

La végétation riveraine du lac à l'Eau Claire, Québec subarctique

Vegetated Platforms of Lac à l'Eau Claire, Subarctic Québec

Die Ufervegetation des Lac à l'Eau Claire, subarktisches Québec

Yves Bégin and Serge Payette

Volume 43, Number 1, 1989

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/032752ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/032752ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Bégin, Y. & Payette, S. (1989). La végétation riveraine du lac à l'Eau Claire, Québec subarctique. *Géographie physique et Quaternaire*, 43(1), 39-50. <https://doi.org/10.7202/032752ar>

Article abstract

Around most large lakes of the forest tundra zone in Québec, vegetation colonizes sheltered shores periodically affected by storm waves and ice pushes. Many questions of ecological and geomorphological interest arise from the existence of these vegetation forms within particularly dynamic habitats. In the Lac à l'Eau Claire area, vegetated platforms comprise a mosaic of regressive and progressive mats, resulting from exposure to varying degrees of geomorphic disturbance and prolonged drowning. The species occupy different vertical positions according to immersion and exposure gradients, but zonation patterns parallel to the shoreline, typical of other regions are uncommon here. Species richness is highest in intermediate disturbance conditions, that is along shores where the sedimentary environment is most unstable. Water level during growth period controls the position reached by ice-pushes and waves along the shores and affect the plant succession process. Water level changes from year to year are probably caused by annual variations in snow fall amounts.

LA VÉGÉTATION RIVERAINE DU LAC À L'EAU CLAIRE, QUÉBEC SUBARCTIQUE

Yves BÉGIN et Serge PAYETTE, Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ Les platières sont des tabliers organo-minéraux occupant la rive de plusieurs grands lacs de la toundra forestière du Québec. La végétation qu'elles portent est périodiquement affectée par l'activité des vagues et les poussées glacielles. Le maintien de ces végétaux dans des habitats hautement dynamiques soulève plusieurs questions d'intérêt écologique et géomorphologique qui ont été étudiées au lac à l'Eau Claire, en Hudsonie. Les platières comportent une mosaïque de parcelles végétales en voie de régression ou de croissance, selon l'exposition aux perturbations allogènes. Bien qu'il existe un étagement des espèces en fonction du gradient d'immersion et d'exposition, la zonation en bandes subparallèles à la rive habituellement observée en périphérie des lacs tempérés, est ici peu prononcée. On trouve la diversité floristique optimale dans des sites présentant des conditions intermédiaires d'exposition où le bilan sédimentaire est très variable. Le développement des platières en région subarctique est stimulé par des fluctuations très irrégulières du niveau lacustre d'une année à l'autre, probablement en réponse aux variations interannuelles des précipitations de neige. La dénivellation du plan d'eau au cours de la saison de végétation influence l'intensité de l'activité géomorphologique des glaces et des vagues sur les rives et détermine ainsi les modalités de la succession écologique.

ABSTRACT *Vegetated platforms of Lac à l'Eau Claire, subarctic Québec.* Around most large lakes of the forest tundra zone in Québec, vegetation colonizes sheltered shores periodically affected by storm waves and ice pushes. Many questions of ecological and geomorphological interest arise from the existence of these vegetation forms within particularly dynamic habitats. In the Lac à l'Eau Claire area, vegetated platforms comprise a mosaic of regressive and progressive mats, resulting from exposure to varying degrees of geomorphic disturbance and prolonged drowning. The species occupy different vertical positions according to immersion and exposure gradients, but zonation patterns parallel to the shoreline, typical of other regions are uncommon here. Species richness is highest in intermediate disturbance conditions, that is along shores where the sedimentary environment is most unstable. Water level during growth period controls the position reached by ice-pushes and waves along the shores and affect the plant succession process. Water level changes from year to year are probably caused by annual variations in snow fall amounts.

ZUSAMMENFASSUNG *Die Ufervegetation des Lac à l'Eau Claire, subarktisches Québec.* Am Ufer von mehreren grossen Seen der Wald-Tundra Québecs befinden sich organisch-mineralische Plattformen. Ihre Vegetation wird durch die Aktivität der Wellen und die Eisschübe periodisch gestört. Das Bestehen dieser Vegetation an einem höchst dynamischen Standort wirft mehrere ökologische und geomorphologische Fragen auf, die am Lac à l'Eau Claire, Hudson Bay, überprüft wurden. Die Plattformen bestehen aus einem Mosaik von Vegetations-Parzellen, die sich zurückentwickeln oder entwickeln, je nachdem welchen Störungen von aussen sie ausgesetzt sind. Obwohl die Arten je nach Gefälle des Eintauchens und der Exposition horizontal angeordnet sind, ist die Einteilung in subparallel zum Ufer verlaufende Streifen, die man normalerweise an der Peripherie der gemässigten Seen beobachten kann, hier wenig ausgeprägt. Die optimale Flora-Vielfalt findet man an Plätzen mit mittlerer Exposition, wo die Sediment-Bilanz sehr variabel ist. Die Fluktuationen des Seenniveaus von einem Jahr zum andern, die, wahrscheinlich wegen der jährlichen Unterschiede im Schneefall, sehr unregelmässig sind, stimulieren die Entwicklung der Plattformen im subarktischen Gebiet. Die Verschiebung des Wasserspiegels während der Vegetationszeit beeinflusst die Intensität der geomorphologischen Einwirkung von Eis und Wellen auf die Ufer und bestimmt so den Prozess der ökologischen Abfolge.

INTRODUCTION

Les platières lacustres sont des formes de végétation riveraine répandues dans la toundra forestière du Québec. Par analogie au «platier» (George, 1974), qui constitue un estran rocheux portant parfois des dépôts de plage, les platières sont des formes à grande échelle composées d'un tablier organo-minéral dont le faciès est le résultat d'un ensemble de processus géomorphologiques et écologiques propres aux rives. Leur édification débute par la stabilisation en plaques des sables déplacés par les vagues par des bryophytes à croissance rapide. Dépendant de l'exposition de la rive aux vagues et aux poussées glacielles, d'autres plantes s'ajoutent et la coalescence des parcelles de végétation muscinale et l'accumulation verticale des restes organiques et du sable forment ces platières, qui gagnent en épaisseur tout en étant également colonisées par des populations denses de saules et de plantes herbacées. Ces formes tapissent l'ensemble de l'étage héliophytique et l'étage tropophytique inférieur atteint par les crues exceptionnelles (*sensu* Dansereau, 1945). Elles caractérisent les rives en pente douce de la plupart des grands lacs à faible marnage où prévaut une importante activité des vagues et des glaces flottantes et aussi les rives de la partie amont de plusieurs rivières subarctiques caractérisées par de faibles variations de niveau. Le dynamisme de la végétation des platières, régi par une haute fréquence de perturbations allogènes, soulève plusieurs questions d'intérêt géomorphologique et écologique. Quelle est l'influence des poussées glacielles, des vagues et des variations du niveau d'eau sur la composition, la structure et la répartition de la végétation? En présence d'une forte activité géomorphologique, existe-t-il un étagement de la végétation le long du gradient topographique des rives? Les formes de végétation riveraines ont-elles une signification écoclimatique?

Le rôle des perturbations dans le dynamisme des écosystèmes est un sujet écologique fondamental qui a intéressé plusieurs auteurs. En milieu lacustre, les études concernent surtout la zonation des espèces répondant à un fort marnage saisonnier et à une dynamique riveraine de faible énergie. Cette zonation est d'ailleurs caractéristique des nappes d'eau fluctuantes à l'échelle du globe. Elle fut ainsi bien décrite par les travaux de Gauthier (1977, 1982) dans la vallée du Saint-Laurent où la marée exerce une influence importante. On a, jusqu'à ce jour, étudié la végétation riveraine de lacs tempérés d'Amérique du Nord (Graham et Henry, 1933; Swindale et Curtis, 1957; Dansereau, 1959; Mandossian et McIntosh, 1960; Wright et Bent, 1968; Aiken et Gillet, 1974; Hutchinson, 1975) et d'Europe (Pearsall, 1920; Bernatowicz et Zachwieja, 1966; Spence, 1967, 1982).

Plusieurs écologistes ont utilisé les perturbations du couvert végétal comme outil d'analyse ou d'expérimentation pour connaître le fonctionnement des écosystèmes littoraux. On a considéré notamment l'influence des fluctuations du niveau de l'eau (Liefers, 1984; Keddy, 1985a; Keddy et Reznicek, 1982, 1986) et des vagues (Keddy, 1982, 1983, 1984b, 1985b) sur la composition et la structure des communautés riveraines. L'exposition variable des parcelles de végétation aux perturbations allogènes apparaît comme le facteur prédominant dans le monde du développement des communautés des

lacs tempérés (Keddy et Ellis, 1985; Wilson et Keddy, 1985a,b, 1986a,b) et subarctiques (DuRietz, 1950; Wassen, 1969). Des changements majeurs dans les formes de végétation peuvent aussi survenir à plus long terme en réponse aux variations décennales et séculaires du niveau de l'eau (Bégin et Payette, sous presse). L'importante activité géomorphologique qui caractérise les lacs subarctiques crée un ensemble de conditions biophysiques qu'il est apparu intéressant d'étudier dans le but d'évaluer le rôle des perturbations dans le développement de la végétation. C'est dans cette perspective qu'a été entreprise l'étude des platières végétales du lac à l'Eau Claire (56°N, 75°O), en Hudsonie. Elles y forment une mosaïque de parcelles en voie de croissance ou de dégradation qui laisse supposer une évolution simultanée des communautés végétales et des formations sédimentaires riveraines. La présente étude vise à décrire les conditions physiques favorisant le développement et le maintien de platières végétales sur les rives d'un lac subarctique caractérisé par une forte activité riveraine influencée par les fluctuations saisonnières et interannuelles du niveau de l'eau.

DESCRIPTION DE LA RÉGION ÉTUDIÉE

Le lac à l'Eau Claire occupe deux dépressions circulaires adjacentes ayant 20 km et 30 km de diamètre (fig. 1). Sa superficie de 1269 km² en fait le deuxième lac en importance au Québec, après le lac Mistassini (2115 km²). Il draine les eaux d'un bassin de faible étendue, soit environ 7000 km², et son exutoire, la rivière à l'Eau Claire, les déverse dans le lac Guillaume-Delisle, situé à environ 100 km à l'ouest, vers la baie d'Hudson. La forme circulaire des deux dépressions lacustres résulte vraisemblablement d'un impact météoritique datant du Pennsylvanien (285-300 × 10⁶ ans) (Denc, 1964; Reimold *et al.*, 1981; Plante, 1986), quoique certains auteurs soient plutôt d'avis qu'il s'agit de deux caldeiras volcaniques coalescentes (Krank et Sinclair, 1963; Bostock, 1969). Des drumelins orientés est-ouest, soit dans le sens du dernier

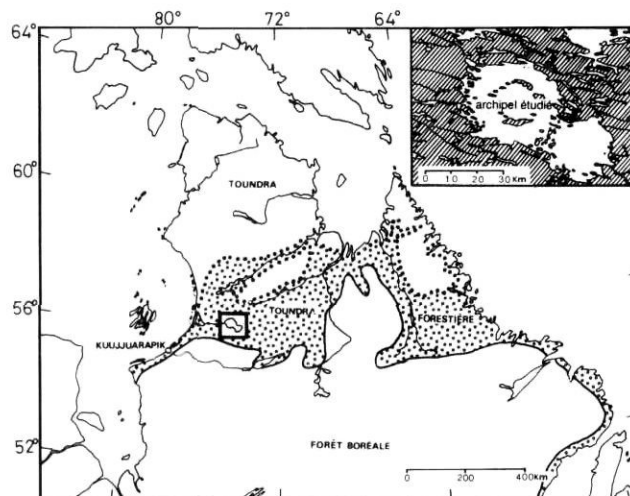


FIGURE 1. Localisation du lac à l'Eau Claire, au Québec subarctique. Study area, Lac à l'Eau Claire, Subarctic Québec.

écoulement glaciaire, dominant la morphologie régionale. Les formes de terrain et la végétation ont été étudiées sur les rives des îles drumelinoïdales du bassin ouest décrivant un anneau central d'environ une vingtaine de kilomètres de diamètre. Exposés de tous côtés à de grandes étendues d'eau libre (environ 12 km à l'intérieur de l'anneau et 8 km à l'extérieur) et à toutes les orientations possibles du vent, les rives de cet archipel fournissent un laboratoire naturel intéressant pour l'étude de l'influence des vagues et des poussées glaciales provenant de toutes les directions sur le développement de la végétation.

Le climat régional est de type subarctique à fort contraste saisonnier. En hiver, il est dominé par une circulation anticyclonique sous l'influence des masses d'air arctique, particulièrement froid et sec. En été, les dépressions venant du sud-ouest se chargent d'air frais et humide au-dessus de la baie d'Hudson alors libre de glace (Burbidge, 1951; Wilson, 1968; Brinkmann et Barry, 1972; Barry et Hare, 1974, Barry, 1981). En l'absence d'enregistrements météorologiques de longue durée dans la région, on estime, à partir des données de stations voisines, que la température moyenne annuelle se situe entre $-4,3^{\circ}\text{C}$ (Kuujuarapik) et $-6,7^{\circ}\text{C}$ (Inukjuak). Les précipitations peuvent atteindre 640 mm, dont environ 40 % tombent sous forme de neige, surtout en novembre. L'instabilité du climat estival de la région est reliée à la position méridionale du front arctique (Bryson, 1966; Barry, 1967; Hare, 1968). Les vents dominants viennent du quadrant ouest (SO-NO) et ont une vitesse moyenne annuelle de 5,1 à 5,9 m/s. On compte entre 339 et 550 degrés-jours de croissance ($>5,6^{\circ}\text{C}$). La saison glaciale dure généralement 6 mois, soit d'octobre à juin.

D'un point de vue phytogéographique, le lac à l'Eau Claire représente une enclave de la sous-zone arbustive dans la sous-zone forestière de la toundra forestière hudsonienne (Payette, 1983, 1984). Le paysage végétal est composé d'une mosaïque de milieux ouverts caractérisés par une toundra à lichens et de milieux forestiers dominés par l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP) et le mélèze (*Larix laricina* (DuRoi) K. Koch.), dont la répartition résulte d'une longue histoire de feux de forêt (Payette, 1981; Millet et Payette, 1987). La flore vasculaire de la région comprend 250 espèces, ce qui représente environ la moitié des taxons présents sur la côte hudsonienne (Kuujuarapik et lac Guillaume-Delisle). Elle englobe majoritairement des espèces à affinité boréale, arctico-alpine et nord-américaine (Deshaye et Morisset, 1985). Le quart des plantes vasculaires de la région occupe les rives, soit 58 espèces, et on y trouve 42 espèces bryophytiques, soit près de la moitié de la liste régionale qui comprend 97 espèces.

MÉTHODES

Deux aspects ont guidé la méthodologie de cette étude: 1) la description du contexte géomorphologique dans lequel s'édifient les platiers et 2) la relation entre les caractéristiques de la végétation, soit la composition floristique, les structures végétales, les patrons de répartition des espèces, la diversité

des formations et l'exposition des parties de la rive aux vagues de tempête, aux poussées glaciales et à l'immersion prolongée.

RECONNAISSANCE DES ENTITÉS RIVERAINES ET PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

La reconnaissance des entités morpho-sédimentologiques des rives des onze îles centrales (périmètre total: 107 km) a servi à la cartographie des quatre types de rive suivants à l'échelle de 1/20 000: 1) les rives prolongeant les conditions supra-riveraines: abrupts rocheux et talus d'éboulis, 2) les plages de sable et de gravier, 3) les rives conservant les empreintes des pressions glaciales: cordons et crêtes de blocs et de galets, et 4) les rives en pente douce bordées par des écueils d'importance variable, créant parfois de véritables brisants derrière lesquels se trouvent des milieux favorables à la formation de platiers végétales. On a distingué trois types physiologiques de platier selon l'épaisseur des accumulations organo-minérales: a) des platiers minces, de moins de 10 cm d'épaisseur, situées derrière des écueils de faible importance, dans lesquelles la végétation apparaît clairsemée et peu diversifiée, b) des platiers épais atteignant 50 cm, abritées par des écueils denses et occupées par une végétation dense, composée de plusieurs strates de différentes hauteurs, et c) des platiers composites comportant à la fois des sections de platiers épais et minces (fig. 2).

Le choix des places échantillons pour la description détaillée des caractéristiques biophysiques des rives a été effectué

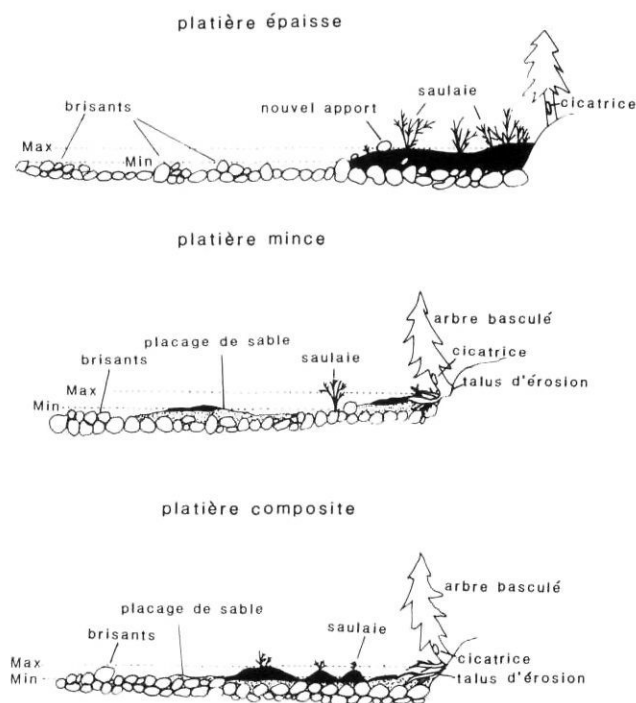


FIGURE 2. Profils schématiques des types de platier du lac à l'Eau Claire. La position des niveaux minimal (min) et maximal (max) moyens du plan d'eau est aussi indiquée.

Simplified cross-sections of the vegetated platforms of Lac à l'Eau Claire. Minimum (min) and maximum (max) mean water levels also indicated.

sur la base d'un plan d'échantillonnage stratifié en fonction de deux variables: 1) l'orientation de la rive par rapport aux points cardinaux, soit selon huit classes d'azimut de 45° et 2) la densité des brisants (trois classes: denses, épars ou ponctuels). La première variable met à profit la configuration en anneau de l'archipel dans lequel tout événement géomorphologique provoqué par le vent peut avoir un effet décelable sur la végétation des rives exposées. La deuxième variable intègre l'ensemble des conditions affectant l'exposition des sites (pente sous-aquatique, largeur de la zone balayée par les vagues, micro-relief). Au total, 62 sites ont été choisis au hasard, dont 23 platiers, de manière à refléter la variabilité de l'ensemble des conditions géomorphologiques et écologiques observées sur les rives du lac à l'Eau Claire, suivant toutes les expositions.

RELEVÉS GÉOMORPHOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES

Les caractéristiques morpho-sédimentologiques de chaque unité de rive ont été relevées. On a évalué, par exemple, la hauteur des cordons et des crêtes de sédiments glaciels, la largeur et la densité des brisants localisés devant les platiers, le diamètre et l'éprouvé des graviers, des galets et des blocs et la proportion des fractions sableuses. La détermination de l'origine locale ou allochtone des sédiments a été facilitée par l'existence de deux groupes pétrographiques distincts: les brèches volcaniques venant des îles et les granito-gneiss provenant des pourtours du lac.

Sur les 23 sites de platière, on a procédé à une analyse linéaire de la végétation (Canfield, 1941) le long d'un profil topographique mesuré à intervalles réguliers de 10 cm à l'aide d'un niveau électronique GDD, d'une précision de ± 1 cm par mètre de dénivellation. Les transects portaient d'un point supra-riverain choisi au hasard et s'échelonnaient jusqu'au plan d'eau. Les profils mesurés à la mi-juillet 1983 sont raccordés aux enregistrements de la station nivométrique d'Environnement Québec, en exploitation depuis 1975 à l'exutoire du lac. Le recouvrement linéaire de chaque espèce par segments de 10 cm a été évalué de façon systématique par la projection verticale de leurs parties aériennes le long d'une ligne marquée à l'aide d'une ficelle et suivant les formes de croissance et la stratification du couvert végétal. Les structures de végétation ont été définies conformément à la méthode proposée par Payette et Gauthier (1972), les classes de hauteur étant toutefois adaptées aux conditions locales: strate muscinale: <10 cm, herbacée: <50 cm, arbustive basse: <10 cm, arbustive moyenne: de 10 à 50 cm, et arbustive haute: >50 cm. La composition floristique a été analysée dans chaque place échantillon selon le gradient d'exposition aux agents lacustres, c'est-à-dire en fonction de la dénivellation et de la distance des plantes par rapport au plan d'eau et suivant les conditions micro-topographiques. L'indice de Shannon (Begon *et al.*, 1986) a servi à apprécier la diversité des assemblages floristiques, afin de vérifier la relation entre l'exposition des rives et la variabilité floristique. Cet indice rend compte à la fois de l'abondance relative de chaque espèce et du nombre d'espèces présentes dans un relevé:

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

H = diversité, s = nombre d'espèces, P_i = importance relative (recouvrement en %) de chaque espèce dans le relevé.

RÉSULTATS

CARACTÉRISTIQUES MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUES DES RIVES

Selon leur représentation autour des îles (périmètre total: 107 km), les rives sont réparties comme suit: talus d'éboulis: 3 %, roche en place; 7,3 %, plages: 17,2 %, cordons et crêtes: 33,8 %, platiers: 38,7 % (fig. 3). La morphologie drumelinoïdale des îles commande dans une large mesure la répartition des types de rive. Le front des drumelins, orienté vers l'est, est dominé par des rives en pente forte, soit des abrupts rocheux modelés en falaise, en talus d'éboulis ou, à la base des versants, en cordons ou en crêtes de blocs glaciels. Les pentes douces du revers et des flancs des drumelins donnent sur des rives d'une grande diversité géomorphologique. Les pentes les plus faibles sont occupées par des platiers végétales et les pentes plus prononcées sont caractérisées par des plages dans les baies et par des cordons et des crêtes de sédiments grossiers sur les pointes. Cette influence prédominante de la structure géologique sur la répartition des types de rive a déjà été décrite ailleurs par d'autres auteurs, notamment aux lacs Mistassini et Albanel (Laverdière et Guimont, 1981).

Les unités sédimentologiques riveraines sont nettement démarquées les unes des autres en raison de la répartition

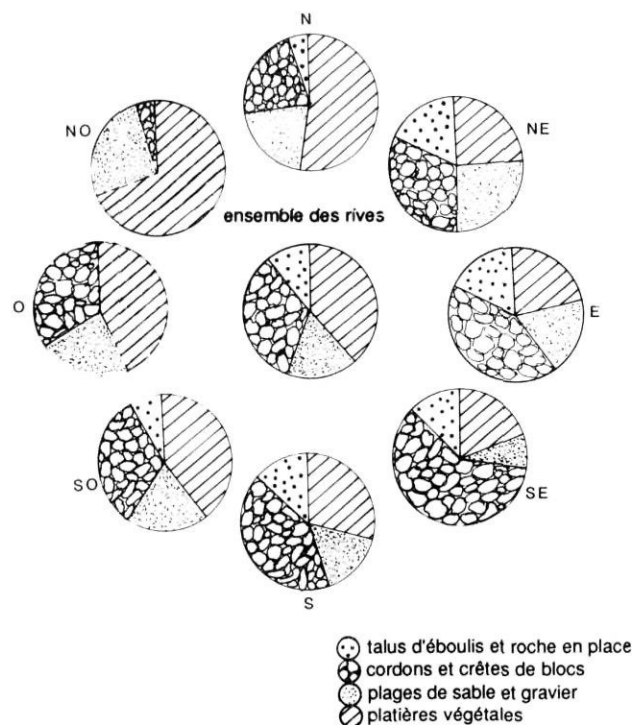


FIGURE 3. Répartition des types de rive selon l'orientation autour de l'anneau d'îles.

Distribution of shoreline types according to sites orientation along the ring of islands.

initiale des dépôts, de la nature des matériaux qui les composent, de la rareté des déplacements de sédiments le long de la rive et de l'exposition variable des sites aux vagues et aux glaces flottantes. Bien que les débordements glaciaux affectent tous les types de rive, leur empreinte est bien conservée uniquement dans les accumulations de sédiments grossiers dont la taille est trop imposante pour qu'ils soient repris par les vagues. Les blocs de granito-gneiss, provenant de l'extérieur des îles, sont probablement le résidu du délavage de la moraine de décrépitude. Ils composent 98 % des formations modelées par les glaces flottantes et ont respectivement un diamètre moyen et maximal de 29 ± 17 cm et de 2,1 m. Les accumulations peuvent atteindre jusqu'à 4 m de hauteur. Les blocs sub-anguleux et sub-arrondis sont empilés sur une épaisseur moyenne de 1,5 m, mais pouvant atteindre 4 m au-dessus du niveau de l'eau. Les rares blocs de brèche locale (moins de 2 %) sont anguleux et se trouvent près des abrupts rocheux d'où ils semblent provenir. La présence de lichens couvrant la face exposée des blocs allochtones laisse croire que les formes sont actuellement peu actives et seraient héritées d'anciens hauts niveaux lacustres. Les quelques nouveaux apports, facilement identifiables par l'absence de lichens, indiquent l'incidence récente de pressions du couvert de glace sur les rives. Leur effet est surtout perceptible sur les rives en pente douce où existent de vastes étendues de sédiments sujets à être transportés. L'importance des dommages encourus par les végétaux ligneux témoigne du fait que les poussées glaciales ont lieu virtuellement à tous les ans (Bégin et Payette, 1988).

Les plages sont composées de graviers arrondis de brèche locale (85 %), un matériel très friable et très bien trié, d'un diamètre moyen de $2,7 \pm 1,3$ cm, bien qu'il existe aussi de rares plages de sable grossier associées à des systèmes dunaires supra-riverains. La dominance des brèches dans les fractions inférieures aux galets (<15 cm) s'explique par leur grande friabilité comparativement aux granito-gneiss. Les brèches sont rapidement réduites en des fractions propices au transport par les vagues. Les blocs granito-gneissiques qui dominent dans les cordons et les crêtes d'origine glaciale sont plus résistants et leur masse habituellement imposante empêche leur déplacement par les vagues.

Le substrat des platières est assorti de toutes les fractions granulométriques allant des sables aux blocs, soit une composition similaire à celle du till d'ablation tapissant les collines rocheuses des îles. La fraction sableuse des parties immergées est transportée par les vagues vers le large et vers la partie supérieure de la rive. Il demeure des écueils composés de blocs et de galets, prenant parfois la forme de véritables brisants, qui régissent, selon la pente de la rive, l'intensité avec laquelle les vagues atteignent les platières (fig. 2). L'étendue et la densité de ces brisants ont été évaluées sur échelle ordinale, à partir du recouvrement relatif des blocs émergeant au-dessus du niveau de l'eau de juillet 1983. Plus de la moitié (53 %) des sites échantillonnés renfermaient une zone de brisants de plus de 5 m de largeur.

La datation au radiocarbone de la base d'une tourbière située sur une petite île au centre du lac, à 1 m au-dessus du niveau d'eau de l'été 1983, indique que depuis environ

5050 ans BP (Payette, 1984), soit après la vidange d'un lac proglaciaire sous l'effet du relèvement isostatique (Allard et Séguin, 1985), le niveau du lac oscille autour de sa position actuelle. Il existerait depuis ce temps un équilibre dynamique des formes d'origine glaciale avec les variations mineures (<1 m) du niveau lacustre. La présence de cercles de triage à maints endroits à environ 1 m de profondeur laisse supposer l'existence de bas niveaux dans le passé, comme on l'a signalé ailleurs au Québec nordique (Dionne, 1974; Laverdière et Guimont, 1981).

CARACTÉRISTIQUES DES FORMES VÉGÉTALES RIVERAINES

Structures de végétation et composition floristique des platières

La distinction entre les trois types de platière (fig. 2), d'abord fondée sur des critères géomorphologiques et topographiques, comme la pente de la rive et son prolongement sous-aquatique, la densité et l'étendue des brisants, les caractéristiques granulométriques du substrat et l'épaisseur des accumulations organo-minérales, trouve aussi son expression dans les structures de végétation (fig. 4). Celles-ci sont ordonnées en fonction du degré d'exposition de la rive aux perturbations. Les platières minces sont les plus exposées et comportent des structures végétales basses (muscinaies discontinues, continues ou herbacées) (fig. 4A), dominées par des espèces tolérant une haute fréquence et une longue durée d'immersion, soit *Potentilla palustris*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Calliergon stramineum*, *Scorpidium scorpioides*, *Climacium dendroides* et *Hylocomium pyrenaicum* (fig. 5). Les platières épaisses comprennent plutôt des structures végétales hautes (muscinaies arbustives moyennes ou hautes et arbustives muscinales) (fig. 4C), dominées par des peuplements denses de *Salix planifolia* abritant d'autres arbustes: *Salix glauca*, *Alnus crispa*, *Vaccinium uliginosum*, *Ledum groenlandicum*, *Empetrum nigrum* et *Betula glandulosa* (fig. 5). Les platières composites ont une physionomie associée à un degré intermédiaire d'exposition, comparativement aux deux autres types de platière. Elles constituent des muscinaies arbustives basses ou moyennes (fig. 4B), formées surtout par *Salix arctophila* et *S. argyrocarpa*, et renferment un important cortège de plantes herbacées chez lesquelles *Epilobium anagallidifolium* et *Rubus chamaemorus* prédominent (fig. 5). Comme toutes les communautés végétales ont une composante bryophytique dominante, les différences structurales entre les platières sont le résultat des variations de l'importance des espèces arbustives.

Gradient d'immersion et d'exposition

Chaque portion de la rive est marquée d'un niveau d'activité hydrodynamique et glaciale déterminé par les conditions microtopographiques. Le développement de la végétation qu'on y trouve est conditionné par le niveau de contraintes écologiques propres à chacun de ces biotopes. Chaque entité végétale est ainsi constituée d'une mosaïque de parcelles comportant des structures végétales hautes ou basses dont la proportion relative détermine, à un niveau de généralisation supérieur, le type de platière. Les espèces sont aussi distribuées le long d'une toposéquence associée au gradient d'im-

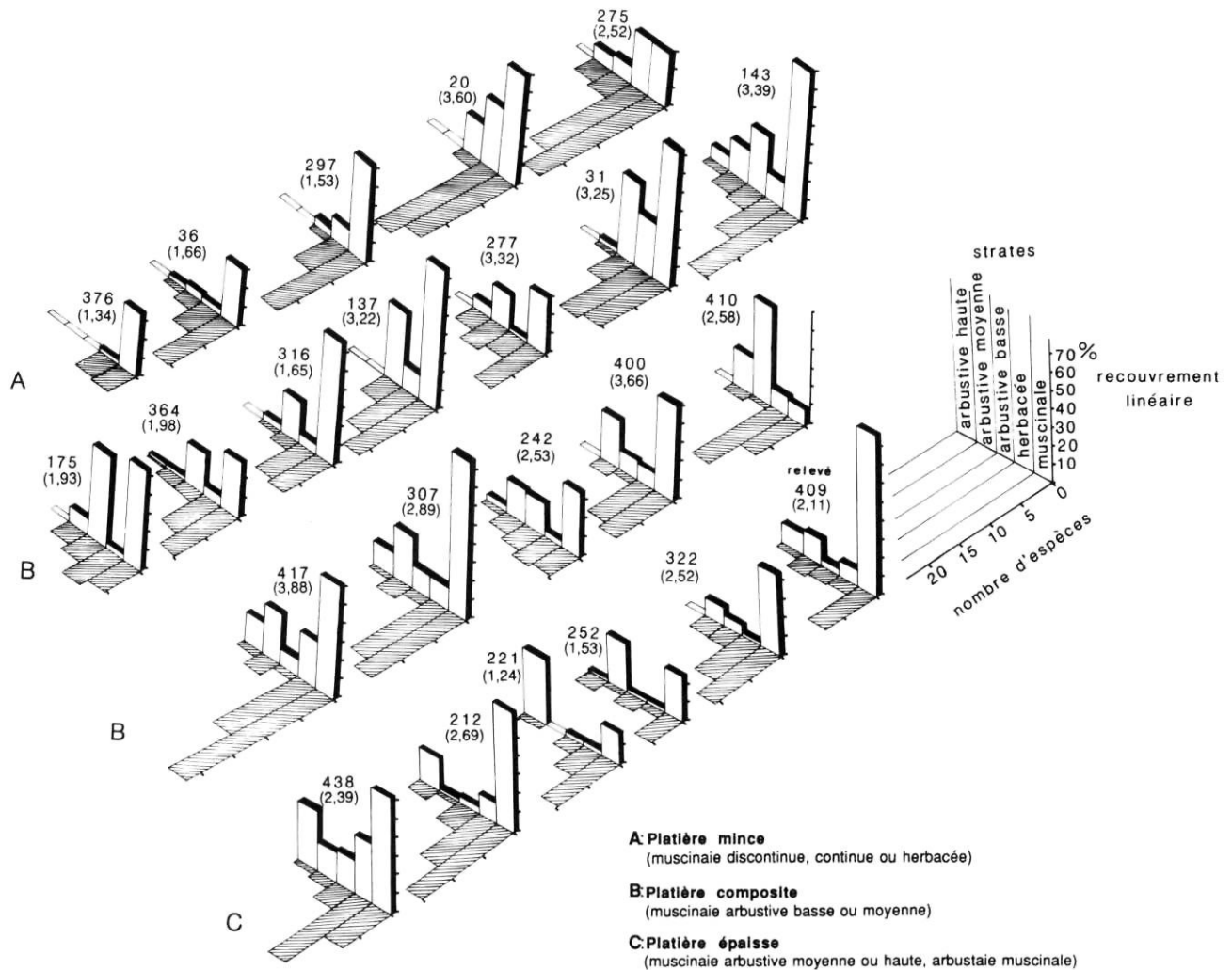


FIGURE 4. Structures de végétation (recouvrement des strates végétales) et richesse floristique (nombre d'espèces) des platières étudiées. Les chiffres entre parenthèses représentent l'indice de diversité de Shannon pour chacun des relevés.

Vegetation structures and number of species of the vegetated mats. Numbers in parentheses represent Shannon diversity index related to each data set.

mersion et d'exposition. Les platières minces occupent des positions topographiques ne permettant pas l'expression de gradients marqués de végétation (fig. 6). Au contraire, dans les platières épaisses, il existe une toposéquence végétale nettement exprimée en fonction de la pente régulière de la rive (fig. 7). Les platières composites ont plutôt une topographie irrégulière réunissant sur quelques mètres carrés l'ensemble des conditions présentées par les deux autres types de platière. Leurs parties basses et exposées ont une composition et une structure similaires à celles des platières minces et sont bien démarquées par rapport aux parties élevées, où l'étagement des espèces est mieux exprimé et où l'énergie des vagues est grandement atténuée.

La toposéquence végétale peut aussi être illustrée par la distribution des espèces les plus communes (espèces présentes dans au moins 3 des 23 relevés), selon leur position en hauteur par rapport au plan d'eau dans l'ensemble des

platières. Les altitudes moyennes minimales et moyennes maximales mesurées par rapport au niveau du plan d'eau à la mi-juillet 1983 traduisent l'étagement des plantes sous l'effet combiné du gradient d'immersion et d'exposition (fig. 8). La diversité des positions occupées par certaines espèces, notamment *Salix planifolia*, *Climacium dendroides*, *Depranocladus uncinatus*, *Aulacomnium palustre* et *Calliergon stramineum*, reflète leur tolérance à une grande amplitude de conditions écologiques (longue durée d'immersion, forte exposition aux vagues et aux glaces, grande variété de conditions d'humidité et quantité variable de matière organique accumulée au sol). Les limites inférieures et supérieures des dénivellations occupées par les espèces communes aux trois types de platière ne varient pas beaucoup selon le type de platière. Bien qu'il existe un étagement des espèces, la zonation de la végétation en bandes sub-parallèles à la rive est difficilement perceptible en raison de la configuration microtopographique très irrégulière de la majorité des platières.

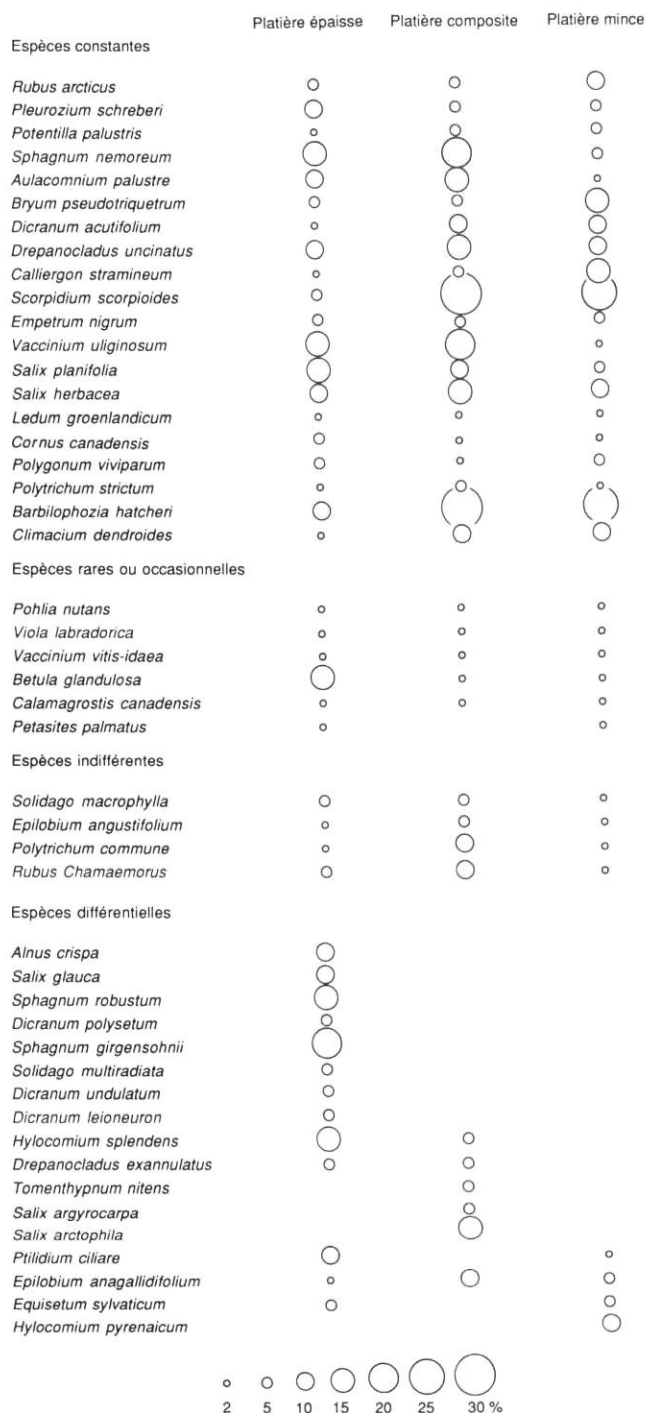


FIGURE 5. Représentation des espèces selon le type de platière (% moyen de recouvrement par mètre linéaire). Les espèces retenues occupent au moins 1 % de la longueur d'un relevé.

Species distribution according to vegetated platform types (mean cover (%) over linear metre). Only species present on at least 1% of sample plots are considered.

Diversité floristique et exposition

La richesse floristique des platières varie beaucoup le long du gradient topographique. En présence d'une toposéquence

nettement exprimée, le nombre d'espèces atteint un maximum à des niveaux intermédiaires d'exposition le long de la pente de la rive (fig. 9). Aux parties les plus basses et exposées au plan d'eau correspondent des conditions restrictives limitant la diversification des communautés de plantes. L'érosion du tapis végétal, occasionnant la dénudation du substrat, et l'apport de sédiments dans des positions topographiques moins exposées créent des conditions favorables à la colonisation des espaces ouverts par un plus grand nombre d'espèces. Ces micro-habitats d'exposition intermédiaire présentent des conditions optimales pour le maintien d'une grande richesse floristique, soit une haute fréquence de plantes « rares », alors que les parties les plus élevées de la rive, qui sont plus abritées, sont caractérisées par un assemblage moins diversifié de plantes, soit surtout par les espèces dominant à la fois par leur recouvrement et leur fréquence.

La relation entre la richesse floristique et l'exposition se traduit aussi par le nombre d'espèces caractérisant chaque type de platière. Les platières composites regroupent 10 espèces arbustives, 34 espèces herbacées et 40 bryophytes, comparativement à 7, 27 et 26 dans les platières minces et 11, 23 et 25 dans les platières épaisses. La moyenne des indices de diversité de Shannon calculés pour chaque relevé est respectivement de 2,13, 3,21 et 2,08 dans les platières minces, composites et épaisses (fig. 4). Les platières minces représentent des milieux de colonisation où la forte activité des vagues limite le processus de succession végétale. S'y maintiennent des communautés dominées par des plantes pionnières, aptes à envahir rapidement les ouvertures créées dans le couvert végétal par l'érosion ou l'apport de sédiments. Les platières épaisses occupent les milieux les plus abrités et les plus stables d'un point de vue structural et floristique. Les faibles quantités de sable entremêlé à la matière organique formant ces platières traduisent une activité littorale modérée. On trouve l'optimum de richesse floristique dans les platières composites regroupant tous les états de développement observés chez les autres types de platière.

VARIATIONS DU NIVEAU LACUSTRE

L'enregistrement des fluctuations du plan d'eau depuis 1975 (fig. 10) démontre que l'importance de la crue printanière détermine dans une large mesure le niveau du lac durant toute la saison de végétation, soit de juin à octobre. L'amplitude annuelle moyenne et maximale des niveaux enregistrés sont respectivement de 57 cm et de 86 cm. La crue suit le rythme généralement rapide de la fonte de la neige de la mi-mai à la mi-juin (hausse du niveau d'eau d'environ 0,8 à 1,0 cm/jour), mais la baisse subséquente du niveau de l'eau est lente et graduelle (moins de 0,1 cm/jour). Le maintien de niveaux élevés en été est attribuable à l'évacuation particulièrement lente des eaux par le seul exutoire du lac, soit la rivière à l'Eau Claire. En utilisant les données de la station nivométrique dans un exemple théorique, on peut estimer le temps minimal que nécessite l'évacuation des eaux de crue. Bien qu'en réalité la neige soufflée par le vent soit très inégalement répartie dans le bassin, on peut utiliser pour le calcul un couvert de neige de 50 cm d'épaisseur (équivalent en eau: 5 cm), en théorie uniformément réparti sur l'ensemble du

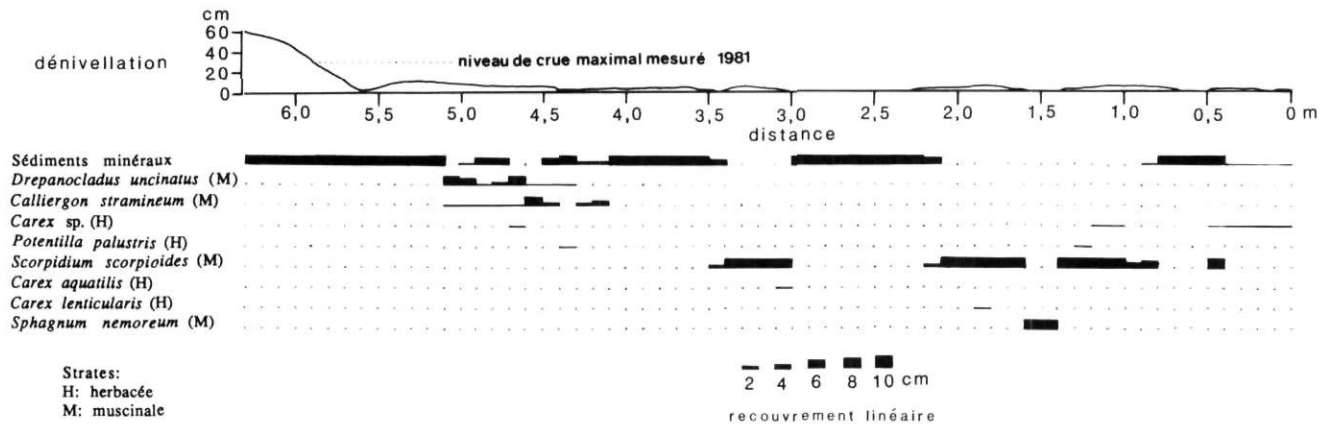


FIGURE 6. Exemple d'un relevé de végétation d'une platière mince très exposée aux perturbations allogènes.

Example of a vegetation profile of a low mat located in a very exposed shoreline.

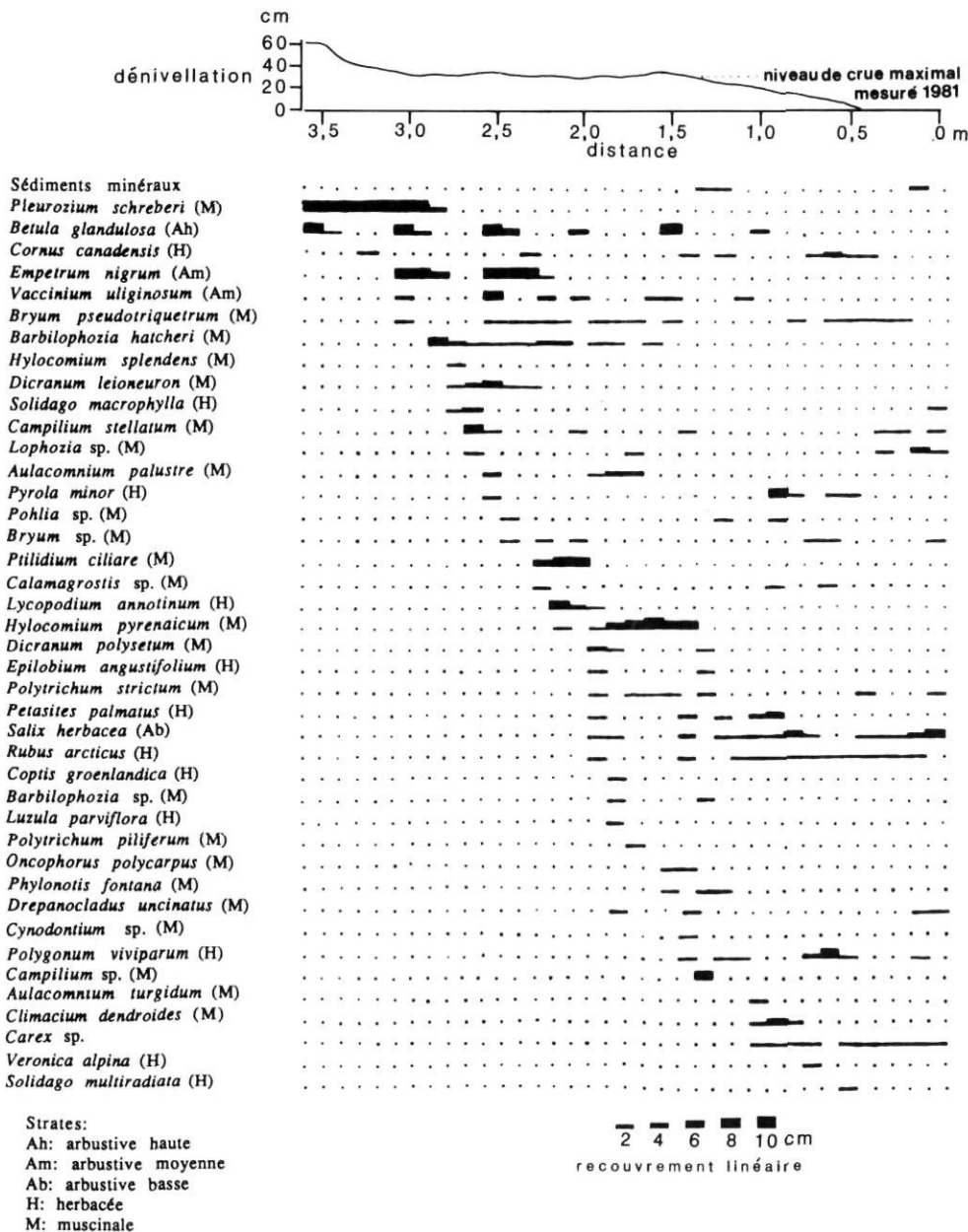


FIGURE 7. Exemple d'un relevé de végétation d'une platière épaisse partiellement protégée du plan d'eau par des écueils.

Example of a vegetation profile of a thick mat occupying a partially protected shoreline.

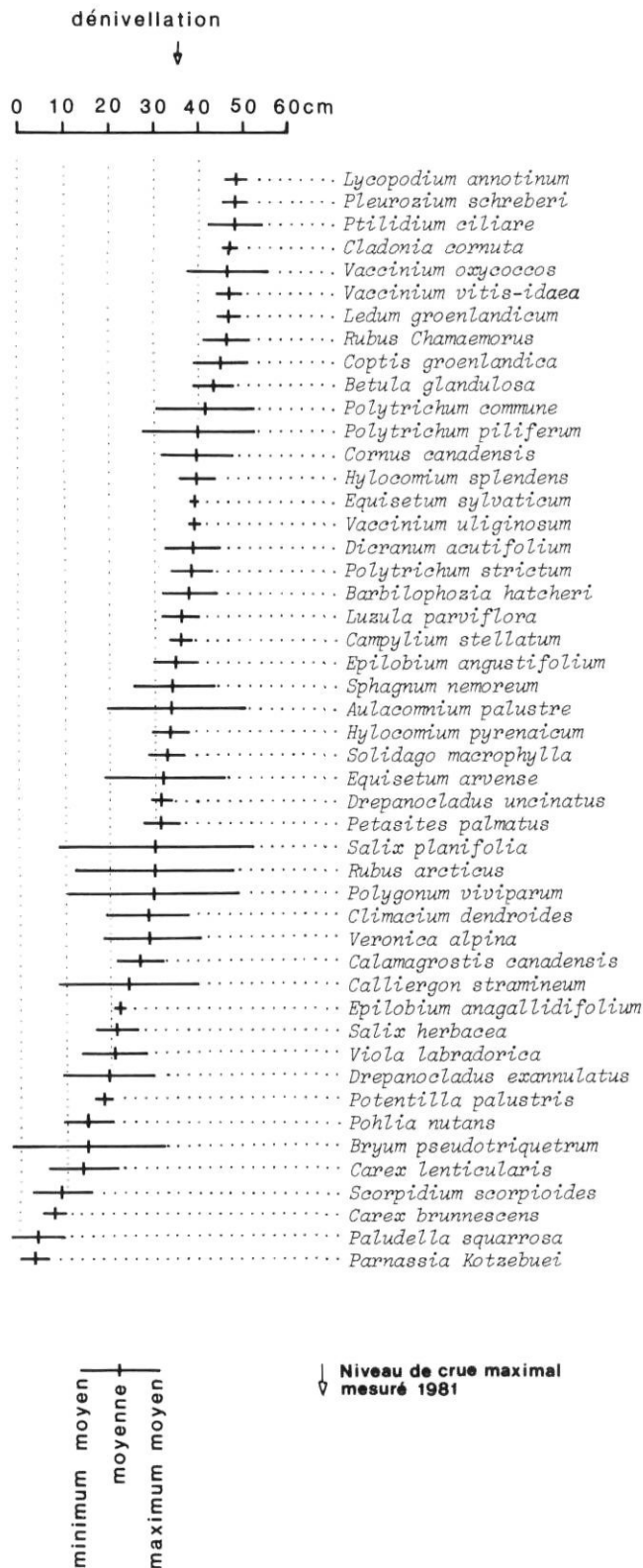


FIGURE 8. Position des espèces au-dessus du niveau du plan d'eau à la mi-juillet 1983.
Species denivellements above mid-July 1983 water level.

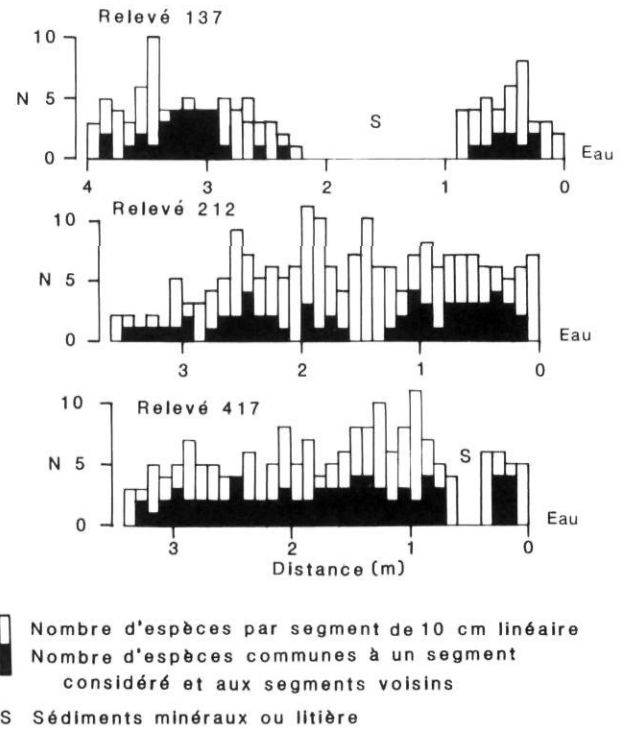


FIGURE 9. Richesse floristique de quelques platières étudiées. Le nombre d'espèces présentes augmente légèrement avec leur éloignement du plan d'eau. Il diminue toutefois dans les parties les plus protégées de la rive.

Species richness of some studied vegetated mats. Number of species increases gently landward, but decreases in partially protected shoreline zones.

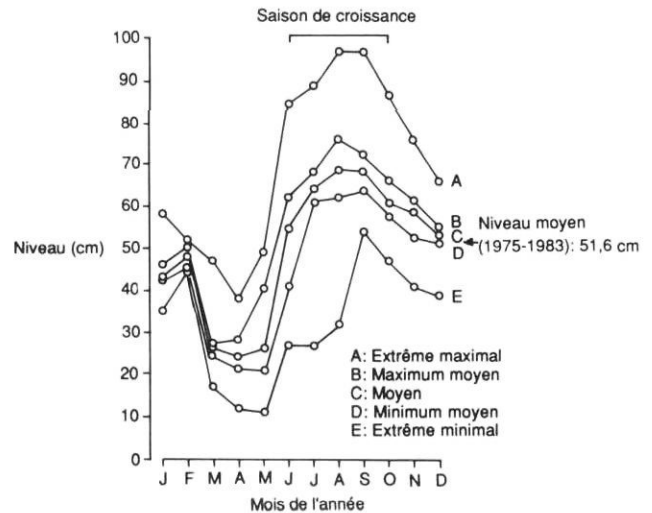


FIGURE 10. Variations saisonnières du niveau du lac à l'Eau Claire (période 1975-1983).

Seasonal water level fluctuations at Lac à l'Eau-Claire (1975-1983 period).

bassin-versant (environ 7000 km²). La fonte de cette couverture de neige représenterait un surplus d'eau d'environ 3,5 × 10⁹m³ pour l'ensemble du bassin de drainage. Ces eaux de fonte accumulées sur les 1269 km² des deux bassins lacustres représenteraient une hausse de niveau d'environ 28 cm. Au rythme du débit maximal de crue de l'exutoire enregistré depuis 1975, soit de 154 m³/s en 1981, il faudrait 26,3 jours pour évacuer le surplus d'eau en l'absence d'un apport additionnel d'eau de ruissellement et de précipitations, ce qui semble peu probable si l'on considère les données climatiques des stations voisines. La réalité montre que la durée des hauts niveaux est probablement sous-estimée dans cet exemple théorique, puisque les enregistrements indiquent que le niveau estival augmente même jusqu'en août ou en septembre (fig. 10).

Le niveau moyen annuel du lac a varié de 30 cm au cours de la période de 1975 à 1983, soit la moitié de l'amplitude moyenne des variations saisonnières. Lors des crues exceptionnelles (ex: 1980 et 1981), les platières sont submergées durant tout l'été, alors qu'elles demeurent émergées pendant les crues de faible amplitude (ex: 1978 et 1983). Avec une évapotranspiration limitée par la faible importance de la biomasse végétale, par les basses températures de l'air et de l'eau et par la courte durée d'insolation estivale, les conditions sont plutôt favorables à un écoulement de surface des eaux au lac à l'Eau Claire. Le niveau lacustre marque donc une seule fluctuation saisonnière, dont l'amplitude est cependant très variable d'une année à l'autre. Cette irrégularité serait attribuable à l'importance inégale des crues d'année en année.

DISCUSSION

Trois facteurs allogènes déterminent le développement des platières végétales: les poussées glacielles, les vagues et les variations du niveau lacustre.

Les conditions favorables aux poussées glacielles n'existent que lors de quelques jours au cours d'une année. Elles ont lieu principalement au printemps, lorsqu'une étroite bande d'eau libre apparaît entre le couvert de glace et la rive, permettant ainsi à la nappe glacielle de se déplacer et d'atteindre la végétation. Ces événements coïncident aussi avec le maximum de la crue des eaux et le début de la saison de croissance, ce qui rend la végétation riveraine d'autant plus sensible aux perturbations. Le grand nombre de cicatrices glacielles qui se forment à tous les ans sur les saules (*Salix planifolia* Pursh.), qui colonisent les platières, témoigne d'un régime glacial très actif (Bégin, 1986), comme c'est le cas par ailleurs dans la majorité des lacs subarctiques (Dionne, 1979). Les poussées glacielles changent continuellement la configuration des brisants en déplaçant des blocs sur de courtes distances, ce qui modifie l'exposition de la végétation aux perturbations ultérieures. Il en résulte une grande hétérogénéité micro-stationnelle dominée par des parcelles végétales dont l'exposition se transforme au gré du déplacement des sédiments par les glaces. La relocalisation d'un bloc rend, par exemple, les plantes qu'il abritait davantage sujettes à l'érosion et sa nouvelle position stimule le développement de la végétation qu'il vient protéger.

Durant la saison inter-glacielle, les vagues exploitent les ouvertures créées par les poussées glacielles en prélevant et en transportant du sable qu'elles déposent ensuite au sein même de la végétation. L'alternance de périodes d'apport de sédiments et de phases d'accalmie permet la stabilisation des accumulations par les mousses, ce qui suscite l'accroissement vertical de la platière. Les nouvelles plantes qui s'ajoutent au sommet sont, tout au long du processus d'accumulation, soustraites de l'influence habituelle du plan d'eau. Des sections transversales pratiquées au droit des trois types de platière indiquent une diminution progressive de la proportion de sable de la base vers le sommet des séquences organo-minérales et des parcelles exposées vers les mieux protégées. Cet accroissement, aboutissant à la formation d'une platière épaisse, est accompagné d'une succession écologique dont les stades pourraient être représentés par les trois types de platière observés au lac à l'Eau Claire. Les platières minces représenteraient les stades pionniers et les platières composites caractériseraient les stades de consolidation du couvert végétal. La séquence de construction des platières implique aussi une stratification progressive du couvert végétal avec l'arrivée de plantes herbacées et arbustives s'ajoutant aux bryophytes omniprésents. La diversité floristique des platières atteint toutefois un optimum là où les perturbations par les glaces et les vagues ont une fréquence et une intensité intermédiaires, c'est-à-dire suffisantes pour permettre le maintien d'une grande variété de micro-habitats. On observe ces conditions dans les platières composites. Cette observation concorde avec celles de Keddy (1983, 1984a) et de Sousa (1979a,b) démontrant ainsi que le régime des perturbations par les vagues (et les glaces dans le cas du lac à l'Eau Claire) est l'un des principaux facteurs responsables de la diversité des communautés littorales.

Les variations du niveau du lac à l'Eau Claire jouent un rôle important dans le développement des platières. Comme le niveau du lac demeure élevé depuis le déglacement jusqu'à la fin de l'été, sa position détermine la hauteur que peuvent atteindre les poussées glacielles et les vagues sur les rives et affecte ainsi le régime des perturbations que subit la végétation. Les fluctuations inter-annuelles du niveau maximal atteint par les eaux du lac sont importantes (≈30 cm) et suscitent, selon l'intensité et la fréquence des perturbations qu'elles permettent, l'alternance de périodes de progression et de régression dans le développement des platières végétales. Compte tenu des caractéristiques hydrauliques du lac à l'Eau-Claire, notamment sa grande superficie, un écoulement lent des eaux par un seul exutoire, une seule fluctuation du niveau de l'eau culminant en été et la faible évaporation, les fluctuations inter-annuelles du niveau maximal atteint par les eaux seraient attribuables aux variations des précipitations de neige. Jumelée à la présence continue de vents forts et soutenus qui permettent une forte activité géomorphologique riveraine, l'irrégularité des fluctuations inter-annuelles du niveau des eaux traduit l'instabilité du climat subarctique qui favorise la création de platières végétales sur les rives des lacs à faible marnage du Québec nordique. Les rives sont caractérisées par une grande variété de conditions géomorphologiques propices au maintien de communautés végétales très diversifiées. Dans la perspective de la création de grands

réservoirs pour l'exploitation des ressources hydrauliques nordiques, on pourrait envisager la création d'habitats hautement dynamiques en favorisant l'activité géomorphologique des vagues et des glaces flottantes par une configuration prédéterminée de la nappe d'eau et des rives (exposition à de grands fetchs, rives en pente douce, brisants). Il serait sûrement possible de reconstituer artificiellement l'ensemble des conditions favorables à la formation de platières en s'inspirant de la connaissance tirée des grands lacs naturels, notamment en assurant une certaine irrégularité dans les niveaux atteints par le plan d'eau d'année en année.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Line Gauthier et Mireille Desponts pour leur aide technique lors des relevés écologiques. Les conseils judicieux du Dr Robert. R. Ireland du Musée des sciences naturelles du Canada, sur l'écologie et la taxonomie des bryophytes, ont facilité la réalisation de cette étude. La recherche a été financée par le fonds FCAR du ministère de l'Éducation du Québec, le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et le ministère des Affaires indiennes et du Nord (MAIN). Les commentaires critiques de M. Benoît Gauthier, d'un lecteur anonyme et de M. Pierre J.H. Richard, rédacteur associé de la revue, ainsi que les améliorations stylistiques proposées par M^{me} Nicole Carette ont été très appréciés.

RÉFÉRENCES

- Aiken, S. et Gillet, J. M., 1974. The distribution of aquatic plants in selected lakes in Gatineau Park, Québec. *Canadian Field-Naturalist*, 88: 437-448.
- Allard, M. et Seguin, M. K., 1985. La déglaciation d'une partie du versant hudsonien québécois: bassins des rivières Nastapoka, Sheldrake et à l'Eau Claire. *Géographie physique et Quaternaire*, 39: 13-24.
- Barry, R. G., 1967. Seasonal location of the arctic front over North America. *Geographical Bulletin*, 9: 79-95.
- 1981. The nature and origin of climatic fluctuations in Northeastern North America. *Géographie physique et Quaternaire*, 35: 41-47.
- Barry, R. G. et Hare, F. K., 1974. Arctic climate, p. 17-54. *In* J. D. Ives et R. G. Barry (édit.), *Arctic and alpine environment*. London, Methuen.
- Bégin, Y., 1986. Dynamique de la végétation riveraine du lac à l'Eau Claire, Québec subarctique. Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 128 p.
- Bégin, Y. et Payette, S., 1988. Dendroecological evidence of subarctic lake-level changes during the last three centuries. *Quaternary Research*, 30: 210-220.
- Bernatowicz, S. et Zachwieja, J., 1966. Types of littoral found in the lakes of the Masurian and Suwalki lakelands. *Ekologia Polska, Seria A XIV*: 519-545.
- Begon, M., Harper, J. L. et Townsend, C. R., 1986. *Ecology: Individuals, Populations, and Communities*. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, p. 594-595.
- Bostock, H. H., 1969. The Clearwater complex, New Québec. *Geological Survey of Canada, Bulletin 178*, 63 p.
- Brinkmann, W. A. R. et Barry, R. G., 1972. Paleoclimatological aspects of the synoptic climatology of Keewatin, Northwest Territories, Canada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 8: 228-269.
- Bryson, R. A., 1966. Air masses, streamlines and the boreal forest. *Geographical Bulletin*, 8: 228-269.
- Burbidge, F. E., 1951. The modification of continental polar air over Hudson Bay. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 77: 365-374.
- Canfield, R., 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39: 388-394.
- Dansereau, P., 1945. Essai de corrélation sociologique entre les plantes supérieures et les poissons de la beine du lac Saint-Louis. *Revue canadienne de biologie*, 4: 369-417.
- 1959. Vascular aquatic plants analysis, p. 27-54. *In* Transactions of the Northeast Wildlife Conference, 4-7 June 1958, Université de Montréal, Québec.
- Denc, N. R., 1964. A comparative structural and petrographic study of probable Canadian meteorite crater. *Meteorites*, 2: 249-270.
- Deshaye, J. et Morisset, P., 1985. La flore vasculaire du Lac à l'Eau Claire, Nouveau-Québec. *Provancheria* 18, 52 p.
- Dionne, J.-C., 1974. Cryosols avec triage sur rives et fonds de lacs, Québec central subarctique. *Revue de géographie de Montréal*, 28: 323-342.
- 1979. Ice action in the lacustrine environment. A review with particular references to Subarctic Québec, Canada. *Earth Science Review*, 15: 185-212.
- DuRietz, G. E., 1950. Phytogeographical Excursion in Torne Lappmark (Northern Sweden), 7th International Botanical Congress, Stockholm, 1950.
- Gauthier, B., 1977. Recherche des limites biologiques du Saint-Laurent (phytogéographie du littoral). Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, 233 p..
- 1982. L'étagement des plantes vasculaires en milieu saumâtre, estuaire du Saint-Laurent. *Naturaliste canadien*, 109: 189-203.
- George, P., 1974. *Dictionnaire de la géographie*. Masson, Paris, 451 p..
- Graham, H. W. et Henry, L. E., 1933. Plant succession at the border of a kettle hole lake. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 60: 301-315.
- Hare, F. K., 1968. The Arctic. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 94: 439-459.
- Hutchinson, G. E., 1975. *A Treatise on Limnology. vol. III, Limnological Botany*. Wiley, New York.
- Keddy, P. A., 1982. Quantifying within-lake gradients of wave energy: interrelationship of wave energy, substrate particle size and shoreline plants in Axe Lake, Ontario. *Aquatic Botany*, 14: 41-58.
- 1983. Shoreline vegetation in Axe Lake, Ontario: effects of exposure on zonation patterns. *Ecology*, 64: 331-344.
- 1984a. Plant zonation on lakeshores in Nova Scotia: A test of the resource specialization hypothesis. *Journal of Ecology*, 72: 797-808.
- 1984b. Quantifying a within lake gradient of wave-energy in Gillfillan Lake, Nova Scotia. *Canadian Journal of Botany*, 62: 301-309.

- 1985a. Vegetation dynamics, buried seeds, and water level fluctuations on the shorelines of the Great Lakes. *In* Coastal Wetlands, Proceedings of the Great Lakes Conference, Wetland Colloquium, Michigan State Univ. Nov. 5-7 1984. Lewis Publishers Inc., Chelsea.
- 1985b. Wave disturbance on lakeshores and within-lake distribution of Ontario's Atlantic coastal flora. *Canadian Journal of Botany*, 63: 656-660.
- Keddy, P. A. et Ellis, T. H., 1985. Seedling recruitment of 11 wetland plant species along a water level gradient: shared or distinct responses? *Canadian Journal of Botany*, 63: 1876-1879.
- Keddy, P. A. et Reznicek, A. A., 1982. The role of seed banks in the persistence of Ontario's coastal plain flora. *American Journal of Botany*, 69: 13-22.
- 1986. Great Lakes vegetation dynamics: the role of fluctuating water levels and buried seeds. *Journal of Great Lakes Research*, 12: 25-36.
- Krank, S. H. et Sinclair, G. W., 1963. Clearwater Lake, New Québec. *Geological Survey of Canada Bulletin*, 100.
- Laverdière, C. et Guimont, P., 1981. Les types de littoraux des lacs Mistassini et Alabanel, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 35: 329-343.
- Lieffers, V. J., 1984. Emergent plant communities of oxbow lakes in northeastern Alberta: salinity, water-level fluctuations, and succession. *Canadian Journal of Botany*, 62: 310-316.
- Mandossian, A. et McIntosh, R. P., 1960. Vegetation zonation on the shore of a small lake. *American Midland Naturalist*, 64: 301-308.
- Millet, J. et Payette, S., 1987. Influence des feux sur la déforestation des îles centrales du lac à l'Eau Claire, Québec nordique. *Géographie physique et Quaternaire*, 41: 79-86.
- Payette, S. et Gauthier, B., 1972. Les structures de végétation: interprétation géographique et écologique, classification et application. *Naturaliste canadien*, 99: 1-26.
- 1981. Fire history of the treeline in northern Québec: a paleoclimatic tool. *Proceedings of Fire History Workshop*, Tucson, Arizona, p. 126-131.
- 1983. The forest tundra and present tree-lines of northern Québec-Labrador Peninsula, p. 3-23. *In* P. Morisset and S. Payette, (édit.) *Tree-Line Ecology: Proceedings of the Northern Québec Tree-Line Conference*. Nordicana 47.
- 1984. Peat inception and climatic change in northern Québec, p. 173-179. *In* N. A. Möner and W. Karlén, (édit.), *Climatic Changes on a Yearly to Millennial Basis*. Stockholm, O. Reidel Publ. Co.
- Pearsall, W. H., 1920. The aquatic vegetation of the English Lakes. *Journal of Ecology*, 8: 163-201.
- Plante, L., 1986. Modélisation géophysique des cratères météoritiques du lac à l'Eau Claire, Nouveau-Québec. Thèse M.Sc., Université Laval, Québec.
- Reimold, W. U., Grieve, R.A.F. et Palme, H., 1981. Rb-Sr dating of the impact melt from East-Clearwater, Quebec. *Contribution of Mineral Petrology*, 76: 73-76.
- Sousa, W. P., 1979a. Disturbance in marine intertidal boulder fields: the nonequilibrium maintenance of species diversity. *Ecology*, 60: 1225-1239.
- 1979b. Experimental investigation of disturbance and ecological succession in a rocky intertidal algal community. *Ecological Monographs*, 49: 227-254.
- Spence, D. H. N., 1967. Factors controlling the distribution of freshwater macrophytes with particular reference to the lochs of Scotland. *Journal of Ecology*, 55: 147-170.
- 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. *Advances in Ecological Research*, 12: 37-125.
- Swindale, D. N. et Curtis, J. T., 1957. Phytosociology of the larger submerged plants in Wisconsin Lakes. *Ecology*, 38: 397-407.
- Wassen, G., 1969. Some aspects of Lakeshore vegetation in central Labrador-Ungava. *McGill Subarctic Research Papers* 24: 7-32.
- Wilson, C., 1968. Notes on the climate of Poste-de-la-Baleine, Québec. *Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec*. Coll. Nordicana 24, 93 p.
- Wilson, S. D. et Keddy, P. A., 1985a. Plant zonation on a shoreline gradient: physiological response curves of component species. *Journal of Ecology*, 73.
- 1985b. The shoreline distribution of *Juncus pelocarpus* along a gradient of exposure to waves: an experimental study. *Aquatic Botany*, 21: 277-284.
- 1986a. Measuring diffuse competition along an environmental gradient: results from a shoreline plant community. *The American Naturalist*, 127: 862-869.
- 1986b. Species competitive ability and position along a natural stress/disturbance gradient. *Ecology*, 67: 1236-1242.
- Wright, H. E., Jr. et Bent, A. M., 1968. Vegetation bands around Dead Man Lake, Chuska Mountain, New Mexico. *The American Midland Naturalist*, 79: 8-30.