processus d'origine physico-chimique et ceux d'origine biologique dans la relocalisation des éléments inorganiques. Dans cette partie, plusieurs pages sont exclusivement consacrées à la couche superficielle de tourbe (appelée *acrotelm* par opposition à *catotelm* pour les couches plus profondes) qui s'étend de la surface jusqu'à environ 50 cm de profondeur. C'est dans cette couche que les changements sont rapides, qu'oscille le niveau de la nappe phréatique et que plusieurs substances inorganiques sont relocalisées. La connaissance des phénomènes qui se produisent dans cette couche est capitale pour la compréhension de la nutrition des végétaux dont les racines sont pratiquement restreintes à cette partie du profil.

L'auteur porte une attention toute particulière au phénomène de la décomposition de la tourbe et aux multiples facteurs qui la gouvernent. Le sujet est d'autant plus important que c'est précisément le fait que la décomposition soit déficitaire par rapport à la production qui fait que la tourbe puisse exister et s'accumuler. L'auteur termine en discutant des modèles mathématiques d'accumulation de tourbe; un domaine où il est l'un des rares auteurs à avoir proposé de tels modèles.

Dans la section qui traite des constituants inorganiques, l'auteur rapporte un bon nombre de mesures de concentrations d'éléments minéraux. Nulle part cependant l'auteur ne discute des variations saisonnières de ces concentrations ni même des variations au sein d'une même tourbière selon les différences d'habitat. Une telle discussion aurait eu l'avantage de ramener à des proportions plus réalistes l'importance donnée à un seul échantillon prélevé en surface de la tourbe pour rendre compte du contenu en éléments minéraux d'une tourbière. Ce chapitre sur la tourbe est un chapitre dense; à peu près tous les aspects de la tourbe ont été abordés mais d'une façon très inégale. En fait, le sujet est si vaste qu'il aurait pu à lui seul faire l'objet d'un volume.

Les micro-organismes des tourbières font l'objet du chapitre 5 que l'auteur, C.H. Dickinson, divise en trois parties. La première partie traite de l'entrée des éléments nutritifs dans le système. L'auteur passe en revue les organismes fixateurs d'azote, le devenir des éléments absorbés par les végétaux supérieurs et la décomposition de la tourbe à la surface, dans les couches supérieures et plus profondes. La seconde partie concerne l'absorption des éléments par les végétaux supérieurs. L'auteur examine tous les types de mycorhisation et les autres types d'association champignons-plantes supérieures. Il traite aussi des végétaux non mycorhizés et de la formation de la rhizosphère dans la tourbe. Enfin la troisième partie, beaucoup plus courte que les précédentes, a trait à la transformation de l'azote et du soufre dans la tourbe.

Dans ce chapitre, une place prépondérante est accordée à l'azote, bien sûr parce qu'il est fixé sous forme atmosphérique par de nombreux micro-organismes, mais aussi, comme l'indique l'auteur, parce que c'est l'élément le plus critique pour la nutrition des végétaux. L'auteur souligne que l'information sur les micro-organismes des tourbières provient surtout de travaux réalisés dans des tourbières ombrotrophes où dominent les sphaignes. Ces dernières inhibent l'activité microbienne par les composés phénoliques qu'elles produisent et plus spécifiquement le sphagnol. La conséquence majeure de la faible activité microbienne est le ralentissement très considérable du recyclage des éléments dans le système. L'auteur affirme même qu'apparemment le parcours est à sens unique et que l'écosystème doit compter sur les apports externes (précipitation-eau tellurique) pour s'approvisionner en éléments nutritifs.

Le chapitre 6 intitulé «Aspects additionnels de la chimie des sols sous conditions anaérobiques» a été rédigé par L.J. Sikora et D.R. Keeney. C'est un très court chapitre (8 pages) dans lequel une dizaine de sujets sont abordés dont le potentiel redox, la concentration en ions hydrogène, les échanges ioniques et la formation de complexes, la transformation du carbone et de l'azote. Les éléments suivants sont aussi discutés brièvement: P, S, Fe et Mn. Les auteurs montrent que les organismes réduisent la concentration en oxygène. Il en résulte des conditions anaérobiques caractéristiques et l'existence de formes réduites des divers éléments dont la disponibilité pour les végétaux devient fonction de la quantité d'oxygène présent. Les auteurs font remarquer que l'hétérogénéité des dépôts quant au contenu en éléments minéraux et la nature des couches

successives (degré de décomposition et origine végétale) nécessitent que les conclusions sur l'environnement chimique et physique de l'ensemble du dépôt demeurent très générales.

Le chapitre 7, rédigé par R.M.M. Crawford, est consacré à la survivance des racines dans les sols inondés. C'est un titre un peu trompeur car il y est question non seulement des racines mais aussi de toutes les autres parties de la plante. Le temps que met la plante à mourir est d'abord étudié puis les adaptations morphologiques à l'inondation chez les racines, la tige et les feuilles sont passées en revue. L'auteur discute aussi des adaptations du métabolisme sous anoxie; plus spécifiquement des taux de production, d'accumulation et d'élimination des substances. Enfin l'évolution de la tolérance à l'inondation chez les êtres vivants est passée en revue. Le concept fondamental développé tout au long de ce chapitre est le suivant: pour survivre à l'inondation, les végétaux ont développé une endurance au manque d'oxygène et à l'intoxication due à l'abondance d'ions réduits grâce à certains mécanismes d'adaptation. Pour l'auteur, c'est cette notion d'endurance qui est fondamentale dans la survie. À son avis, l'aptitude des plantes de tourbière à se maintenir dans leur habitat vient du fait qu'elles mettent un temps inconcevable à mourir. L'auteur établit d'intéressants parallèles avec les mammifères marins et aquatiques qui, pour assurer leur survie en plongée, retiennent leur respiration pendant un temps plus ou moins long.

Dans le chapitre 8 consacré à la production primaire, I.K. Bradbury et J. Grace passent en revue les divers travaux dans ce domaine afin d'identifier les principaux facteurs limitatifs et d'examiner quelques-uns des processus impliqués dans la croissance des végétaux dans les tourbières. Les auteurs examinent les diverses méthodes utilisées pour la mesure de la productivité primaire et discutent des valeurs consignées dans la littérature. La performance photosynthétique des végétaux et leurs relations hydriques avec le milieu sont aussi discutées. Dans leurs conclusions, les auteurs estiment que malgré l'abondante documentation disponible (146 références) il est encore difficile de préciser l'étendue normale de la productivité primaire des systèmes examinés.

Le chapitre 9 est consacré aux changements dans les communautés végétales des tourbières. L'auteur, J.H. Tallis, y examine les divers patrons de changements dans la végétation et quelques-unes des raisons possibles de ces changements. Il est d'avis que l'inhérente variabilité des communautés végétales des tourbières provient en grande partie de leur situation dans un environnement dans lequel un seul facteur extrêmement variable, l'approvisionnement en eau, joue un rôle prédominant.

Au début du chapitre, l'auteur retrace en détail et dans un style très clair, la progression de notre connaissance du développement des tourbières à travers diverses études stratigraphiques. Il débouche ensuite sur des considérations touchant l'influence des variations climatiques postglaciaires sur les communautés végétales et les conséquences sur l'accumulation de la tourbe des changements survenus chez ces dernières. L'auteur passe aussi en revue les changements topographiques à grande échelle et ceux d'ordre anthropogénique qui

sont à l'origine des changements observés dans les communautés végétales. L'auteur synthétise les connaissances sur les successions végétales survenues au cours du développement des tourbières. Il y démontre que les processus de paludification et de terrestrialisation sont tous les deux opérants sur de vastes territoires. Il démontre en particulier que les changements sont loin d'être unidirectionnels. En général, au cours du processus de terrestrialisation, les changements s'opèrent dans le sens classique de l'hydrosère quoique les voies suivies soient très diverses. De plus, des retours en arrière, c'est-à-dire des passages de conditions plus sèches à plus humides, sont fréquents.

On trouve aussi dans ce chapitre, une intéressante discussion sur l'invasion des tourbières par les arbres, les arbustes et les sphaignes. Enfin, l'auteur discute de la mise en place des diverses structures observées à la surface des tourbières. Il s'agit là d'un chapitre extrêmement intéressant qui fait véritablement le point sur nos connaissances des changements observés dans les communautés végétales à l'aide d'observations directes pendant de longues périodes et par l'étude des sédiments tourbeux accumulés.

Au chapitre 10, M.C.D. Speight et R.E. Blackith traitent de la faune des tourbières. Selon eux, la difficulté majeure de la vie animale dans ce milieu est l'existence d'une oscillation entre des conditions sèches et des conditions humides ou plus exactement entre des conditions aériennes et des conditions aquatiques. Les adaptations doivent donc permettre aux organismes de survivre à ces deux types de conditions extrêmes. Les auteurs passent en revue les divers mécanismes d'adaptation développés par les herbivores, les détritivores et les prédateurs. Ils discutent ensuite de l'application des principes de zoogéographie à la faune des tourbières en considérant les tourbières comme des sortes d'îles humides à travers un monde sec. En terminant, les modèles mathématiques des communautés animales des tourbières sont discutés.

Le dernier chapitre de C.F. Mason et V. Standen traite de certains aspects de la production secondaire. En examinant les divers types d'écosystèmes étudiés, les auteurs montrent que du point de vue du nombre d'espèces animales et végétales présentes, les marais occupent une position intermédiaire entre les tourbières ombrotrophes et les tourbières minérotrophes. Chez les premières, le nombre d'espèces animales et végétales est peu élevé alors que c'est l'inverse chez les secondes. Dans les marais, c'est seulement le nombre d'espèces animales qui est élevé. Des plantes des tourbières ombrotrophes utilisent peu d'éléments nutritifs et les auteurs sont d'avis que leur pauvreté relative en éléments nutritifs peut être la cause de la faible productivité secondaire de ces milieux où peu d'espèces animales se sont adaptées à se nourrir d'une façon sélective. Cette faune est divisée en deux groupes: les animaux qui vivent à la surface et ceux qui vivent sous la surface. Les premiers, qui sont surtout des herbivores contribuent partiellement à la nourriture des saprovores qui forment en grande partie la seconde catégorie.

La plus grande abondance d'informations concernant les marais est soulignée par les auteurs. Dans la partie qui leur est consacrée, les auteurs discutent d'abord de la faune benthique dont les populations sont fortement

influencées par les variations du niveau de la nappe phréatique, du pH et de la distance à l'eau libre. La faune planctonique et épiphytique est aussi traitée. Quelques aspects de la décomposition sont abordés.

À la fin de l'ouvrage se trouve une liste systématique des genres de tous les organismes mentionnés dans le texte. Cette liste est suivie de trois index totalisant 53 pages. Le premier est un index des auteurs cités dans la bibliographie de chaque chapitre. Il est extrêmement utile car il permet de retracer facilement tous les travaux d'un même auteur. Le second index appelé index systématique donne la liste alphabétique des noms latins des organismes mentionnés dans le texte. Un index général des sujets termine le volume.

Il y a presque dix ans déjà paraissait pour la première fois en langue anglaise une très louable tentative de synthèse de nos connaissances des multiples aspects des tourbières dans l'ouvrage *Peatlands* de P.D. Moore et D.J. Bellamy. Le volume qui fait l'objet de la présente revue est la seconde synthèse à paraître et marque un net progrès sur la précédente, ne serait-ce que par le nombre de pages qui a doublé. Le progrès le plus sensible concerne l'ampleur de la documentation dépouillée par les auteurs des divers chapitres. C'est ainsi que le nombre de références citées est cinq fois supérieur à celui de *Peatlands*. Cette nette augmentation vient surtout du fait que chaque chapitre a été traité par un ou deux auteurs spécialistes du sujet. Cette façon de procéder permet en effet un dépouillement plus exhaustif de la documentation que ne peuvent habituellement faire deux auteurs seulement pour l'ensemble des sujets traités. L'augmentation du nombre de références citées pourrait aussi provenir de la publication d'un grand nombre de travaux postérieurs à la parution de *Peatlands*. Tel n'est pas le cas; les références postérieures à 1974 citées au chapitre 8 par exemple représentent 25% du total. Ce pourcentage tombe à 9 au chapitre 9 qui comporte le même nombre de références citées. De même, au chapitre 2 qui compte 242 références citées (une centaine de plus qu'aux chapitres 8 et 9), seulement 10% sont postérieures à 1974. Ainsi, on peut donc considérer qu'en général, notre connaissance des tourbières n'a pas fait un bond en avant exceptionnel au cours des dix dernières années. Cette synthèse a donc le grand avantage de rassembler ce qui constitue vraisemblablement la majeure partie de la documentation publiée. Les synthèses antérieures, lorsqu'elles existent, sont aussi mentionnées par les

auteurs des chapitres. Les travaux rédigés en russe et surtout en allemand occupent une place importante notamment au chapitre de l'hydrologie.

Quoiqu'il existe une inévitable disparité dans le traitement des sujets, en ce que chacun est l'œuvre d'un ou deux auteurs différents, cet ouvrage demeure une excellente synthèse des connaissances actuelles. Il traduit fidèlement les tendances de la recherche et permet de situer les avenues à explorer. Il révèle aussi des lacunes importantes dans nos connaissances, notamment au sujet de la productivité secondaire, des micro-organismes, de la faune, des apports qualitatifs et quantitatifs d'eau tellurique aux fens. D'autre part, l'ouvrage n'est pas tout à fait complet: certains domaines n'ont pas été abordés tels la phytosociologie et la genèse des tourbières boréales à structure très marquée comme les tourbières cordées, réticulées et à palses.

Ici et là, tout au long de l'ouvrage, transparaît l'influence, le plus souvent involontaire, des activités humaines dont il faudra de plus en plus tenir compte, notamment lors des travaux portant sur le déroulement des processus au cours des tous derniers siècles. La plus spectaculaire influence humaine s'est étendue à toute la planète; le Cs¹³⁷ produit lors des essais nucléaires des années soixante s'est déposé dans toutes les tourbières du globe. Les concentrations de cet élément dans la tourbe atteignent une valeur maximale pour l'année 1963, date qui peut éventuellement servir de niveau de référence à l'échelle mondiale.

La qualité de cet ouvrage permet d'affirmer qu'il est fondamental et indispensable à tout chercheur, quel que soit l'aspect des tourbières qu'il explore. Cet ouvrage ne pourra que soulever son enthousiasme en stimulant la poursuite de travaux de recherche par les multiples questions qu'il soulève. La présentation de l'ouvrage est particulièrement soignée; les figures sont abondantes, pertinentes et d'excellente qualité. Seule la division des chapitres est parfois difficile à saisir. Un quelconque système de numérotation aurait aidé dans certains cas à saisir le découpage du texte. Par la publication de cette synthèse, la compréhension de cet écosystème si particulier qu'est la tourbière vient de franchir un pas important.

Robert GAUTHIER

*Département de phytologie
Université Laval*

LIVRES REÇUS

BEAUDIN, L. & M. QUINTIN, 1983. **Guide des mammifères terrestres du Québec, de l'Ontario et des Maritimes.** — Éditions du Nomade, Waterloo (Québec), 299 p., 11,5 × 18 cm. Cartonné. Diffusion Prologue Inc., Ville Saint-Laurent (Québec), 19,50 \$.

Très apparenté par son format et l'ensemble de sa présentation à l'ouvrage en deux tomes de «Mammifères du Québec et de l'est du Canada» de J. Prescott & P. Richard, publié en 1982 (cf. *Le Naturaliste canadien*, vol. 110, n° 1, p. 117), ce nouveau guide d'un seul tome présente 72 espèces de mammifères terrestres appartenant à 18 familles, essentiellement les mêmes que celles de Prescott & Richard, mais sans les pinnipèdes et les cétacés. Pour chacune des espèces, l'on donne le nom scientifique et les noms vernaculaires français et anglais, une carte de répartition, une photo couleur (en général excellente), les mensurations, des renseignements sur l'habitat, l'activité diurne et nocturne, le régime alimentaire, les prédateurs, etc. On y trouve également les différents types d'empreintes, des indications sur l'origine des noms, des renseignements sur quelques maladies transmissibles à l'homme, un glossaire et une bibliographie. — G.L.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES, 1983. **La radioactivité dans l'environnement aquatique au Canada.** — Publication n° 10251 du Secrétariat de l'Environnement, Ottawa, 306 p., 21 × 27 cm. Broché, 8 \$.

Publication du Comité associé sur les critères scientifiques concernant l'état de l'environnement. Au premier chapitre, on définit les sources naturelles et anthropiques de la radioactivité, ainsi que l'intensification des sources naturelles par la technologie. Dans le deuxième chapitre, le comité analyse le transport, la distribution et le comportement des radionucléides en eau douce, et dans les milieux estuariens et marins. Le troisième chapitre est consacré à la dosimétrie et l'on décrit les méthodes pour évaluer les radionucléides présents et incorporés en milieu aquatique. Dans le quatrième chapitre, on traite de l'effet du rayonnement sur les organismes et, dans le dernier chapitre, on discute des effets du rayonnement sur les populations et les écosystèmes. — J.C.

COOPER, G.A., 1983. **The Terebratulacea (Brachiopoda), Triassic to Recent: a study of the Brachidia (loops).** — Smithsonian Institution Press, Washington (Smithsonian Contributions to Paleobiology, n° 50), 445 p., 20 × 26 cm. Broché.

Monographie qui sera sans doute très précieuse aux chercheurs qui s'intéressent aux brachiopodes fossiles, en particulier aux térébratulides, dont 208 genres

sont présentés et discutés. L'ouvrage compte 77 planches et une importante liste de références. — G.L.

JAWORSKI, J.F., 1983. **Fiches de données sur certains éléments toxiques.** — Conseil national de recherches du Canada, publication n° 19253 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 47 p., 21 × 27 cm. Broché, 5 \$

L'auteur a établi une fiche de données disponibles de seize éléments (dont le mercure et l'étain) considérés toxiques pour les plantes et les animaux. Chaque fiche comporte les taux de toxicité de l'élément et de certains de ses composés, leurs utilisations, leurs émissions dans l'environnement, etc. — J.C.

KETCHUM, B.H. (edit.), 1983. **Estuaries and enclosed seas.** — Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 500 p., 19,5 × 26,5 cm. Relié, 170,25 \$ US. Disponible chez Elsevier Science Publishers Co. Ins., P.O. Box 1663, Grand Central Station, New York 10163.

Ouvrage consacré aux estuaires et aux mers plus ou moins fermées dans la collection «*Ecosystems of the world*». La première partie fournit en sept chapitres les caractéristiques physiques et biologiques (plancton, benthos et poissons) des estuaires. La deuxième partie comporte dix chapitres qui, sauf l'introduction faite par B.H. Ketchum, traitent d'une mer en particulier. Les mers les mieux connues au plan océanographique y sont présentées de façon synthétique. L'un des chapitres a trait au golfe du Saint-Laurent. Chacun des 17 chapitres de l'ouvrage comporte sa liste de références. — G.L.

LEBRUN, P., H.M. ANDRÉ, A. DE MEDTS, C. GREGOIRE-WIBO & G. WAUTHY, 1983. **Tendances nouvelles en biologie du sol.** — Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique, 709 p., 17,5 × 25 cm. Broché, environ 80 \$ US.

Comptes rendus du VIII^e Colloque international de zoologie du sol, tenu à Louvain-la-Neuve, en Belgique en 1982. On y trouve quatre principales sections, sous-titrées comme suit: rôle de la faune du sol dans le cycle des éléments minéraux (12 communications), relations fonctionnelles entre les organismes du sol (13 communications), écophysiologie des animaux du sol (16 communications), capacités de restauration des communautés édaphiques (14 communications). — G.L.

LEDUC, M.G., R.C. PIERCE & I.R. McCracken, 1983. **Effets des cyanures sur les organismes aquatiques, notamment sur les poissons d'eau douce.** — Conseil national de recherches du Canada,

publication n° 19247 du Secrétariat de l'environnement, Ottawa, 144 p., 21 × 27 cm. Broché, 8 \$

En nature, les cyanures proviennent de sources naturelles et artificielles. Ils sont un des principaux polluants du milieu aquatique. Cette publication rassemble les informations sur la toxicologie du cyanure et de ses composés, ainsi que leur devenir en milieu aquatique. — J.C.

MORISSET, P. & S. PAYETTE (edit.), 1983. **Tree-line ecology. Proceedings of the northern Québec tree-line Conference.** — Centre d'études nordiques, Université Laval, 188 p., 20 × 26,5 cm. Broché.

Cet ouvrage de la Collection Nordicana (n° 47) présente les principales communications scientifiques de la deuxième Conférence internationale sur l'écologie de la limite des arbres, tenue à Kuujuaropik (Poste-de-la-Baleine), dans le Nord québécois, du 22 juin au 1^{er} juillet 1981. Il comporte 17 contributions, en grande part consacrées à la végétation de la Scandinavie et du Nord québécois. Trois communications portent sur les insectes. — G.L.

NEMOTO, T. & T. MATSUDA, 1983. **Proceedings of the biomass colloquium in 1982.** — National Institute of Polar Research, Tokyo, 247 p., 18,5 × 26,3 cm. Relié.

Le but poursuivi dans ce colloque était de discuter des résultats obtenus dans deux programmes internationaux d'études biologiques sur les systèmes marins et les biomasses de l'Atlantique, FIBEX (First International BIOMASS Experiment) et SIBEX (Second international BIOMASS Experiment). Les comptes rendus du Colloque ont trait aux masses d'eau et aux courants, aux relations entre les biomasses planctoniques et les caractéristiques physiques des eaux antarctiques, à l'écologie des poissons, des oiseaux et mammifères. On ne peut être vraiment étonné de constater que l'on traite du *krill* (l'euphauside *Euphausia superba*) dans près de la moitié des articles, quand on apprend que la production annuelle en est estimée à 360-700 millions de tonnes et que le tiers resterait inutilisé. — G.L.

OUELLET, H. & M. GOSSÉLIN, 1983. **Les noms français des oiseaux d'Amérique du Nord.** — Musée national des sciences naturelles, Musées nationaux du Canada, Collection Syllogeus n° 43, 36 p., 21,5 × 28 cm. Broché.

Établie à partir du 34^e supplément de la *Checklist of North American Birds* de l'*American Ornithologists' Union* ainsi qu'une liste antérieure publiée en 1968 par le premier auteur, la présente liste a été modifiée de façon importante. Les auteurs ont souvent opté pour le nom en usage en Europe francophone, par exemple: les fauvettes deviennent les *parulines*, certains bruant des *passerins*. Ils ont aussi rétabli certains noms en usage au Canada depuis longtemps par exemple *canard branchu*, *tétras du Canada* (voir Société zoologique de Québec, 1983, ci-après mentionnée). — J.C.

PULLIAINEN, E. & S. SULKAVA (édit.), 1983. **Proceedings of the third International Theriological Congress, Helsinki 15-20 August 1982. VI. Symposia in lagomorphs, beaver, bear, wolf and mustelids.** — Acta zoologica fennica (Helsinki), no. 174, 288 p., 17,5 × 25 cm. Broché.

Ce numéro spécial d'*Acta zoologica fennica* mérite d'être souligné tant par l'ampleur que par la diversité de son contenu. Il contient au-delà de 75 articles, traitant des lièvres et lapins, des castors, des ours, des belettes, des loutres, etc. On y discute de problèmes taxonomiques, de répartition, compétition, de comportement et de plusieurs facettes de leur biologie. — G.L.

SASSON, A., 1983. **Les biotechnologies: défis et promesses.** — Unesco, 336 p., 17 × 18 cm. Broché, 75 FF.

Ouvrage de synthèse destiné à apporter aux non-spécialistes une information diversifiée sur les biotechnologies. On y traite de la diversité des processus biotechnologiques, des recombinaisons génétiques, du rôle des micro-organismes, de la conversion des déchets, de la bio-énergie, de l'accroissement de la productivité des végétaux, de la production de substances utiles par les micro-organismes et de la microbiologie industrielle. Certains problèmes y sont soulevés, notamment celui des transferts de biotechnologie aux pays moins favorisés et de leur adaptation à différentes situations économiques, sociales et culturelles. — G.L.

SOCIÉTÉ ZOOLOGIQUE DE QUÉBEC, 1983. **Noms français des oiseaux du Canada et des États-Unis continentaux.** — Société Zoologique de Québec, 80 p., 18,3 × 25,2 cm. Broché.

Liste révisée des noms français des oiseaux d'Amérique du Nord établie par le Comité permanent de nomenclature française des vertébrés du Canada, créé en 1975 par la Société zoologique de Québec pour remplacer le Comité permanent des noms français des oiseaux du Canada dont la première liste parut en 1957, la présente liste est également inspirée par le 34^e supplément de la *Check list of North American Birds*, de l'*American Ornithologists' Union* [voir Ouellet & Gosselin, (1983) ci-haut]. Les membres du Comité ont préféré opter pour les noms français d'Amérique ayant affinité avec les noms anglais utilisés sur ce continent, plutôt que la nomenclature française d'Europe. — J.C.

Franc-Nord, Vol. 1, 1984. Union québécoise pour la conservation de la nature, C.P. 7 Haute-Ville, Québec, 21,5 × 28 cm. Abonnement: 10 \$ par an.

Nouvelle revue qui se définit comme un organe d'information et de sensibilisation à l'égard des questions d'environnement. Ses promoteurs visent manifestement le public, des adeptes du plein air, tant ceux qui n'y recherchent que la détente que les naturalistes amateurs avides de connaître mieux leur environnement naturel. *Franc-Nord* paraîtra quatre fois par an. — G.L.

South African Journal of Marine Science, Vol. 1, 1983. Sea Fisheries Research Institute, Cape Town, Republic of South Africa, 248 p., 18 × 24 cm.

Ce périodique prend la relève du *Fisheries Bulletin of South Africa*, dont la publication était très irrégulière. Le nouveau périodique se propose de publier des articles provenant de recherches faites dans les milieux marins d'Afrique du Sud ou pertinents à ces milieux. Le premier volume présente une bonne diversité d'articles, portant

en majorité sur des aspects biologiques (phytoplancton, crustacés, poissons, oiseaux) et en majorité conformes à la vocation sud-africaine de la revue. Quelques-uns des travaux publiés sont cependant de nature *fondamentale* (v.g. sur les méthodes d'estimation du taux quotidien de production primaire) ou *methodologique* (v.g. mesure de la matière organique dissoute; élevage du *krill* en aquarium); ils sauront sans doute intéresser un plus grand nombre d'océanographes dans le monde. — G.L.

LE
NATURALISTE
CANADIEN

REVUE D'ÉCOLOGIE ET DE SYSTÉMATIQUE

VOLUME 110
1983

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 110

Numéro 1

NAIMAN, R.J. Periphyton accumulation rates in five boreal forest rivers of Québec	1-9
SÉRODES, J.-B. & M. DUBÉ Dynamique sédimentaire d'un estran à spartines (Kamouraska, Québec)	11-26
THIBAUT, J. & P.P. HARPER Les peuplements de taons (Diptères: Tabanidés) d'une forêt des Basses-Laurentides: inventaire, phénologie, activité et habitats	27-36
CATLING, P.M. Autogamy in eastern Canadian Orchidaceae: a review of current knowledge and some new observations	37-53
McNEIL, R. Additions à la flore des champignons du Québec	55-66
PARENT, L.É. & Y. PERRON L'adsorption maximale du cuivre par trois types de tourbe	67-70
GASSER, H., L. BELZILE, R. MICHAUD, L. BORDELEAU & N. FAUST Effects of seed coating and inoculation of the establishment and performance of alfalfa	71-76
CHENG, B.T. Effet de la fertilisation N, P, K sur le rendement et la qualité de la tomate et du concombre cultivés en serre	77-83
ROMER, M.J., W.R. CUMMINS & J. SVOBODA Productivity of native and temperate "crop" plants in the Keewatin District, N.W.T.	85-93
COMMUNICATIONS BRÈVES	
LESAGE, L. Note sur la distribution présente et future du criocère du lys, <i>Lilioceris lili</i> (Scopoli), (Coleoptera: Chrysomelidae) dans l'est du Canada	95-97
EDGE, T.A. & B.W. COAD Reduced dorsal spine numbers in two isolated populations of the brook stickleback, <i>Culaea inconstans</i> , from eastern Canada	99-101
MALTAIS, P.M. & E.A. OUELLETTE Helminth parasites of the snowshoe hare, <i>Lepus americanus</i> , in New Brunswick	103-105
REVUE DES LIVRES	107-118

Numéro 2

AUSTIN, A. Evaluation of changes in a large oligotrophic wilderness park lake exposed to mine tailings effluent for 14 years: the periphyton	119-134
--	---------

GIBSON, R.J. Large Atlantic salmon parr (<i>Salmo salar</i>) of a boreal river in Québec	135-141
GIBSON, R.J. Water velocity as a factor in the change from aggressive to schooling behaviour and subsequent migration of Atlantic salmon smolt (<i>Salmo salar</i>)	143-148
MAGNAN, P. & G.J. FITZGERALD Âge scalaire et otolithique de l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>): comparaison et interprétation des faux annuli	149-154
JONES, R.L. & H.C. HANSON Biogeochemistry of fens of the west coasts of Hudson and James bays in relation to geese	155-170
BROUILLET, L. Nombres chromosomiques chez les <i>Aster</i> du groupe <i>Heterophylli</i> (Asteraceae- Astereae)	171-178
McELROY, A.R. & P. GERVAIS Yield and chemical composition of whole-crop spring cereals harvested at five growth stages	179-184
CAMIRÉ, C., L. BÉRARD & A. VILLENEUVE Relations station-nutrition-croissance de l'aulne crispé [<i>Alnus crispa</i> var. <i>mollis</i> (Ait.) Pursh] en plantation sur les bancs d'emprunt de la région LG-2, baie James, Québec.	185-196
GATES, C.C. & R.J. HUDSON Foraging behaviour of wapiti in a boreal forest enclosure	197-206
FERRON, J. Comparative activity patterns of two sympatric sciurid species	207-212

COMMUNICATIONS BRÈVES

DUBÉ, M. Addition de <i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill. (Poaceae) à la flore du Canada	213-215
DEMPSON, J.B., L.J. LEDREW & G. FUREY Occurrence of American shad, <i>Alosa sapidissima</i> , in northern Labrador waters	217-221
CARON, F. Migration vers l'Atlantique des post-saumoneaux (<i>Salmo salar</i>) du golfe du Saint- Laurent	223-227
REVUE DES LIVRES	229-238

Numéro 3

SCHMID, F. Encore quelques <i>Stactobia</i> McLachlan (Trichoptera, Hydroptilidae)	239-283
VANDER KLOET, S.P. Seed and seedling characters in <i>Vaccinium</i> § <i>Myrtillus</i>	285-292
CAYOQUETTE, J., J.-P. BERNARD, C. ROY & M. DUBÉ Plantes vasculaires nouvelles pour le Québec: additions, échappées de culture et éphémérophytes	293-312
GRANDTNER, M.M. & G. ROY Les plantes introduites de la Petite île au Marteau (archipel de Mingan, Québec)	313-326
McELROY, A.R. & P. GERVAIS Yield-quality relationships in barley and oats grown for forage	327-333
HARVEY, M., B. VINCENT & G. VAILLANCOURT Développement et fécondité de <i>Campeloma decisum</i> (Say) (Gastropoda: Pro- sobranchia) en climat froid	335-342
McQUINN, I.H., G.J. FITZGERALD & H. POWLES Environmental effects on embryos and larvae of the Isle Verte stock of Atlantic herring (<i>Clupea harengus harengus</i>)	343-355

COMMUNICATIONS BRÈVES

DUMONT, P. Mortalités, après ensemencement, d'ombles de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) appartenant à des lots atteints de furunculose	357-362
CHATELAIN, R. & J. CHABOT Utilisation d'accumulations de coquilles d'Unionidae comme frayères par le touladi (<i>Salvelinus namaycush</i>)	363-365
REVUE DES LIVRES	367-372

Numéro 4

VAN ZYLL DE JONG, C.G. A morphometric analysis of North American shrews of the <i>Sorex arcticus</i> group, with special consideration of the taxonomic status of <i>S. a. maritimensis</i>	373-378
MacCRIMMON, H.R., T.A. DICKSON & R.J. GIBSON Implications of differences in emergent times on growth and behaviour of juvenile Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) and brook charr (<i>Salvelinus fontinalis</i>) in sympatric stream populations	379-384
VAILLANCOURT, G. & M. LAFERRIÈRE Relation entre la qualité du milieu et les groupements benthiques dans la zone littorale du Saint-Laurent	385-396
DUTIL, J.-D. & M. FORTIN La communauté de poissons d'un marécage intertidal de l'estuaire du Saint- Laurent	397-410
GAUTHIER, R. <i>Gaylussacia dumosa</i> (Andr.) T. & G. var <i>bigeloviana</i> Fern. nouveau dans la flore du Québec	411-420
LAVOIE, G. & R. GAUTHIER Précisions sur la distribution de <i>Sphagnum angermanicum</i> Melin et <i>Sphagnum</i> <i>pylaesii</i> Bridel au Québec-Labrador	421-427
DINEL, H., A. LAROUCHE & M.P.E. LÉVESQUE Évaluation de deux méthodes de quantification des macrofossiles dans les matériaux tourbeux	429-434
PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU Morphologie d'un mérisol fibrique sous forêt décidue	435-446
BERTRAND, J.-F. & P. GERVAIS Évolution du rendement et de la composition chimique du lotier (<i>Lotus corniculatus</i> L.) avec l'âge	447-452
KABORÉ, K.B. & L. COUTURE Mycoflore des semences du sorgho cultivé en Haute-Volta	453-457

ANALYSES ET COMMENTAIRES

BÉLANGER, L., J.-P. DUCRUC & M. PINEAU Proposition d'une méthodologie d'inventaire écologique adaptée au territoire forestier périurbain	459-476
--	---------

COMMUNICATIONS BRÈVES

EDWARDS, J. Tongue grooming as a possible mode for the transfer of rumen micro-organisms in moose	477-479
D'AMOURS, D. Une tortue-luth (<i>Dermodochelys coriacea</i>) dans les eaux côtières du Québec	481
PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU Description micromorphologique d'un horizon O _h sensible à l'érosion	483-486
HAY, S.G. <i>Juncus brachycephalus</i> (Juncaceae) in Québec	487-491

REVUE DES LIVRES 493-505

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME 110

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

AUSTIN, A. Evaluation of changes in a large oligotrophic wilderness park lake exposed to mine tailings effluent for 14 years: the periphyton	119-134
BÉLANGER, L., J.-P. DUCRUC & M. PINEAU. Proposition d'une méthodologie d'inventaire écologique adaptée au territoire forestier périurbain	459-476
BELZILE, L. (voir GASSER, H., L. BELZILE, R. MICHAUD, L. BORDELEAU & N. FAUST)	71-76
BÉRARD, L. (voir CAMIRÉ, C., L. BÉRARD & A. VILLENEUVE)	185-196
BERNARD, J.-P. (voir CAYOUILLE, J., J.-P. BERNARD, C. ROY & M. DUBÉ)	293-312
BERTRAND, J.-F. & P. GERVAIS. Évolution du rendement et de la composition chimique du lotier (<i>Lotus corniculatus</i> L.) avec l'âge	447-452
BORDELEAU, L. (voir GASSER, H., L. BELZILE, R. MICHAUD, L. BORDELEAU & N. FAUST)	71-76
BOURBEAU, G.-A. (voir PARENT, L.-É. & F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU)	435-446
BOURBEAU, G.-A. (voir PARENT, L.-É. & F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU)	483-486
BROUILLET, L. Nombres chromosomiques chez les <i>Aster</i> du groupe Heterophylli (Asteraceae-Astereae)	171-178
CAMIRÉ, C., L. BÉRARD & A. VILLENEUVE. Relations station-nutrition-croissance de l'aulne crispé [<i>Alnus crispa</i> var. <i>mollis</i> (Ait.) Pursh] en plantation sur les bancs d'emprunt de la région LG-2, baie James, Québec	185-196
CARON, F. Migration vers l'Atlantique des post-saumoneaux (<i>Salmo salar</i>) du golfe du Saint-Laurent	223-227
CATLING, P.M. Autogamy in eastern Canadian Orchidaceae: a review of current knowledge and some new observations	37-53
CAYOUILLE, J., J.-P. BERNARD, C. ROY & M. DUBÉ. Plantes vasculaires nouvelles pour le Québec: additions, échappées de culture et éphémérophytes	293-312
CHABOT, J. (voir CHÂTELAIN, R.)	363-365
CHÂTELAIN, R. & J. CHABOT. Utilisation d'accumulations de coquilles d'Unionidae comme frayères par le touladi (<i>Salvelinus namaycush</i>)	363-365
CHENG, B.T. Effet de la fertilisation N, P, K sur le rendement et la qualité de la tomate et du concombre cultivés en serre	77-83
COAD, B.W. (voir EDGE, T.A. & B.W. COAD)	99-101
COUTURE, L. (voir KABORÉ, K.B. & L. COUTURE)	453-457
CUMMINS, W.R. (voir ROMER, M.J., W.R. CUMMINS & J. SVOBODA)	85-93
D'AMOURS, D. Une tortue-luth (<i>Dermodochelys coriacea</i>) dans les eaux côtières du Québec	481
DEMPSON, J.B., L.J. LEDREW & G. FUREY. Occurrence of American shad, <i>Alosa sapidissima</i> , in northern Labrador waters	217-221
DICKSON, T.A. (voir MacCRIMMON, H.R., T.A. DICKSON & R.J. GIBSON)	379-384
DINEL, H., A. LAROUCHE & M.P.E. LÉVESQUE. Évaluation de deux méthodes de quantification des macrofossiles dans les matériaux tourbeux	429-434
DUBÉ, M. (voir J.-B. SÉRODES & M. DUBÉ)	11-26
DUBÉ, M. Addition de <i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill. (Poaceae) à la flore du Canada	213-215
DUBÉ, M. (voir CAYOUILLE, J., J.-P. BERNARD & C. ROY)	293-312
DUCRUC, J.-P. (voir BÉLANGER, L., J.-P. DUCRUC & M. PINEAU)	459-476
DUMONT, P. Mortalités, après ensemencement, d'ombles de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>) appartenant à des lots atteints de furunculose	357-362
DUTIL, J.-D. & M. FORTIN. La communauté de poissons d'un marécage intertidal de l'estuaire du Saint-Laurent	397-410
EDGE, T.A. & B.W. COAD. Reduced dorsal spine numbers in two isolated populations of the brook stickleback, <i>Culaea inconstans</i> , from eastern Canada	99-101

EDWARDS, J. Tongue grooming as a possible mode for the transfer of rumen micro-organisms in moose	477-479
FAUST, N. (voir GASSER, H., L. BELZILE, R. MICHAUD & L. BORDELEAU & N. FAUST)	71-76
FERRON, J. Comparative activity patterns of two sympatric sciurid species	207-212
FITZGÉRALD, G.J. (voir MAGNAN P. & G.J. FITZGÉRALD)	149-154
FITZGÉRALD, G.J. (voir McQUINN, I.H., G.J. FITZGÉRALD & H. POWLES)	343-355
FORTIN, M. (voir DUTIL, J.-D. & M. FORTIN)	397-410
FUREY, G. (voir DEMPSON, J.B. & L.J. LEDREW & G. FUREY)	217-221
GASSER, H., L. BELZILE, R. MICHAUD, L. BORDELEAU & N. FAUST. Effects of seed coating and inoculation on the establishment and performance of alfalfa	71-76
GATES, C.C. & R.J. HUDSON. Foraging behaviour of wapiti in a boreal forest enclosure	197-206
GAUTHIER, R. <i>Gaylussacia dumosa</i> (Andr.) T. & G. var. <i>bigeloviana</i> Fern. nouveau dans la flore du Québec	411-420
GAUTHIER, R. (voir LAVOIE, G. & R. GAUTHIER)	421-427
GERVAIS, P. (voir McELROY, A.R. & P. GERVAIS)	179-184
GERVAIS, P. (voir McELROY, A.R. & P. GERVAIS)	327-333
GERVAIS, P. (voir BERTRAND, J.F., P. GERVAIS)	447-452
GIBSON, R.J. Large Atlantic salmon parr (<i>Salmo salar</i>) of a boreal river in Québec ...	135-141
GIBSON, R.J. Water velocity as a factor in the change from aggressive to schooling behaviour and subsequent migration of Atlantic salmon smolt (<i>Salmo salar</i>)	143-148
GIBSON, R.J. (voir MacCRIMMON, H.R. & T.A. DICKSON & R.J. GIBSON)	379-384
GRANDTNER, M.M. & G. ROY. Les plantes introduites de la Petite île au Marteau (archipel de Mingan, Québec)	313-326
HANSON, H.C. (voir JONES, R.L. & H.C. HANSON)	155-170
HARPER, P.P. (voir J. THIBAUT & P.P. HARPER)	27-36
HARVEY, M., B. VINCENT & G. VAILLANCOURT. Développement et fécondité de <i>Campeploma decisum</i> (Say) (Gastropoda: Prosobranchia) en climat froid	335-342
HAY, S.G. <i>Juncus brachycephalus</i> (Juncaceae) in Québec	487-491
HUDSON, R.J. (voir GATES, C.C. & R.J. HUDSON)	197-206
JONES, R.L. & H.C. HANSON. Biogeochemistry of fens of the west coasts of Hudson and James bays in relation to geese	155-170
KABORÉ, K.B. & L. COUTURE. Mycoflore des semences du sorgho cultivé en Haute-Volta	453-457
LAFERRIÈRE, M. (voir VAILLANCOURT, G. & M. LAFERRIÈRE)	385-396
LAROUCHE, A. (voir DINEL, H., A. LAROUCHE & M.P.E. LÉVESQUE)	429-434
LAVOIE, G. & R. GAUTHIER. Précisions sur la distribution de <i>Sphagnum angermanicum</i> Melin et <i>Sphagnum pylaesii</i> Bridel au Québec-Labrador	421-427
LEDREW, L.J. (voir DEMPSON, J.B., L.J. LEDREW & G. FUREY)	217-221
LESAGE, L. Note sur la distribution présente et future du criocère du lys, <i>Lilioceris lillii</i> (Scopoli), (Coleoptera: Chrysomelidae) dans l'est du Canada	95-97
LÉVESQUE, M.P.E. (voir DINEL, H., A. LAROUCHE & M.P.E. LÉVESQUE)	429-434
MacCRIMMON, H.R., T.A. DICKSON & R.J. GIBSON. Implications of differences in emergent times on growth and behaviour of juvenile Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) and brook charr (<i>Salvelinus fontinalis</i>) in sympatric stream populations	379-384
McELROY, A.R. & P. GERVAIS. Yield and chemical composition of whole-crop spring cereals harvested at five growth stages	179-184
McELROY, A.R. & P. GERVAIS. Yield-quality relationships in barley and oats grown for forage	327-333
McNEIL, R. Additions à la flore des champignons du Québec	55-66
McQUINN, I.H., G.J. FITZGÉRALD & H. POWLES. Environmental effects on embryos and larvae of the Isle Verte stock of Atlantic herring (<i>Clupea harengus harengus</i>)	343-355
MAGNAN, P. & G.J. FITZGÉRALD. Âge scalaire et otolithique de l'omble de fontaine (<i>Salvelinus fontinalis</i>): comparaison et interprétation des faux annuli	149-154

MALTAIS, P.M. & E.A. OUELLETTE. Helminth parasites of the snowshoe hare, <i>Lepus americanus</i> , in New Brunswick	103-105
MICHAUD, R. (voir GASSER, H., L. BELZILE, R. MICHAUD, L. BORDELEAU & N. FAUST)	71-76
NAIMAN, R.J. Periphyton accumulation rates in five boreal forest rivers of Québec	1-9
OUELLETTE, E.A. (voir MALTAIS, P.M. & E.A. OUELLETTE)	103-105
PARENT, L.É. & Y. PERRON. L'adsorption maximale du cuivre par trois types de tourbe	67-70
PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU. Description micromorphologique d'un horizon O _n sensible à l'érosion	483-486
PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU. Morphologie d'un mésisol fibrique sous forêt décidue	435-446
PAUZÉ, F.-J. (voir PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU)	483-486
PAUZÉ, F.-J. (voir PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU)	435-446
ROMER, M.J., W.R. CUMMINS & J. SVOBODA. Productivity of native and temperate "crop" plants in the Keewatin District, N.W.T.	85-93
ROY, C. (voir CAYOUCETTE, J., J.-P. BERNARD, C. ROY & M. DUBÉ)	293-312
ROY, G. (voir GRANDTNER, M.M. & G. ROY)	313-326
SCHMID, F. Encore quelques <i>Stactobia</i> McLachlan (Trichoptera, Hydroptilidae)	239-283
SÉRODES, J.-B. & M. DUBÉ. Dynamique sédimentaire d'un estran à spartines (Kamouraska, Québec)	11-26
SVOBODA, J. (voir ROMER, M.J., W.R. CUMMINS & J. SVOBODA)	85-93
THIBAUT, J. & P.P. HARPER. Les peuplements de taons (Diptères: Tabanidés) d'une forêt des Basses-Laurentides: inventaire, phénologie, activité et habitats	27-36
VAILLANCOURT, G. (voir HARVEY, M., B. VINCENT & G. VAILLANCOURT)	335-342
VAILLANCOURT, G. & M. LAFERRIÈRE. Relation entre la qualité du milieu et les groupements benthiques dans la zone littorale du Saint-Laurent	385-396
VANDER KLOET, S.P. Seed and seedling characters in <i>Vaccinium</i> § <i>Myrtillus</i>	285-292
VAN ZYLL DE JONG, C.G. A morphometric analysis of North American shrews of the <i>Sorex arcticus</i> group, with special consideration of the taxonomic status of <i>S. a. maritimensis</i>	373-378
VILLENEUVE, A. (voir CAMIRÉ, C., L. BÉRARD & A. VILLENEUVE)	185-196
VINCENT, B. (voir HARVEY, M., B. VINCENT & G. VAILLANCOURT)	335-342

D'AMOURS, D. Une tortue-luth (<i>Dermochelys coriacea</i>) dans les eaux côtières du Québec.....	481
PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU Description micromorphologique d'un horizon O _n sensible à l'érosion	483-486
HAY, S.G. <i>Juncus brachycephalus</i> (Juncaceae) in Québec	487-491
REVUE DES LIVRES	493-505

TABLE DES MATIÈRES DU VOLUME 110

INDEX ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Maintenant disponible

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

Available now

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 110

NUMÉRO 4

1983

VAN ZYLL DE JONG, C.G. A morphometric analysis of North American shrews of the <i>Sorex arcticus</i> group, with special consideration of the taxonomic status of <i>S. a. maritimensis</i>	373-378
MacCRIMMON, H.R., T.A. DICKSON & R.J. GIBSON Implications of differences in emergent times on growth and behaviour of juvenile Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) and brook charr (<i>Salvelinus fontinalis</i>) in sympatric stream populations	379-384
VAILLANCOURT, G. & M. LAFERRIÈRE Relation entre la qualité du milieu et les groupements benthiques dans la zone littorale du Saint-Laurent	385-396
DUTIL, J.-D. & M. FORTIN La communauté de poissons d'un marécage intertidal de l'estuaire du Saint-Laurent	397-410
GAUTHIER, R. <i>Gaylussacia dumosa</i> (Andr.) T. & G. var. <i>bigeloviana</i> Fern. nouveau dans la flore du Québec	411-420
LAVOIE, G. & R. GAUTHIER Précisions sur la distribution de <i>Sphagnum angermanicum</i> Melin et <i>Sphagnum pylaesii</i> Bridel au Québec-Labrador	421-427
DINEL, H., A. LAROUCHE & M.P.E. LÉVESQUE Évaluation de deux méthodes de quantification des macrofossiles dans les matériaux tourbeux	429-434
PARENT, L.-É., F.-J. PAUZÉ & G.-A. BOURBEAU Morphologie d'un mérisol fibrique sous forêt décidue	435-446
BERTRAND, J.-F. & P. GERVAIS Évolution du rendement et de la composition chimique du lotier (<i>Lotus corniculatus</i> L.) avec l'âge	447-452
KABORÉ, K.B. & L. COUTURE Mycoflore des semences du sorgho cultivé en Haute-Volta	453-457

ANALYSES ET COMMENTAIRES

BÉLANGER, L., J.-P. DUCRUC & M. PINEAU Proposition d'une méthodologie d'inventaire écologique adaptée au territoire forestier périurbain	459-476
---	---------

COMMUNICATIONS BRÈVES

EDWARDS, J. Tongue grooming as a possible mode for the transfer of rumen micro-organisms in moose	477-479
--	---------

Suite au verso

Continued on inside back cover