

*12 000 ans d'histoire  
de la Végétation et du Milieu  
à la Station de biologie des Laurentides*

par l'analyse pollinique des sédiments du lac Geai

*par*

*Pierre J.H. Richard*

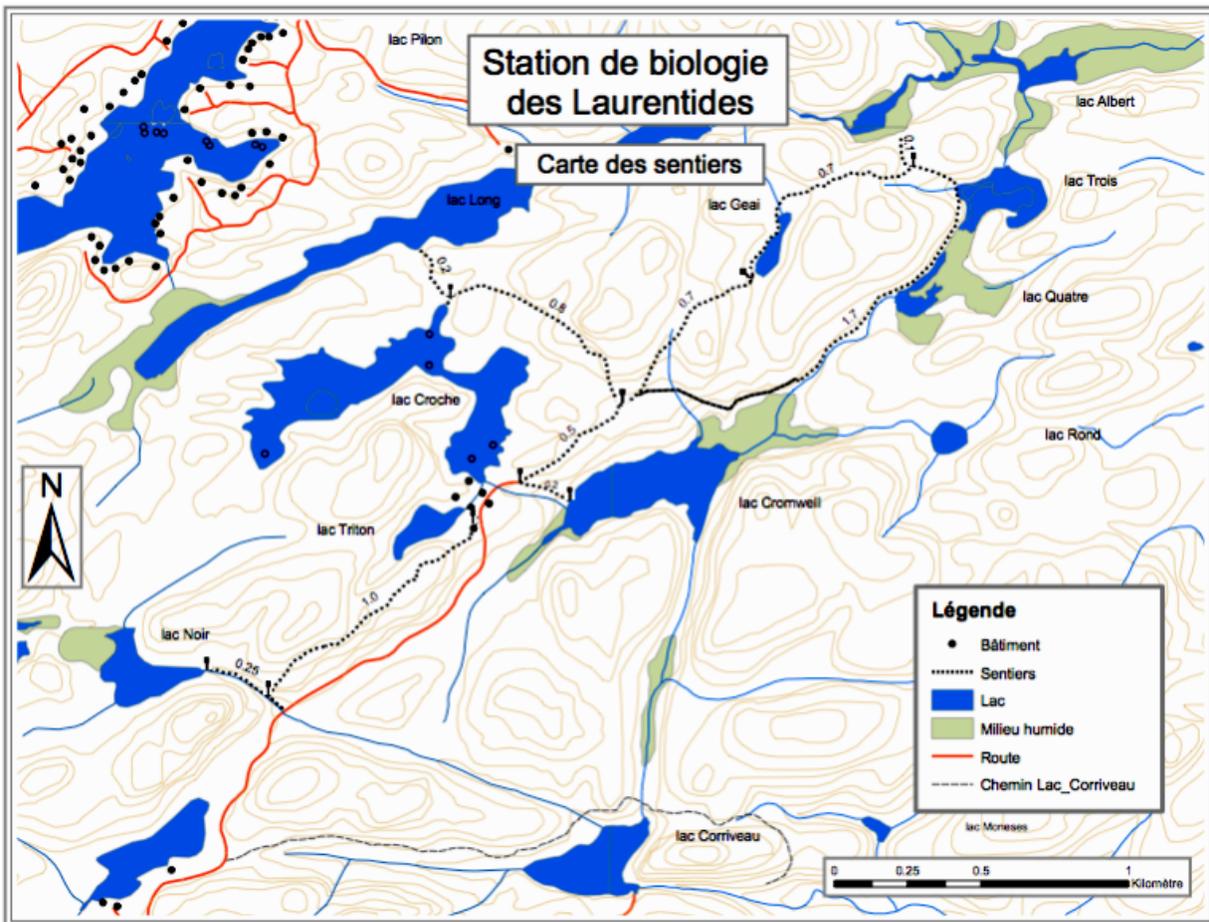
**Laboratoire Jacques-Rousseau**  
Paléophytogéographie et palynologie  
Département de géographie, Université de Montréal

Mai 2013



*Photographie PjhR; lac Geai vu du sud-sud-ouest, août 2008*

## Topographie de la Station de biologie des Laurentides



Le territoire de la station reflète la physiographie typique des basses Laurentides : un relief collinéen parfois montueux délimité par de multiples fractures de l'assise rocheuse et portant de nombreux plans d'eau, lacs et étangs aux formes complexes. La seule montagne de la région est le mont Tremblant à ~50 km au nord-ouest à vol d'oiseau, car il présente un étagement de la végétation.

La structure du paysage résulte fondamentalement d'une météorisation poussée des roches et du dégagement des matériaux par l'érosion fluviale avant et durant le Cénozoïque (Paléogène et Néogène, de 65,5 à 2,6 MA), sous un climat tropical. L'activité glaciaire (érosion, transport et accumulation des débris) s'y est substituée durant le Pléistocène (de 2,6 MA à -11 600 ans), notamment durant la dernière glaciation (étage du Wisconsinien : de 115 000 à 11 700 ans avant l'actuel). Les glaces wisconsiniennes sont disparues du centre du Québec il y a environ 6000 ans. L'érosion cénozoïque est responsable de la planéité des horizons, les glaces quaternaires ayant à peine retouché les roches. Les glaces n'en sont pas moins responsables de la production, du transport et du dépôt des matériaux meubles drapant inégalement le relief. C'est principalement le till : un mélange de débris de toutes tailles généralement anguleux. Les eaux de fonte glaciaire, souvent torrentielles, parfois captées dans des lacs furent responsables des autres dépôts, à la texture arrondie, grossière ou fine.

Les milieux humides illustrés sur la carte sont principalement dus à l'activité des castors dont les nombreux barrages contrarient périodiquement le drainage fluvial. Les ruisseaux ont pour la plupart un faible débit sauf au printemps, ou sont intermittents durant la saison estivale.

## Introduction

Ce document présente des informations relatives au passé de la *Station de biologie des Laurentides* (SBL) à l'échelle des temps géologiques récents, c'est-à-dire depuis la dernière déglaciation. Il s'appuie principalement sur l'étude des sédiments du lac Geai échantillonnés en 1977 et 1985. Cette étude, incomplète en raison d'autres priorités, n'en a pas moins permis de décrire la répartition des sédiments sous le lac et autour, de mesurer le contenu en matière organique d'une carotte, puis d'établir un diagramme pollinique livrant l'histoire postglaciaire du couvert végétal à l'échelle des domaines de végétation. Les données fournissent aussi des informations sur l'ordre de l'établissement puis sur la dynamique du développement subséquent des populations végétales représentées par leur pollen autour du lac Geai. Ce sont les principaux aspects que nous allons explorer en les situant dans le contexte des connaissances actuelles dérivées des régions environnantes.

La flore moderne et l'histoire récente du couvert végétal de la SBL sont bien connues par les travaux de Réjean Gagnon (1975) et ceux de Caroline Savage (2001). C'est la perspective à plus long terme qui sera ici examinée. En introduction, nous allons préciser les modalités de la déglaciation locale (SBL) et les situer dans le contexte plus large de la paléogéographie tardiglaciaire du sud du Québec, notamment sa composante chronologique récemment révisée (Occhietti et Richard, 2005). Enfin, nous identifierons à l'occasion quelques avenues pour la poursuite des recherches paléoécologiques à *la station*.

Pour les fondements de l'analyse pollinique et l'exposé des résultats à l'échelle du Québec, on voudra bien consulter l'article du professeur Martin Lavoie (*Géographie, Université Laval*) dans la revue *Histoires forestières* (2008) disponible sur *la toile*. Pour une autre synthèse de l'histoire postglaciaire de la végétation à l'échelle du Québec, voir Richard & Grondin (2009). D'autres références sont offertes à la curiosité du lecteur.

\* \* \*

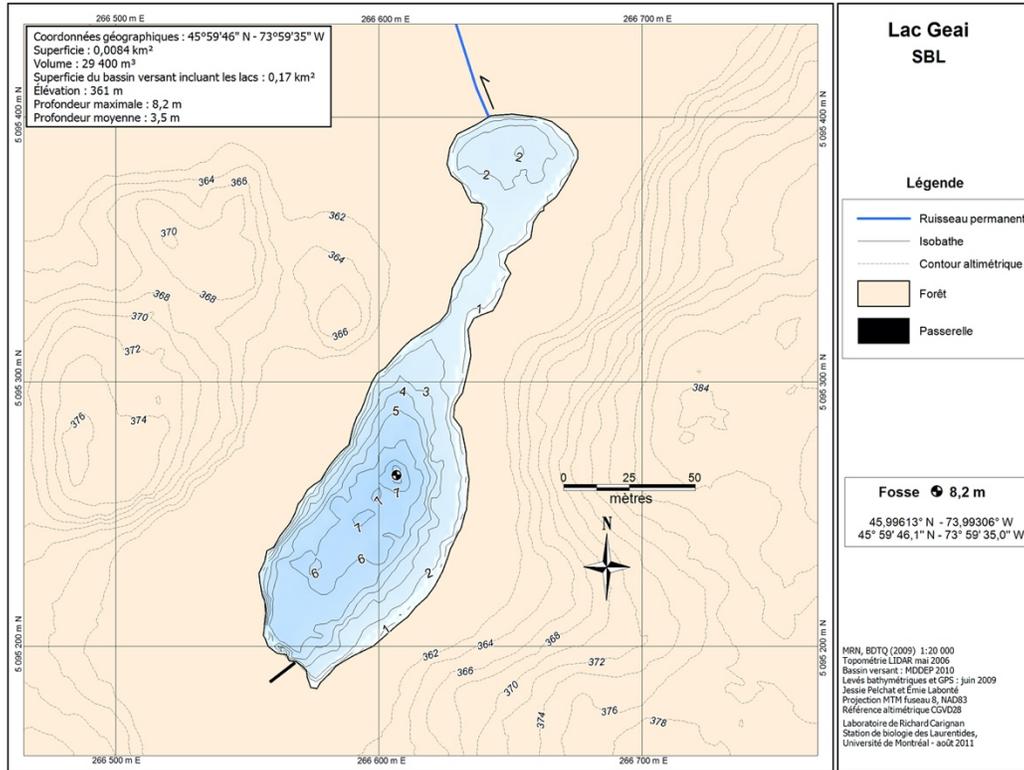
De telles informations sur l'histoire du milieu font partie de la *boîte à outils* des biologistes, botanistes, écologues, forestiers, géographes, géologues et archéologues; c'est le *fonds commun des naturalistes*. Par ce document, j'espère contribuer à alimenter la réflexion sur les héritages anciens et sur la dynamique du milieu à l'échelle des millénaires.

Comme le disait si bien mon collègue Pierre Gangloff<sup>†</sup>, *les paysages sont des palimpsestes*.

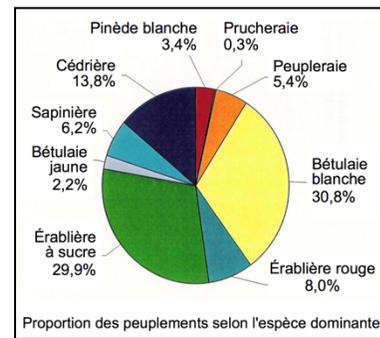
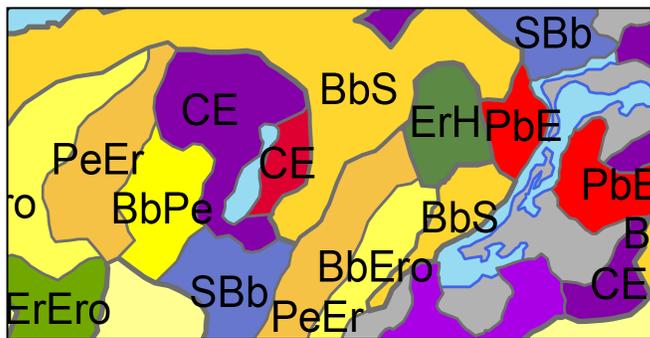


*Le lac Geai : orthophoto 2007 à gauche; photos PjhR, août 2009 au centre et à droite.*

## Bathymétrie du lac Geai et altimétrie des environs



## Végétation autour du lac Geai et à la Station, d'après Savage (2001)



### Xériques

- Pinède blanche à épinette rouge (PbE)
- Cédrière xérique (CE, CS, CBb)
- Érablière à chêne rouge (ErCr)
- Prucheraie à bouleau jaune (PuBj)

### Transition

- Peupleraie à sapin baumier (PeS)
- Peupleraie à érable (PeEr)
- Bétulaie à sapin baumier (BbEr)
- Bétulaie à peuplier (BbEro)
- Bétulaie à érable rouge (BbPe)
- Bétulaie à érable à sucre (BbS)

### Mésiques

- Érablière rouge à bouleau blanc (EroBb)
- Érablière rouge à peuplier (EroPe)
- Érablière à hêtre (ErH)
- Érablière à érable rouge (ErEro)
- Érablière à bouleau jaune (ErBj)

### Humides

- Bétulaie jaune à sapin baumier (Bjs)
- Sapinière à bouleau blanc (SBb)
- Cédrière à bouleau blanc (CBb)
- Cédrière à sapin baumier (CS)
- Cédrière à épinette rouge (CE)

## Le lac Geai et ses environs

Le lac Geai occupe une dépression structurale à peine retouchée par les glaces pléistocènes. Il n'y a aucun indice qu'il puisse s'agir d'une dépression liée à la fonte d'un culot de glace morte (marmite glaciaire ou *kettle*), bien que la glace aurait pu s'attarder dans un tel creux du relief lors de son retrait. Nous verrons que ça n'a probablement pas été le cas.

Le lac comprend une partie profonde de forme elliptique orientée au nord-nord-est, prolongée dans le même axe par un appendice de bien plus faible profondeur. Du côté est, le versant rocheux, morainique, se jette presque directement dans le lac sur quasiment toute sa longueur; du côté opposé et aux extrémités sud et nord, le plan d'eau est bordé de tourbe et ce, même au droit de l'étranglement du relief environnant situé au nord du bassin principal.

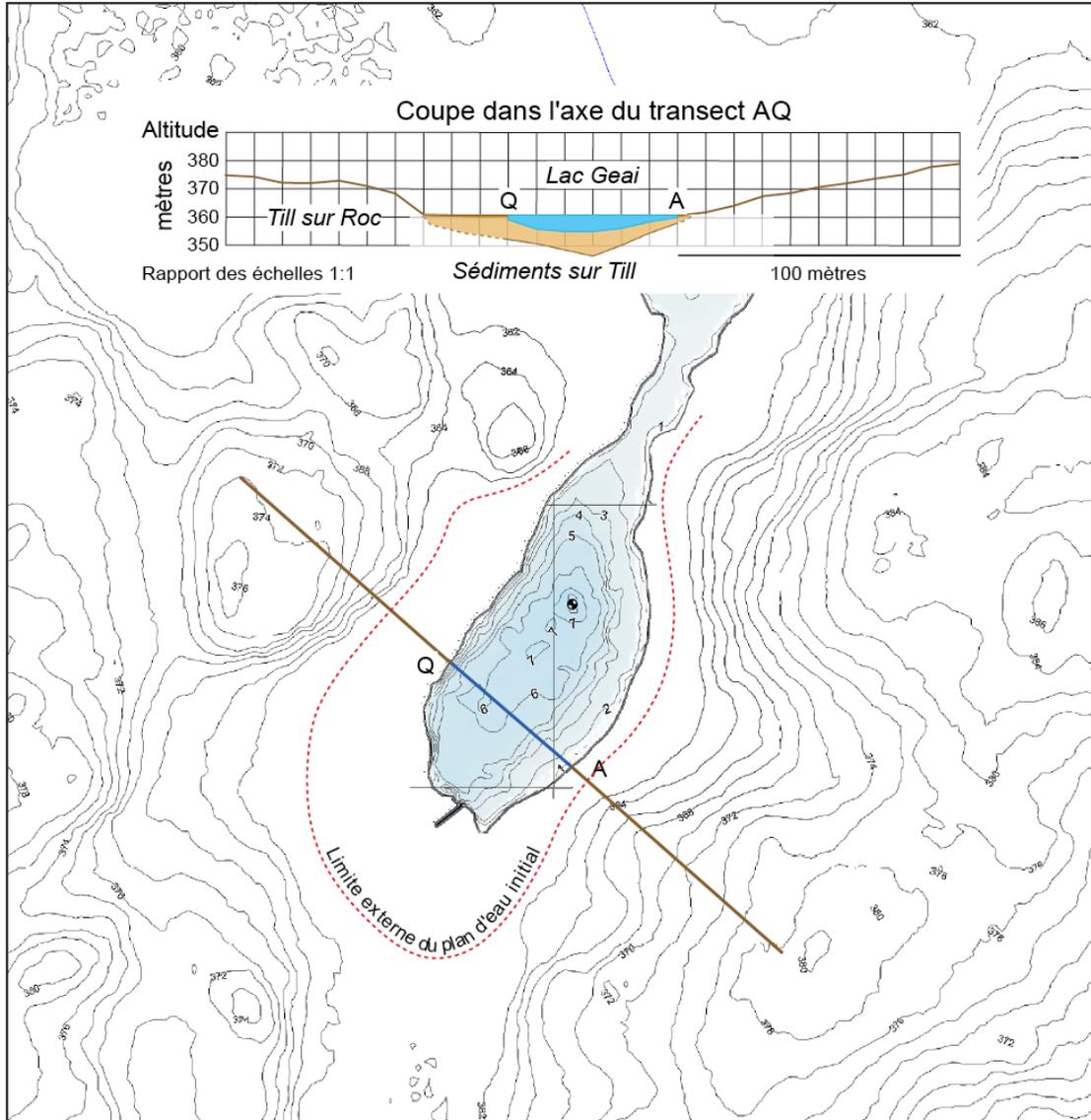
Une cédrière humide à épinette rouge occupe les terrains tourbeux (carte ci-contre) entre les altitudes de 361 et 361,5 mètres, sauf en bordure du lac dominée par les buissons. Une telle forêt colonisant la tourbe constitue un carré; ici, ce carré est un fen boisé. L'accumulation de tourbe y est actuellement lente ou nulle. Elle résulte d'un entourbement riverain antérieur.

La transition entre la forêt environnante et le lac même n'est pas semblable partout. La rive est en général occupée par un liséré discontinu de *Cassandre calyculé* alternant avec du *Myrique baumier*, suivis derrière par des bosquets épars de *Némopanthe mucroné* ou d'*Aulne rugueux* selon les endroits. Des *Nénuphars* égayent le plan d'eau surtout dans l'appendice nord. Au sud se trouve une petite tourbière riveraine qui ne figure pas sur la carte de Savage (2001). Elle abrite une bonne partie de la flore typique des tourbières ombrotrophes du Québec. Des colonies de *Canneberge* ourlent irrégulièrement sa marge flottante. De part et d'autre se trouvent de petits radeaux détachés de cette tourbière, mal ancrés proches de la rive et qui bougent au gré des vents. Plusieurs pages du mémoire de Gagnon (1975) décrivent admirablement cette végétation présente un peu partout à la SBL mais qui est très manifeste et bien circonscrite au lac Geai.

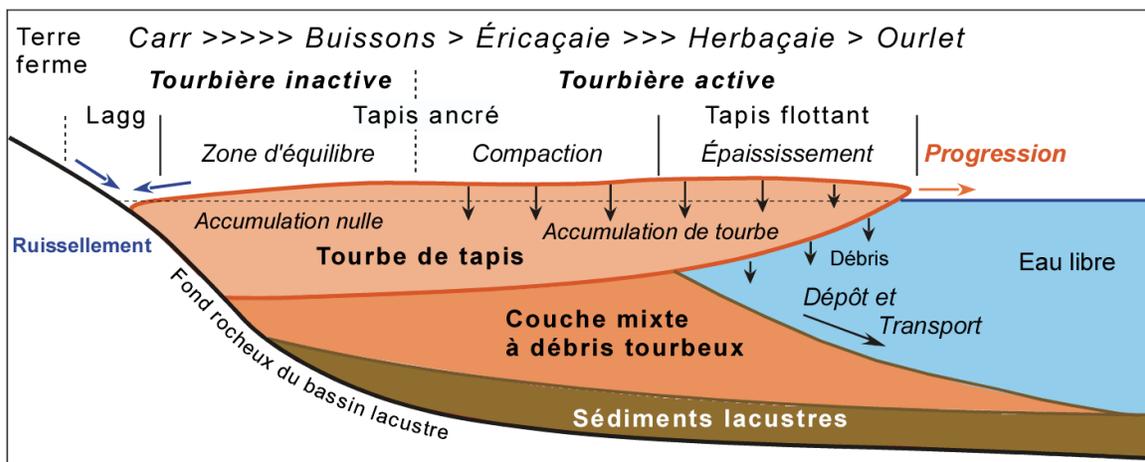
Sur les terres fermes autour du lac Geai, ce sont les peupleraies et les bétulaies blanches accompagnées de l'érable rouge qui dominent actuellement, parmi les groupements de transition. Le sapin baumier s'y régénère vigoureusement mais les semis d'érable à sucre sont aussi très abondants. Une sapinière à bouleau blanc occupe le bas versant en pente douce au sud du lac. L'Érablière à érable à sucre et à hêtre située à l'est-nord-est du lac Geai représente sans doute un des peuplements qui dominaient le paysage végétal avant les coupes de bois. Des pins blancs et des pruches déjà grands se profilent ici et là autour du lac. La cédrière sèche (xérique) identifiée par Savage (2001) sur le flanc est du lac ne se vérifie pas sur le terrain, bien que la régénération en *Thuya de l'Est* y soit abondante au sein des bouleaux blancs décrépits qui dominent actuellement le site. Notons que les *tourbières à éricacées* identifiées en gris sur la carte ont peu en commun avec la tourbière du lac Geai.

La région de la SBL appartient à une version méridionale du Domaine bioclimatique de l'Érablière à bouleau jaune. On y trouve en effet le Hêtre à grandes feuilles mais aussi le Chêne rouge et le Tilleul d'Amérique.

## Morphométrie du bassin sud du lac Geai (voir aussi l'Annexe 1-3)



## Entourbement riverain, inspiré du modèle de Kratz & DeWitt (1986)



## Le prisme sédimentaire et l'entourbement au lac Geai

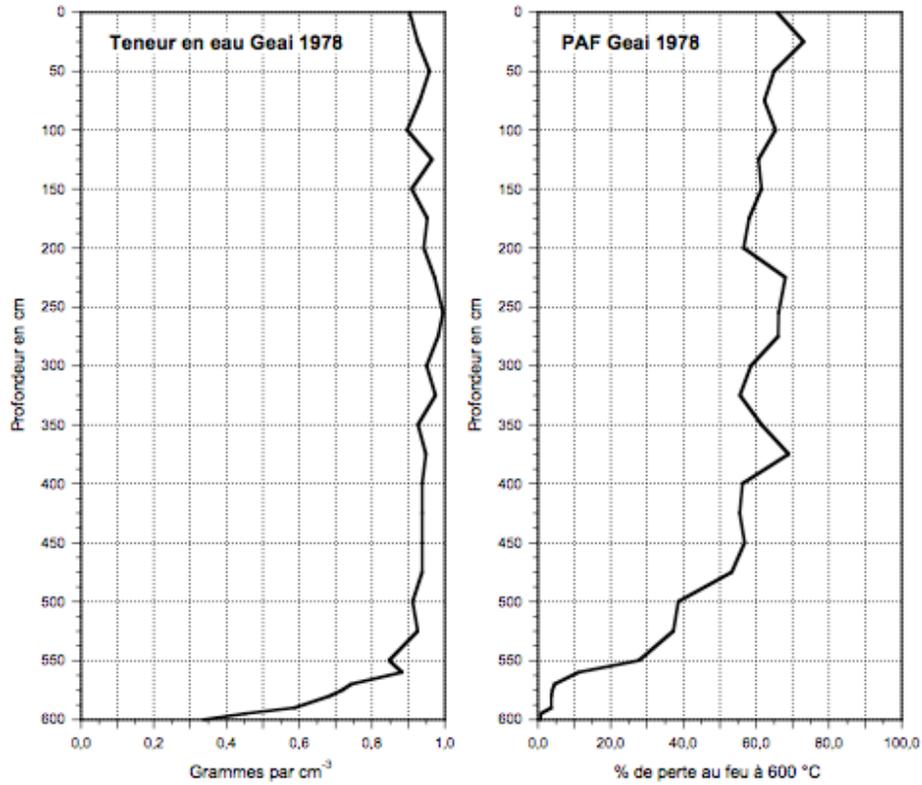
Le bassin principal du lac Geai a fait l'objet de mesures bathymétriques et pachymétriques intensives en août 1985. Les mesures de la profondeur d'eau n'avaient pas la précision des appareils récents (2010-2011; carte ci-contre) mais les mesures pachymétriques, inédites, ont permis de délimiter l'extension maximale du plan d'eau initial et l'épaisseur des sédiments autour et sous le plan d'eau de cette année-là (voir l'annexe 1). La profondeur au bord du plan d'eau actuel varie de 60 cm au droit de l'exutoire dans le bassin nord, jusqu'à 3m75 environ au bout du *quai* de la tourbière localisée au sud du bassin principal. Elle est généralement plus faible (70-95 cm) du côté est que du côté ouest du lac où elle dépasse largement 1m20 la plupart du temps. Au point « E » situé sur la rive orientale près du rétrécissement (Annexe 1-1), on trouve seulement 40 cm de gyttja sous 90 cm d'eau. Ailleurs autour du lac, le fond dur n'est présent que sous 2,4 à 7,9 mètres de sédiments surtout organiques (Annexe 1-3); c'est la conséquence de l'entourbement généralisé des rives.

Le lac Geai s'est partiellement rempli de boue lacustre (voir la coupe AQ). C'est l'effet du processus de *comblement*, appelé aussi *paludification* parce qu'il conduit à l'établissement d'un marais ou *palud*. Ce processus fut actif dès la déglaciation par la *sédimentation* des particules inorganiques. Celle de la matière organique (plancton, etc...) s'y est ensuite substituée. Les marges du lac furent plus tard colonisées par des mousses tourbigènes et des plantes. C'est le processus de l'entourbement dont le résultat est la production d'une *roche organique*, la *tourbe* des *tourbières*. Ici, il s'agit du cas particulier d'une tourbière riveraine.

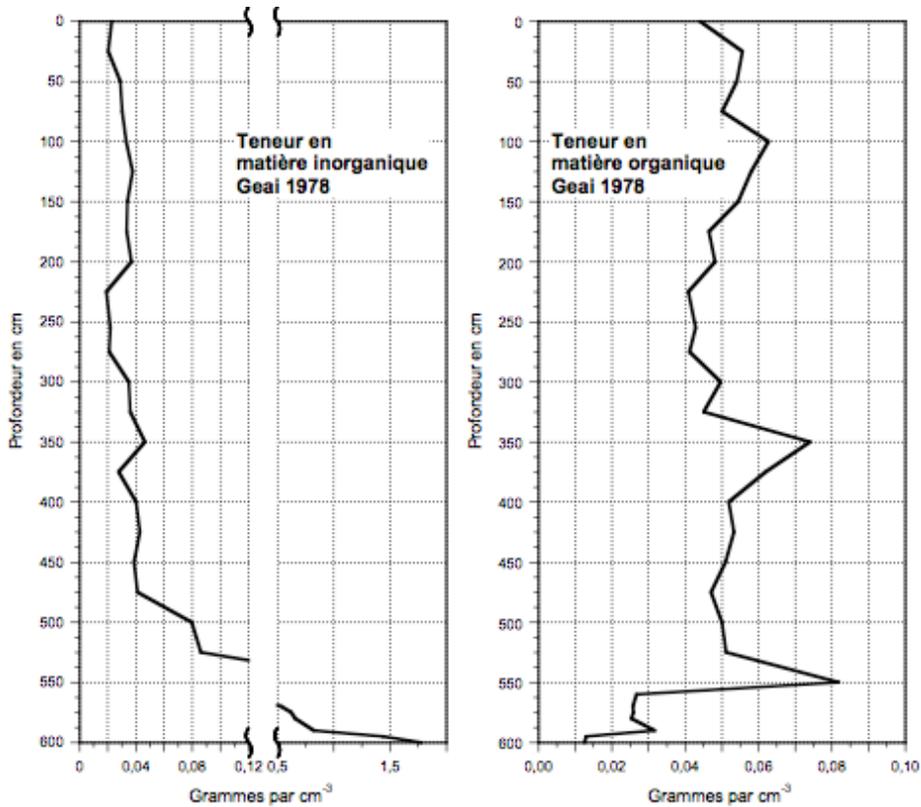
Kratz & DeWitt (1986) ont proposé un modèle d'entourbement riverain qui s'applique bien au lac Geai (figure ci-contre). Un *tapis flottant* de sphaignes progresse de la terre ferme vers le large. Derrière le front de progression (*ourlet*), la tourbe s'épaissit en croissant vers le haut, comme il se doit. Les Carex, les Scirpes et surtout les Éricacées s'installent, leurs racines assurant progressivement la cohésion du *tapis*. Mais la masse ainsi produite s'enfonce sous le niveau de l'eau parce que la tourbe flotte. La base du *tapis flottant* qui s'enfonce progressivement en s'épaississant perd de la matière (débris) en raison de la décomposition. La partie ancienne, basale, du tapis flottant enfoncé s'ancrera au fond sur une couche mixte de débris tourbeux et de sédiments lacustres. La *stratigraphie riveraine* résulte ainsi d'une séquence spatiale de processus synchrones (*progression, épaissement, compaction, affaissement et ancrage*) agissant de l'eau libre vers une terre ferme de plus en plus distante.

La partie la plus ancienne d'une telle tourbière sera envahie par des buissons (Myrique baumier, Némopanthe mucroné, Aulne rugueux) puis des arbres (Épinette noire, Mélèze, Cèdre blanc). L'accumulation de tourbe est alors nulle (zone d'équilibre) à cause de la disparition des mousses tourbigènes. Une tourbière inactive, boisée (*carr*) ou non (buissons) se développe entre le tapis ancré (tourbière héliophile à éricacées) et la terre ferme. La zone plus ou moins large de mélange des eaux du ruissellement hypodermique des terres fermes (ici, le till couvrant le socle rocheux) et des eaux issues de la tourbière (qui peut être plus ou moins bombée) détermine le *lagg*. C'est là que se situent le plus souvent les plantes tourbicoles les plus exigeantes (Orchidacées) ou les plus sciaphiles (Houx verticillé).

## Teneur en eau et perte au feu (à 600 °C) des sédiments du lac Geai



## Teneur en matières inorganique et organique des sédiments du lac Geai



## **Les sédiments au centre du lac Geai (bassin sud)**

Une carotte sédimentaire de 6,02 mètres de longueur fut prélevée sous 6m50 d'eau dans la zone centrale du bassin principal du lac le 18 mars 1977. Nous avons utilisé un carottier de type Livingstone muni de tubes d'aluminium de 5 cm de diamètre interne et d'un mètre de longueur, manipulé à partir de la surface du lac alors gelé (75 cm de glace). Un matériel inorganique impénétrable par notre carottier fut rencontré à plus de 12,52 m sous le niveau actuel de l'eau à cet endroit. Les sédiments fluides de la surface ne furent pas récupérés par cet appareil. En conséquence, le niveau zéro (0) de la carotte ne correspond pas à l'année 1977.

Les sédiments sont constitués de 550 cm d'une boue organique (gyttja) de couleur brun-verdâtre plus ou moins foncée, onctueuse et molle en surface mais de plus en plus ferme et gélatineuse (dy) avec la profondeur. Ces sédiments reposent, *via* une transition graduelle (550-560 cm) sur des silts gris-bleutés sablo-argileux (560-602 cm) qui tapissent le fond de la dépression, du moins au centre, surmontant sans doute le till régional qui n'a pas été atteint.

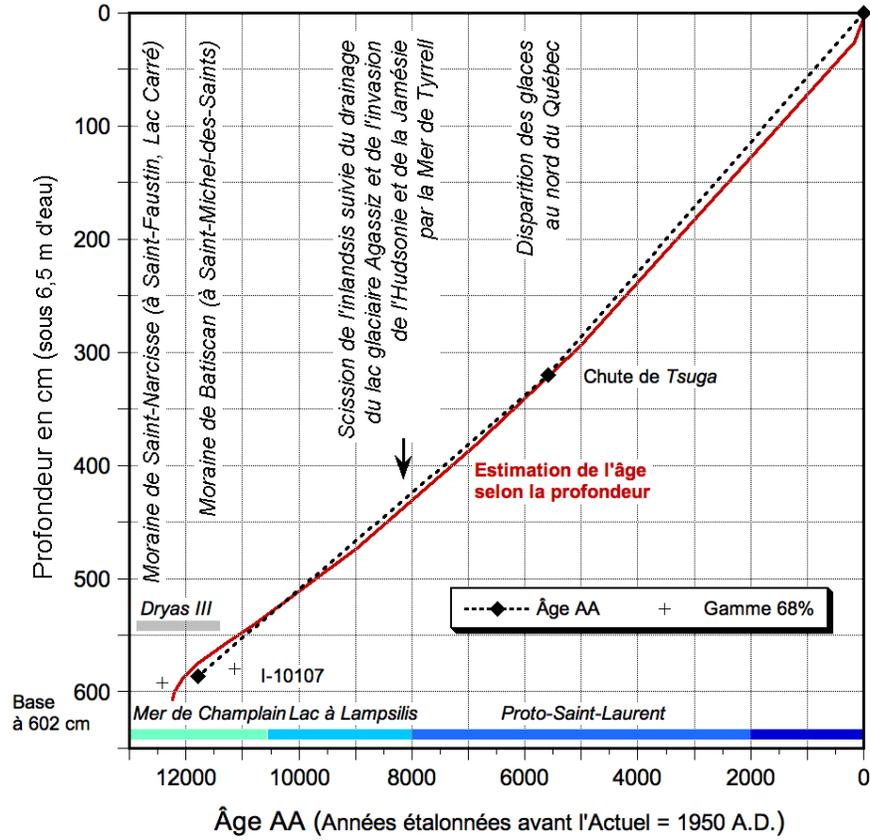
La pyrolyse, ou perte au feu (PAF) à 600 °C a permis de mieux caractériser les sédiments. Elle fut effectuée à tous les 25 cm dans la partie organique de la carotte, mais un pas analytique plus serré fut appliqué à la portion basale, inorganique. En pourcentage de la masse sèche, la proportion de matière organique augmente irrégulièrement de bas en haut au fil du temps. La teneur en eau dépasse partout 90% (de la masse fraîche) sauf dans les sédiments quasi totalement inorganiques de la base de la carotte entre 602 et 550 cm environ.

La teneur (masse sèche par unité de volume frais) en matière inorganique est maximale à la base de la carotte et décroît fortement entre 602 et 470 cm. C'est le reflet de la diminution des apports clastiques sableux, silteux et argileux dérivés du till environnant et transportés au lac par érosion pelliculaire des versants, diminution sans doute causée par la colonisation végétale qui a progressivement stabilisé les substrats autour du bassin peu après la déglaciation locale.

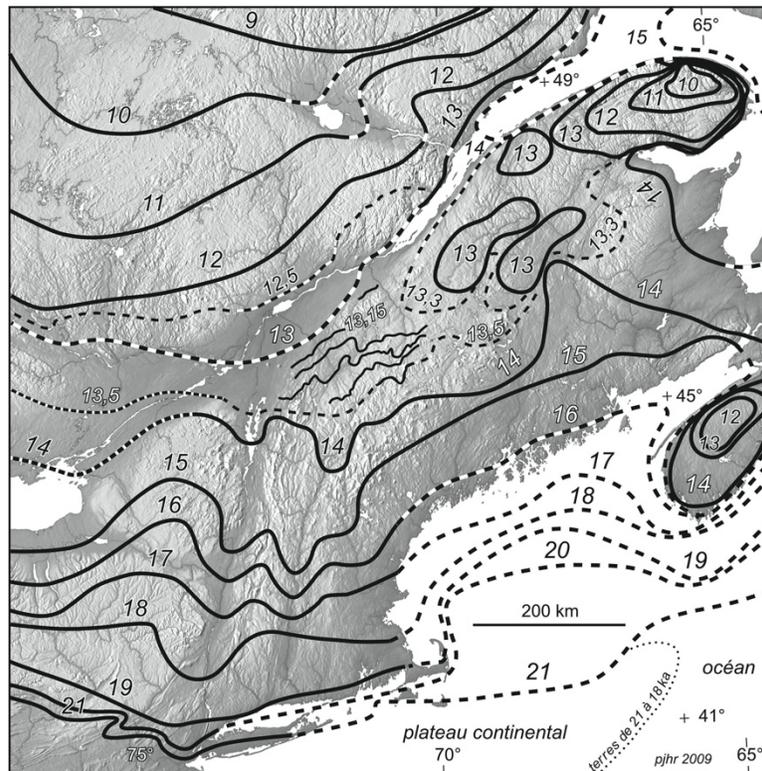
À partir de 470 cm et jusqu'au sommet de la carotte, la matière inorganique est principalement constituée des cendres (Ca, K, P, etc.) issues de la combustion de sédiments essentiellement organiques. La diminution (de 0,04 à 0,02 g.cm<sup>-3</sup>) irrégulière de la teneur en cendres vers le sommet pourrait correspondre à un appauvrissement des cations disponibles pour le phytoplancton et à une augmentation du rapport C/N des débris végétaux tombés dans le lac et du carbone organique dissout (COD) issu de la pédogenèse dans le bassin versant. Ce serait le reflet de l'appauvrissement des sols environnants aux diverses époques du passé.

La teneur en matière organique, minimale entre 602 et 560 cm, atteint un maximum à 550 cm de profondeur avec le déploiement des arbres (Tremble et Épinettes) autour du lac (voir le diagramme pollinique, plus loin) mais bien avant la fin des apports clastiques vers 470 cm. Par la suite, le large pas analytique (25 cm) ne permet pas d'étayer solidement les pics de la courbe mais les fluctuations autour de la moyenne de 0,05 g.cm<sup>-3</sup> traduisent sans doute des tendances réelles qui correspondent à des changements importants du couvert végétal régional (développement de l'érablière à bouleau jaune) et local (entourbement puis implantation de la cédrière riveraine, y constituant un *carr*).

## Courbe de l'âge des sédiments du lac Geai selon la profondeur



## Isochrones de la déglaciation en milliers d'années Avant l'Actuel (AA)



## La chronologie sédimentaire et la paléogéographie de la déglaciation

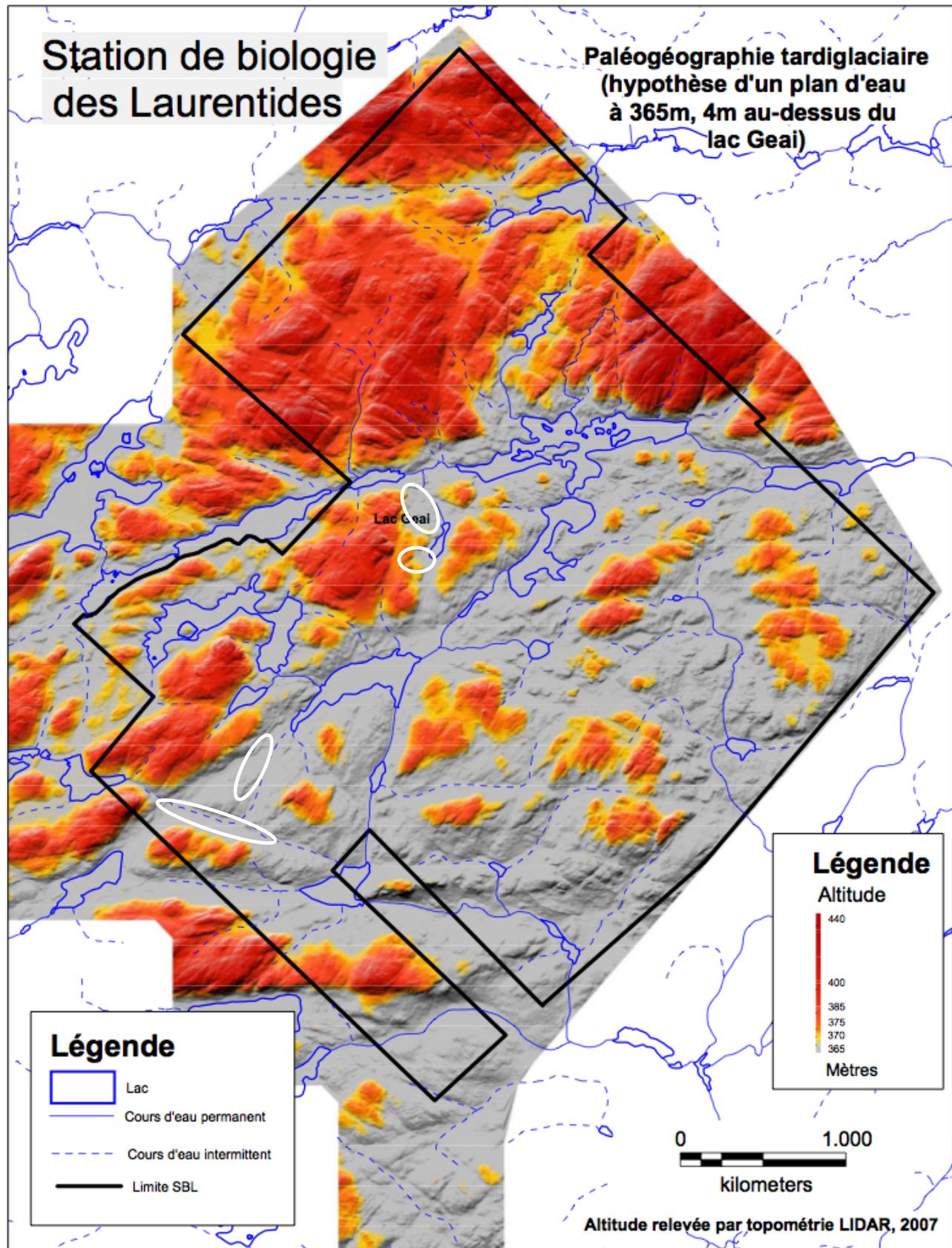
Seule une datation au  $^{14}\text{C}$  de la base de la carotte fut effectuée sur les sédiments du lac Geai. Elle a porté sur un intervalle de 12 cm (580-592 cm) pour fournir la matière organique alors exigée par les laboratoires, à cette époque. Un âge radiocarbone conventionnel de  $10\,140 \pm 440$  ans  $^{14}\text{C}$  BP (I-10107) fait remonter l'intervalle daté à au moins 11 870 ans Avant l'Actuel (i.e. 1950 par convention, noté AA), par étalonnage avec la courbe INTCAL\_09 qui tient compte des variations de la teneur en  $^{14}\text{C}$  de l'atmosphère de l'Hémisphère Nord au cours du temps. Ce sont donc des années réelles de 365,25 jours.

Deux autres données chronologiques sont disponibles pour établir la relation de l'âge avec la profondeur des sédiments. Il s'agit de l'âge au sommet (année 0  $\neq$  1977) et celui de la chute manifeste de la représentation pollinique de la pruche (à  $\sim 320$  cm de profondeur; voir le diagramme pollinique), vers 5580 ans AA dans tout l'Est de l'Amérique du Nord.

À partir de ces données chronologiques fragmentaires, un modèle d'âge (courbe rouge continue sur la figure ci-contre) fut dressé en tenant compte de l'accumulation plus rapide des sédiments inorganiques à la base, et de la diagenèse incomplète des sédiments organiques au sommet de la carotte. Malgré la grande imprécision de la date basale, elle s'accorde harmonieusement avec l'âge de la déglaciation de la SBL qui a nécessairement eu lieu avant la mise en place de la Moraine de Saint-Narcisse sise au nord, à la hauteur de Saint-Faustin et du Lac-Carré, au plus tard vers 12 700 ans AA. L'accumulation sédimentaire a sans doute débuté au lac Geai durant l'épisode froid du Dryas récent (ou Dryas III), et avant la mise en place de la Moraine de Batiscan à la fin de cet épisode. La figure livre l'âge de divers autres événements marquants durant la déglaciation du Québec (en haut de la courbe); elle montre aussi (au bas du graphique) les durées respectives de la Mer de Champlain, du Lac à Lampsilis et du Proto-Saint-Laurent qui ont successivement occupé la Laurentie voisine. Il y a 8000 ans, le Saint-Laurent commençait tout juste à drainer un lac Ontario auparavant moins vaste et plus bas, endorhémique (donc fermé) depuis  $\sim 12\,000$  ans AA. L'Outaouais fut alors le principal affluent de la Mer de Champlain d'abord, puis du Lac à Lampsilis; il déversa dans ce dernier bassin les eaux de fonte emprisonnées dans d'immenses lacs proglaciaires au front de l'inlandsis (Lac Barlow, Lac Ojibouai, Lac Agassiz), lacs aujourd'hui disparus mais matérialisés par de vastes plaines d'argile.

Enfin, une nouvelle carte de la déglaciation (Richard, 2007) permet de suivre la fonte des glaces depuis sa position méridionale extrême au droit de *Long Island* (NY) il y a  $\sim 21\,000$  ans, quand le plateau continental était exondé et le niveau des océans, situé  $\sim 120$  m plus bas que de nos jours, jusque vers 9000 ans AA au nord du lac Saint-Jean. Lors de la mise en place de la Moraine de Saint-Narcisse (isochrone moyen de 12 500 ans AA), des glaciers indépendants occupaient encore le nord du Maine, le Bas-Saint-Laurent, la Gaspésie et la Nouvelle-Écosse. À l'échelle continentale, l'inlandsis a contrarié la circulation atmosphérique méridienne (d'ouest en est) et ce, jusque vers 8200 ans AA, époque de sa scission au droit de la Mer d'Hudson. Le Glacier du Nouveau-Québec en est résulté, sa taille diminuant comme peau de chagrin jusqu'à disparition complète il y a 6000-5500 ans AA au centre du Nunavik.

Telle était la face de la *Terre-Québec* pendant l'accumulation sédimentaire au lac Geai.



Carte réalisée par Éric Valiquette, août 2011

*Ellipses blanches : quelques zones où des sédiments lacustres sont enfouis sous la tourbe et la forêt.*

## Paléogéographie tardiglaciaire à la station de biologie des Laurentides

Les glaces se sont retirées du sud au nord sur les Basses Laurentides montréalaises, de Saint-Jérôme jusqu'à la latitude de Saint-Faustin – Lac-Carré (une distance d'environ 40 km) en quelques décennies seulement, entre ~13 000 ans et ~12 700 ans Avant l'Actuel (AA). À l'époque, le niveau de la Mer de Champlain atteignait l'altitude de 250 mètres au droit du Bouclier laurentidien. Cette mer n'a donc pas submergé la SBL, mais Saint-Jérôme était alors baigné d'eau salée et des bras de mer s'insinuaient dans les vallées, comme à Piémont sur la Rivière du Nord. Durant cette période, la fonte rapide des glaces alors encore très épaisses a libéré d'énormes quantités d'eau qui adoucissaient la salinité de la Mer de Champlain, en surface et sur les côtes.

Le territoire de la SBL est partout couvert de till, un dépôt sous-glaciaire hétérométrique (farine de roche, silt et sables de toutes tailles, graviers et gros cailloux le plus souvent anguleux) abandonné par l'inlandsis lors de son retrait. Sur ce till et sur les affleurements rocheux, on trouve de nombreux blocs dont certains sont énormes et quelques-uns, immenses, de la taille d'une maisonnette. La question se pose de savoir si ce sont là des *blocs erratiques*, c'est-à-dire des blocs pris en charge ailleurs, transportés, puis déposés là par les glaces. Quand la lithologie des blocs diffère de celle de la roche régionale sous-jacente, la question ne se pose pas. Mais à la SBL, la lithologie des gros blocs est la même que celle du substrat rocheux. Certains très gros blocs, comme près du lac Triton ou du côté est de la station météorologique sont carrément posés sur les affleurements rocheux. On en trouve partout, y compris autour du lac Geai et le long du sentier qui y mène. On pourrait croire qu'ils y ont été déposés par la glace lors de la fonte, mais il faut peut-être considérer une autre hypothèse. Ces blocs pourraient être d'origine locale, hérités de la météorisation des matériaux tout autour, au Cénozoïque, mais restés sur place; ils auraient par la suite été déchaussés, dégarnis des matériaux plus fins qui les entouraient par les eaux de fonte torrentielles qui ont manifestement accompagné le retrait des glaces à plusieurs endroits à la SBL.

Un autre indice de l'action de telles eaux torrentielles consiste en dallages ou chaos de grosses pierres que la végétation n'arrive pas à coloniser. Dans le lit du ruisseau reliant le lac Quatre au lac Cromwell, un tel chaos de gros blocs est bien visible. Il témoigne de la force des eaux qui ont tout délavé sur leur passage lors de la déglaciation.

À l'opposé, les sédiments très fins situés à la base du bassin du lac Geai y traduisent un dépôt en eau calme. De tels sédiments se trouvent aussi sous la tourbe que colonisent les Cédrières humides et les Frênaies noires dans les creux du relief. Avec la gyttja qui surmonte l'argile silteuse, on a la preuve que des plans d'eau libre ont occupé ces endroits au début du postglaciaire, avant qu'ils ne se combent et portent des carrs. La question se pose de savoir quelle était l'étendue de ces plans d'eau tranquilles dans lesquels l'argile pouvait s'accumuler. À moins que cette argile ne soit entièrement dérivée de la farine de roche des tills environnants, elle implique des eaux profondes d'au moins dix mètres. Avec Éric Valiquette, nous avons exploré la géographie de la SBL (figure ci-contre) dans l'hypothèse d'un plan d'eau à 4 m seulement au-dessus du niveau du lac Geai. La carte est évocatrice. La difficulté consiste à barrer partout le déversement des eaux vers le sud mais à l'époque, la croûte terrestre, déprimée, présentait une pente inclinée du sud (plus haut) vers le nord (plus bas). La question reste ouverte.

# Comparaison de diagrammes polliniques : Basses Laurentides vs Connecticut

Diagramme pollinique simplifié des sédiments du lac Geai, Station de biologie des Laurentides, UdeM

Les courbes blanches correspondent aux pourcentages exagérés 10 fois.

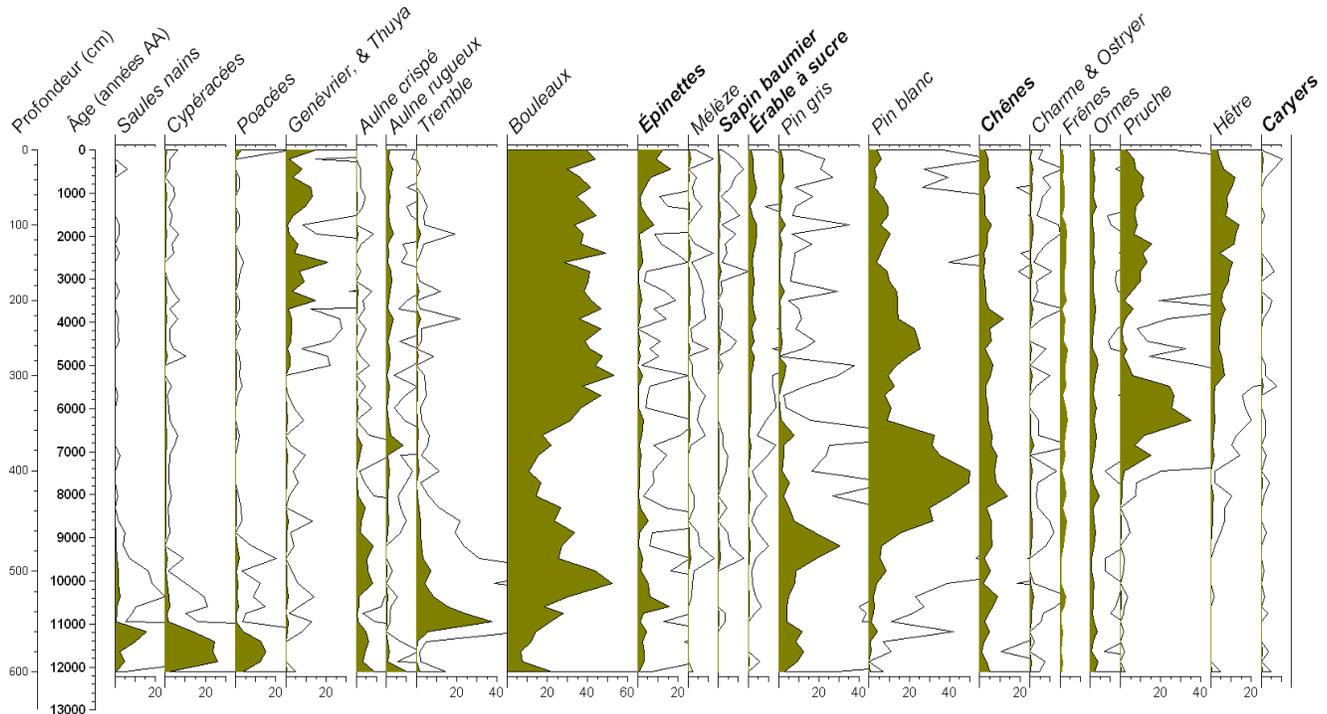
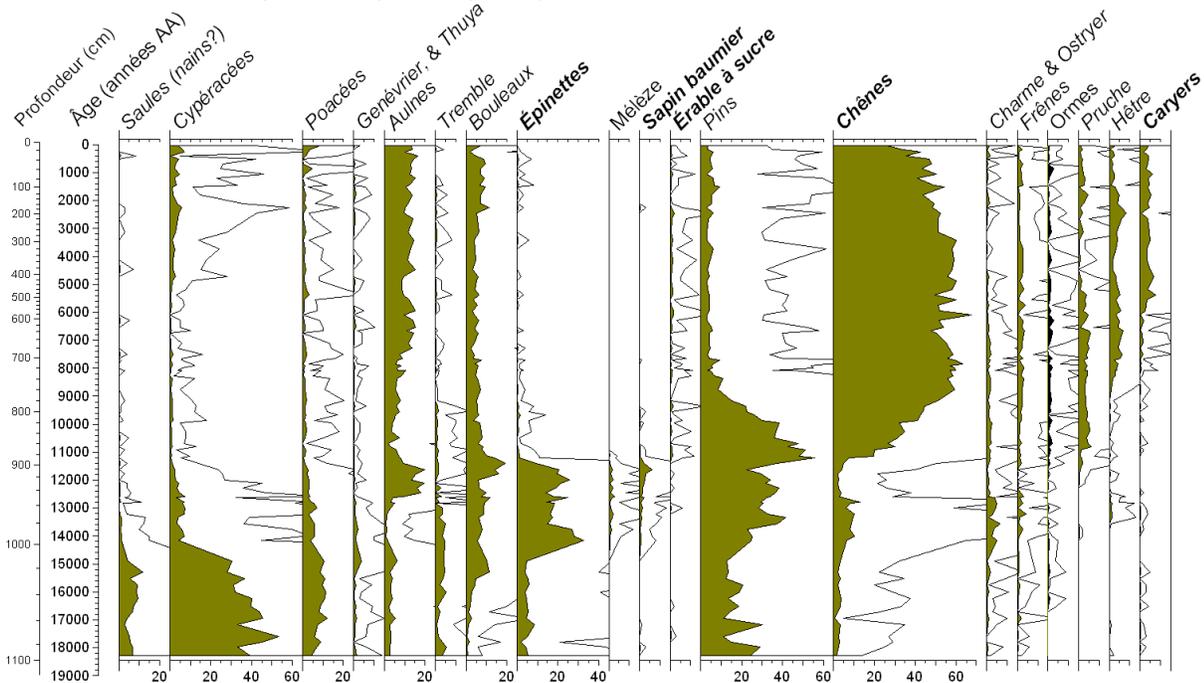


Diagramme pollinique simplifié de Rogers Lake, Connecticut, É.U.A. ; Source: M.B. Davis, 1969

Les courbes blanches correspondent aux pourcentages exagérés 10 fois.



On trouvera dans la base de données du projet *Neotoma* de nombreux exemples de diagrammes polliniques provenant de partout sur la planète (<http://www.neotomadb.org/>).

## Le diagramme pollinique du lac Geai

Des échantillons frais d'un cm<sup>3</sup> furent prélevés à l'aide d'un emporte-pièce cylindrique tous les 10 ou 12 cm le long de la carotte sédimentaire de 1977. Ce pas analytique correspond à un échantillonnage tous les 200-250 ans. La durée d'un centimètre vertical de sédiment voisine 20 ans dans cette carotte. Le matériel fut soumis aux traitements physico-chimiques usuels visant à éliminer la gangue afin de concentrer les grains de pollen, les spores, et autres palynomorphes pour leur identification au microscope à des grossissements routiniers de 400x (1000x au besoin). 51 échantillons furent ainsi traités et leur contenu microfossile, analysé, livrant 51 *spectres polliniques* le long de la séquence stratigraphique (verticale, temporelle).

Une centaine de *palynotaxons* sont présents : 87 types de grains de pollen, 11 types de spores, diverses algues vertes planctoniques (*Pediastrum*) et occasionnellement des Thécamoebiens tourbicoles (*Assulina*, *Diffflugia*). Au total, 28 771 grains de pollen appartenant aux Arbres (A), aux arbustes ou buissons (a) et aux herbes (h) furent identifiés et dénombrés. Ces catégories (A, a, h) constituent les éléments de la Somme Pollinique (SP) de base sur laquelle les pourcentages de représentation pollinique ou sporale sont calculés. La SP moyenne est de 564 grains et la Concentration Pollinique (CP) moyenne est de 231 000 grains par cm<sup>3</sup> frais. Le diagramme complet du lac Geai est livré à l'Annexe 3.

Des versions simplifiées des *diagrammes des pourcentages polliniques* (DPP) des sédiments du lac Geai et du lac Rogers (Connecticut) sont présentés ci-contre, à titre d'introduction à ce type de documents. Les *courbes polliniques* de taxons choisis sont illustrées selon une échelle (verticale) de temps exprimée en années avant l'actuel (AA) par étalonnage des âges <sup>14</sup> C. L'échelle des profondeurs n'est conséquemment pas linéaire.

On note d'abord la durée couverte par les deux diagrammes : 18 500 ans pour le lac Rogers, 12 200 ans pour le lac Geai. Les essences les plus fortement représentées par leur pollen sont les Chênes au lac Rogers et les Bouleaux au lac Geai. La comparaison des *spectres polliniques* sommitaux permet de déterminer les *signatures polliniques* distinctes de la végétation récente des deux régions. Au Connecticut, la représentation pollinique des Chênes et des Caryers reflète le domaine bioclimatique des Chênaies à Caryers tandis qu'au lac Geai, celle de l'Érable à sucre pourtant dominant dans la sylvie y est masquée par l'abondance du pollen des Bouleaux dans le domaine bioclimatique des Érablières. Par ailleurs, l'abondance du pollen d'Aulne traduit au lac Rogers des apports polliniques fluviaux importants en raison des affluents qui s'y jettent, phénomène absent au lac Geai car c'est un lac de tête et les Aulnes riverains y sont épars. La toundra initiale est traduite dans les deux sites par les Saules, les Cypéracées et les Poacées.

On comprend donc qu'il y a des taxons qui sont sur-représentés par leur pollen (*Quercus*, *Betula*, *Pinus*, ...), et d'autres qui sont sous-représentés (*Acer*, *Abies*, ...). C'est tout l'art du paléopalinologue que d'interpréter les *courbes polliniques* (du bas vers le haut) des divers taxons en termes de développement des populations végétales et de reconstituer les séquences temporelles et spatiales de végétation (voir l'Annexe 2 et les Références). La comparaison pour une même période est instructive, tant durant l'oscillation froide du Dryas récent (de 12 700 à 11 400 ans AA) que pour l'Holocène qui a suivi. Elle traduit la phytogéographie du passé.

## Chronique des phytoséquences postglaciaires au lac Geai

Entre 12 900 et 12 000 ans AA : Déglaciation du piémont laurentidien et des Basses Laurentides.

Vers 12 200 ans AA : Début de l'enregistrement sédimentaire au lac Geai.

Entre 12 200 et 11 200 ans AA : **PHASE NON-ARBORÉENNE** : règne de la Toundra. Climat froid.

Entre 12 200 et 12 000 ans AA : Érosion des versants : plantes arctiques-alpines.

Entre 12 000 et 11 550 ans AA : Toundra herbeuse à saules herbacés (nains, rampants).

Entre 11 550 et 11 200 ans AA : Toundra arbustive, buissonnante, basse :

Bouleau glanduleux, Aulne crispé, Genévrier commun, Shépherdie du Canada.

Vers 11 200 ans AA : Début de l'Afforestation : implantation des premiers arbres.

Entre 11 200 et 8500 ans AA : **PHASE D'AFFORESTATION** : particulièrement longue ici.

Implantation des Trembles et des Épinettes dans la Bétulaie glanduleuse.

Entre 11 200 et 10 900 ans AA : Tremblaie ouverte, présence de Peuplier baumier. Feux.

Entre 10 900 et 9775 ans AA : Pessière à Épinette noire ouverte à Aulne crispé.

Bouleau blanc en progression et Tremble persistant. Climat froid et sec. Feux.

Entre 9775 et 8500 ans AA : Pinaie grise ouverte, à aulne crispé. Climat froid et sec.

Bouleau blanc en régression. Établissement et progression du Pin blanc.

Établissement du Chêne rouge, puis de l'Orme d'Amérique et du Frêne noir.

Le Chêne restera important jusque vers 3500 ans AA.

Établissement du Hêtre à la fin de la période, vers 8500 ans AA.

Densification progressive des peuplements et fermeture de la canopée.

Vers 8500 ans AA : Fin de l'Afforestation et début de la Phase forestière fermée. Plus chaud.

Entre 8500 ans AA et l'Actuel : **PHASE FORESTIÈRE** et constitution des Érablières à sucre.

Entre 8500 et 7050 ans AA : **Forêt mixte** (*Pinède*) à Pin blanc (premier maximum).

Établissement de la Pruche de l'Est vers 8100 ans AA. Climat plus humide qu'avant.

Régression des arbres héliophiles. Disparition de l'Aulne crispé. Moins de feux.

Développement de l'Aulne rugueux sur les rives du lac Geai.

Déploiement de l'érable à sucre et du Bouleau jaune vers 7050 ans AA.

Entre 7050 ans AA et l'Actuel : **DOMAINE DE L'ÉRABLIÈRE À BOULEAU JAUNE**

De 7050 à 5450 ans AA : phase à Pruche. Déploiement du Hêtre.

De 5450 à 3060 ans AA : phase à Pin blanc (deuxième maximum).

Développement irrégulier de la Cédrière riveraine depuis ~5000 ans AA.

Implantation de l'Épinette rouge sur les bas versants et dans la Cédrière riveraine.

De 3060 à l'Actuel : phase à Hêtre et à Pruche; érablières *précoloniales*.

Oscillation à Pin blanc entre 1900-1000 ans AA. Période plus sèche?

Développement de l'Épinette rouge durant le *Petit Âge Glaciaire* (de 1550 à 1850 de notre ère). Hêtre et Pruche sont alors en régression.

Du pollen de l'Herbe à poux (*Ambrosia*) est enregistré dans la partie superficielle des sédiments, traduisant les défrichements extra-régionaux récents. Curé Labelle.

## **Histoire postglaciaire de la végétation et du milieu au lac Geai**

Durant 1000 ans environ après le retrait des glaces, c'est la **tundra** qui a dominé les environs du lac Geai. Pendant ce temps, le front de l'inlandsis se retira au nord jusqu'à la latitude du lac Kempt tandis qu'au sud, le niveau de la Mer de Champlain s'abaissa jusqu'à l'altitude de 70 mètres environ en Laurentie montréalaise, en raison de la remontée du socle rocheux alors soulagé de la masse glaciaire. Le paysage végétal était initialement **quasi désertique**, très froid, balayé par les vents catabatiques issus des glaces. Des *fentes en coin* se créèrent dans les dépôts fins abandonnés dans les vallées par la Mer de Champlain, comme à Piémont où elles furent décrites par Pierre Gangloff. Il gelait sans doute à  *Pierre fendre*.

Les plantes colonisèrent timidement les abords du lac Geai. Elles mirent deux siècles à fixer les terrains autour, stoppant ultimement l'érosion pelliculaire qui y sévissait. Une **tundra herbeuse**, dominée par les Cypéracées (*Carex*) et les Poacées (Graminées) s'établit par la suite et dura 450 ans; on y trouve alors aussi des représentants des Astéracées, des Caryophyllacées et des Saxifragacées, entre autres. Parmi les plantes dont l'aire de peuplement est aujourd'hui principalement arctique ou alpine, mentionnons le pollen de *Saxifraga cernua*, *Oxyria digyna*, *Salix herbacea* et *Salix vestita*. Ailleurs dans la région, on a aussi identifié *Armeria labradorica*, *Diapensia lapponica* et des représentants du genre *Oxytropis*. Par la suite, les Saules buissonnants se sont installés, de même que le Bouleau glanduleux, le Génévrier commun et l'Aulne crispé, à côté de la Shépherdie du Canada. Ils ont constitué une **tundra arbustive** de plus en plus dense.

C'est sans doute un climat très froid qui a présidé à un tel développement en séquence de types physiologiques distincts de tundra dans la région du lac Geai et dans les régions avoisinantes. Les apports de graines et propagules par les oiseaux et par le vent ont dû se faire massivement et dans le désordre, à partir des terres sises au sud de la Mer de Champlain et des Grands Lacs, mais les conditions climatiques **proglaciaires** n'ont favorisé que les espèces aptes à y résister. Des graines d'arbres ont dû aussi être transportées, mais elles n'ont pas pu s'établir avant 11 200 ans AA environ, instaurant alors la phase de l'afforestation des lieux.

Cette PHASE D'AFFORESTATION est originale à plusieurs égards, tant au lac Geai que dans l'ensemble des Basses Laurentides outaouaises, montréalaises et trifluviennes. Par sa durée d'abord : 2700 ans pour compléter la fermeture du couvert arborescent au lac Geai, soit près de 4000 ans après la déglaciation locale. Par la structure et la composition des forêts qui se sont succédées ensuite : Tremblais ouvertes à Bouleau glanduleux et Myrique baumier, Pessières noires ouvertes à Bouleau blanc et Aulne crispé, Pineraies grises à Aulne crispé.

En effet, selon la séquence prévue par le modèle (Annexe 2), ce sont des spectres polliniques semblables à ceux produits par la Pessière ouverte à cladines, puis à ceux de la Pessière noire fermée, puis à ceux de la Sapinière à bouleau blanc qui auraient dû s'être inscrits dans les sédiments avant ceux du domaine de l'Érablière à érable à sucre. Or, ce n'est manifestement pas le cas au lac Geai où s'attardèrent le Bouleau glanduleux et l'Aulne crispé, où le Tremble puis le Pin gris dominèrent successivement la sylvie, où l'Épinette noire ne forma pas des peuplements denses et où le Sapin baumier n'arrivera finalement pas à s'implanter au point de constituer un domaine bioclimatique de Sapinières. Cette séquence est donc très originale.

C'est encore une fois un climat probablement froid et surtout sec qui a engendré ces paysages végétaux particuliers, sans analogues dans la zonation végétale moderne, durant l'Afforestation au lac Geai et dans toute la marge laurentidienne. D'ailleurs le lac Ontario, qui draine aujourd'hui tout le bassin versant des Grands Lacs, était endoréique entre 12 000 et 8000 ans AA. Il n'alimentait donc pas le fleuve Saint-Laurent. Les masses d'air venant de l'Ouest devaient être particulièrement sèches et l'évapotranspiration, importante. On trouve par ailleurs des **charbons de bois** microscopiques en grande abondance dans les sédiments lacustres de cette période, témoignant d'une forte incidence des feux de forêts qui s'accorde avec un climat estival où les épisodes secs étaient fréquents. Dans les sédiments de plusieurs autres lacs, les graines de toutes les essences forestières boréales sont pourtant trouvées, preuve de la présence des semenciers aux environs. Mais ces essences n'ont pas pu accroître la densité de leurs peuplements en raison d'une **fréquence trop élevée des incendies**. Dans ces conditions, des essences comme le Tremble et le Pin gris furent naturellement favorisées, et le couvert arborescent fut maintenu ouvert, entraînant ainsi le maintien de l'Aulne crispé et la prolifération du Myrique baumier dans les clairières entre les arbres.

Malgré des conditions manifestement hostiles, l'afforestation au lac Geai a permis l'établissement de plusieurs des essences qui occuperont les stations humides (l'Orme d'Amérique (*Ulmus americana*) et le Frêne noir (*Fraxinus nigra*)) et d'autres qui se développeront plus tard. C'est le cas du Chêne rouge (*Quercus rubra*), du Pin blanc (*Pinus strobus*) et même du Hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) vers la fin de la période. Les rares grains de pollen de l'Érable à sucre (*Acer saccharum*) présents dans les sédiments à cette époque traduisent sans doute aussi l'implantation de l'essence dans les environs, étant données sa forte sous-représentation pollinique et la courte distance à laquelle son pollen se disperse. La longue phase d'afforestation aura donc accueilli à peu près tous les acteurs de la phase suivante sans doute grâce à la variété des conditions écologiques qui engendra des biotopes diversifiés.

L'instauration de la PHASE FORESTIÈRE autour du lac Geai correspond à la mise en place définitive de la circulation atmosphérique méridienne en Amérique du Nord, à la suite de la scission de l'Inlandsis laurentidien au droit de la Mer d'Hudson il y a environ 8200 ans. Le *Glacier du Nouveau-Québec* qui en résulta ne modifiera sensiblement le climat zonal que sur son flanc oriental, y entretenant une toundra *sous le vent* pour quelques millénaires encore. Auparavant, l'inlandsis constituait une masse glaciaire certes en récession, mais couvrant toujours un énorme territoire à cheval sur la Mer d'Hudson, et générant des vents catabatiques froids et secs.

Les premiers temps de la phase forestière au lac Geai furent dominés par le Pin blanc (*Pinus strobus*) qui affiche une représentation pollinique maximale entre 8500 et 7050 ans AA. Espèce fortement sur-représentée par son pollen, elle masque l'expression pollinique des autres essences, notamment les essences décidues sauf les Bouleaux. C'est pourquoi les spectres polliniques de cette époque représentent-ils sans doute une forêt mixte dans laquelle les pins blancs constituaient une strate éparse mais dominant la canopée principale, à l'instar de la structure observée dans de vieilles pinèdes du Témiscamingue où l'Érable à bouleau jaune occupe le sous-étage de pins vétérans dispersés, à croissance rapide et à grande longévité. La Pruche de l'Est (*Tsuga canadensis*) s'est établie dans ce couvert il y a environ 8100 ans.

## *Histoire postglaciaire de la végétation à la Station de biologie des Laurentides (UdeM)*

---

Avec le déploiement des populations de la Pruche de l'Est, du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) et surtout de l'érable à sucre (*Acer saccharum*) il y a 7050 ans AA s'instaure le DOMAINE BIOCLIMATIQUE DE L'ÉRABLIÈRE autour du lac Geai.

Le Hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) tarde à se multiplier dans l'Érablière à bouleau jaune et à pruche initiale mais il constituera un compagnon majeur de l'érable à sucre après le déclin subit de la Pruche il y a 5550 ans environ. Ce déclin, survenu en une ou deux décennies fut causé par une infestation foudroyante de l'arpenteuse de la Pruche (*Lambdina fiscellaria*; Bhiry & Fillion, 1996) qui affecta l'essence dans toute sa vaste aire de peuplement dans l'Est de l'Amérique du Nord. Il est probable que l'insecte ait profité d'une longue période sèche, à faibles précipitations hivernales et à fréquentes sécheresses estivales ayant affaibli les populations hygro-mésophiles de la Pruche. Plusieurs lacs présentent en effet un bas niveau d'eau durant cette période. Le Pin blanc et le Chêne rouge ont profité du déclin de la pruche entre 5450 et 3060 ans AA autour du lac Geai, mais la structure fondamentale de l'Érablière à bouleau jaune ne paraît pas s'être alors beaucoup modifiée.

Nous ne disposons pas de preuves de variations importantes du niveau d'eau du lac Geai dans la carotte sédimentaire centrale, mais il se peut qu'un abaissement du plan d'eau soit à l'origine du développement des populations de Thuya de l'Est sur les berges aplanies par l'entourbement inégal mais centripète des rives du lac, ce que traduit la courbe pollinique des Cupressacées depuis 5000 ans environ. Vers 3060 ans AA, le pollen de Thuya reflète alors éloquemment le développement des Cédrières riveraines sur les platières voisines du lac Geai.

L'Érablière à bouleau jaune occupant depuis 3060 ans AA les versants aux alentours du lac Geai comportait certainement plus de Hêtre, plus de Pruche et sans doute aussi un peu plus de Pin blanc que ce qu'on peut déduire du couvert forestier actuel en défalquant la part occupée par les Érablières rouges, les Bétulaies blanches, les Peupleraies à grandes dents et les Tremblaies, tous peuplements manifestement récents issus de l'exploitation forestière et des incendies associés. L'oscillation entre l'abondance du Pin blanc et celle de la Pruche entre 1900 et 1000 ans AA pourrait refléter un changement hydroclimatique, peut-être de plus faibles précipitations hivernales. Une tendance générale au refroidissement et à l'accroissement de l'humidité estivale depuis près de 2000 ans se traduit sans doute par le développement des populations de l'Épinette rouge. Dans les Laurentides québécoises à Duchesnay (Richard & Grondin, 2009; Houle *et al.*, 2012), toujours dans le Domaine de l'Érablière à bouleau jaune et hêtre, on a pu démontrer que l'abondance de l'Épinette rouge a culminé durant l'oscillation climatique fraîche du Petit Âge Glaciaire, durant laquelle l'abondance du hêtre a fortement chuté dans tout le Québec méridional. Malgré un mauvais contrôle chronologique, les spectres polliniques de la partie supérieure des sédiments du lac Geai paraissent corroborer ce comportement de l'Épinette rouge et du Hêtre, à côté de celui de la Pruche.

Enfin, les défrichements déclenchés par le curé Labelle dans le piémont laurentidien sont enregistrés par le pollen de l'Herbe à poux (*Ambrosia*) qui se disperse largement depuis lors. Absents de la carotte centrale dont la surface est tronquée, ils abondent dans les niveaux supérieurs de cinq carottes courtes de surface étudiées en 1985-86 (données non illustrées).

## En guise de conclusion : questions en suspens et perspectives

La flore vasculaire de la Station de biologie des Laurentides comprend au moins 386 espèces de plantes vasculaires dont 11,7% sont introduites (Gagnon, 1975). Parmi les 87 types morphologiques de grains de pollen et les 11 morphotypes de spores identifiés dans les sédiments du lac Geai, seulement 77 reflètent la végétation de la station, les autres constituant des apports éoliens de source lointaine, extra-régionaux. C'est donc une assez faible partie de la florule actuelle de la SBL qui est représentée dans les sédiments du lac Geai. Par ailleurs, certains types polliniques ne peuvent être déterminés qu'au niveau de la famille (Cypéracées, Poacées, Brassicacées, etc.). Toutefois, le pollen de la plupart des arbres est identifiable à l'espèce ou à des groupes d'espèces (ex. : bouleaux nains vs bouleaux arborescents) et l'analyse macrofossile (graines, feuilles, etc.) vient souvent à la rescousse pour une détermination plus poussée. Il est donc relativement aisé de reconstituer l'histoire postglaciaire des forêts. Grâce à l'étude des sédiments du lac Geai, l'histoire postglaciaire du couvert végétal et du milieu physique de la SBL a pu ainsi être dépeinte à larges traits.

On a identifié au lac Geai ou dans la région adjacente des plantes qui sont aujourd'hui absentes de la florule locale, comme *Armeria labradorica*, *Diapensia lapponica*, *Oxyria digyna*, *Saxifraga cernua* et *Shepherdia canadensis*. Les premières sont associées à la toundra et la dernière, au plein ensoleillement et à la richesse en calcium et autres bases des sols avant l'arrivée des arbres et l'instauration d'une pédogenèse acidifiante.

Mais plusieurs questions restent en suspens; elles pourraient trouver des éléments de réponse dans la poursuite d'études paléoécologiques élargies à d'autres témoins (Diatomées, Chironomides, Thécamoebiens, ...) de même qu'à la géochimie sédimentaire. Associée à l'analyse des Diatomées lacustres, cette dernière permettrait d'étudier la nature, l'ampleur et la dynamique temporelle des transferts de matière entre les sols et les lacs, sous divers régimes climatiques, pédogénétiques, de végétation et des feux naturels. La question de la séquestration à long terme du carbone dans les sédiments lacustres pourrait y être abordée. Des reconstitutions climatiques quantifiées résulteraient aussi de l'étude stratigraphique des Diatomées et des Chironomides, éclairant ainsi les conditions écologiques régionales.

L'étude pollinique des sédiments d'autres lacs permettrait de cerner le grain de la couverture forestière à l'échelle de la SBL. L'étude de transects de carottes dans un même lac tourbeux, des rives vers le centre, permettrait de déterminer les conditions et le rythme de l'entourbement riverain. Le même dispositif permettrait d'identifier d'éventuels changements du niveau d'eau induits par des changements hydroclimatiques. L'analyse à haute résolution stratigraphique (donc temporelle) des sédiments sous les carrs et autres bourbiers actuellement boisés pourrait livrer de précieuses informations sur les successions végétales locales dans ces milieux humides, et sur les terres fermes aux alentours.

Dans tous les cas, les études paléoécologiques permettent d'étudier les organismes et les processus écologiques sur des durées longues ayant connu des conditions souvent différentes de celles de l'observation contemporaine. Elles contribuent ainsi à cerner le potentiel écologique total des organismes et le fonctionnement intime des systèmes.

## Remerciements et dédicaces

Ma gratitude va d'abord à Monsieur Éric Valiquette qui ces dernières années m'a rappelé avec une gentille insistance qu'il fallait que je mette en forme les données palynologiques et paléoécologiques du lac Geai au profit des usagers de la Station de biologie des Laurentides. Je le remercie également de m'avoir facilité l'accès à divers documents, et pour la confection de cartes de la paléogéographie tardiglaciaire dont une est incluse dans cet opuscule.

Les travaux au lac Geai se sont effectués en 1977 et en 1985. En 1977, l'échantillonnage fut réalisé en une journée; en 1985, le projet a nécessité quelques jours sur le terrain, au lac et au Pavillon Paul-Pirlot. Mais par la suite, les observations et les analyses en laboratoire ont exigé des mois, voire des années de travail et plusieurs personnes m'ont bien sûr prêté main forte. Je leur en suis grandement redevable et les remercie très sincèrement.

Ce sont d'abord, pour les travaux de terrain, Pierre Paré (technicien en 1977) et Louise Savoie (candidate à la maîtrise en 1977), puis Alayn C. Larouche (agent de recherche en 1985) et Daniel Néron (candidat bachelier en 1985). Messieurs Pierre Paré, Alayn C. Larouche et Daniel Néron ont aussi réalisé les longs et patients travaux d'analyses en laboratoire, accompagnés de Mesdames Hélène Jetté<sup>†</sup> (technicienne en 1977, puis candidate au doctorat après un maîtrise en 1991) et Nicole Morasse (technicienne en 1985) maintenant jeune retraitée (2009), comme Monsieur Alayn C. Larouche (2009). Alayn a extrait les informations nécessaires à la confection des diagrammes polliniques présentés ici, épaulant toujours son vieux complice incompetent dans la gestion des bases de données numériques. Enfin, madame Tamylia Elkadi (candidate à la maîtrise en 2013) m'a prêté main forte pour la version finale des diagrammes. Cet opuscule reflète donc les efforts d'une longue et solide chaîne humaine.

\* \* \* \* \*

Je dédie ce document au personnel de la *station*, actuel et passé : directeurs, gérants, gardiens, préposés aux services, cuisinières et leurs aides dont le talent, le dévouement et la bonne humeur animent les lieux et y rendent le travail agréable. Depuis mon premier séjour à l'automne de 1966, la Station de biologie des Laurentides n'a jamais cessé de m'émerveiller par la discrète beauté de ses paysages et par l'amabilité de ceux qui y oeuvrent.

En 1966, j'accompagnais feu le professeur Miroslav M. Grandtner (de l'Université Laval) qui dispensait alors à la *station* un cours condensé d'écologie forestière avec travaux pratiques, d'où ma présence en tant qu'assistant. Un après-midi, le professeur Grandtner m'a laissé en charge de la douzaine d'étudiants car il avait affaire à Montréal ; j'ai donc eu le plaisir (et l'angoisse) de présenter au tableau et à la craie, dans le *labo jaune* (ou Pavillon Paul-Pirlot), les fondements de l'analyse pollinique à des *gens de mon âge*, dont deux ont marqué de manière indélébile la botanique et l'écologie végétale au Québec durant les décennies qui suivirent : ce sont Madame Gisèle Lamoureux (fondatrice de Fleurbec) et feu Monsieur André B. Bouchard (professeur au département des sciences biologiques de l'Université de Montréal). Je leur dédie aussi cet opuscule sur le passé postglaciaire de la SBL.

Je dédie enfin ce texte à tous les stagiaires qui profiteront de la *station* dans l'avenir. Les lieux sont inspirants pour qui veut bien regarder tout autour, s'atteler à la taxonomie et à l'écologie, et se poser des questions de tous ordres en *sciences naturelles*.

## Orientation bibliographique<sup>1</sup>

- Bhiry, N. and Filion, L., 1996. Mid-Holocene Hemlock Decline in Eastern North America Linked with Phytophagous Insect Activity. *Quaternary Research*, 45 (3): 312-320.
- Colpron-Tremblay, J. et Lavoie, M., 2010. Long-term stand-scale dynamics of a boreal mixed forest in Québec, Canada. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 161 : 43-58.
- Davis, M.B., 1969. Climatic changes in southern Connecticut recorded by pollen deposition at Rogers lake. *Ecology*, 50 (3): 409-422.
- Delage, M., Gangloff, P., Larouche, A. et Richard, P.J.H., 1985. Note sur un site à macrorestes végétaux tardiglaciaires au sud-ouest de Montréal, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 39 (1): 85-90.
- Gagnon, R., 1975. Flore de la station de biologie de l'Université de Montréal. Mémoire de M.Sc., Biologie, U de M., 158 p.
- Houle, D., Richard, P.J.H., Ndzangou, S.O., and Richer-Lafèche, M., 2012. Compositional vegetation changes and increased red spruce abundance during the Little Ice Age in a sugar maple forest of north-eastern North America. *Plant Ecology*, 213 : 1027-1035.
- Kratz, T.K. and DeWitt, C.B., 1986. Internal factors controlling peatland-lake ecosystem development. *Ecology*, 67: 100-107.
- Lavoie, M., 2008. Les grains de pollen, des témoins de l'histoire du couvert végétal. *Histoires forestières*, 1 : 10-14.
- Muller, S.D. and Richard, P.J.H., 2001. Postglacial vegetation migration in conterminous Montréal Lowlands, southern Québec. *Journal of Biogeography*, 28 : 1169-1193.
- Muller, S.D., Richard, P.J.H., Guiot, J., de Beaulieu, J.-L. and Fortin, D., 2003. Postglacial climate in the St. Lawrence lowlands, southern Québec: pollen and lake-level evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193 : 51-72.
- Néron, D., 1986. La variation spatiale des pollens dans les sédiments lacustres (*récents*) : comparaisons et théories. Pratique de terrain en biogéographie (GEO2333), 68 p et annexes (3 p.), sous la direction du professeur Paul Comtois. Document manuscrit (*stricto sensu*), non publié.
- Occhietti, S. et Richard, P.J.H., 2003. Effet réservoir sur les âges <sup>14</sup>C de la Mer de Champlain à la transition Pléistocène-Holocène: révision de la chronologie de la déglaciation au Québec méridional. *Géographie physique et Quaternaire*, 57 : 115-138.  
( <http://www.erudit.org/revue/gpq/2003/v57/n2-3/011308ar.html> )
- Richard, P.J.H., 1970. Atlas pollinique des arbres et de quelques arbustes indigènes du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 97 : 1-34; 97-161; 241-306.  
([https://canadapaly.ca/wp-content/uploads/2017/01/atlas\\_pollinique\\_p\\_richard.pdf](https://canadapaly.ca/wp-content/uploads/2017/01/atlas_pollinique_p_richard.pdf) )
- Richard, P.J.H., 1971. Two pollen diagrams from the Québec city area, Canada. *Pollen et Spores*, 13 (4): 523-559. (Voir Colpron-Tremblay, J. et Lavoie, M. (2010) pour une mise à jour chronologique).
- Richard, P.J.H., 1976. Relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 103 : 53-66.
- Richard, P.J.H., 1980. L'interprétation du diagramme pollinique en termes de végétation au Québec: une approche d'inspiration sigmatiste. *Phytocoenologia*, 7 : 127-141.

---

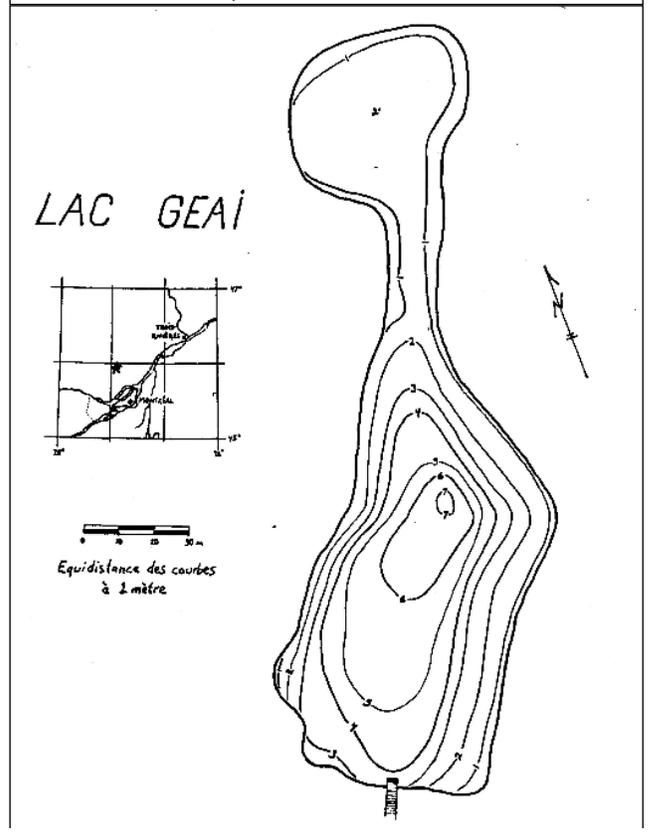
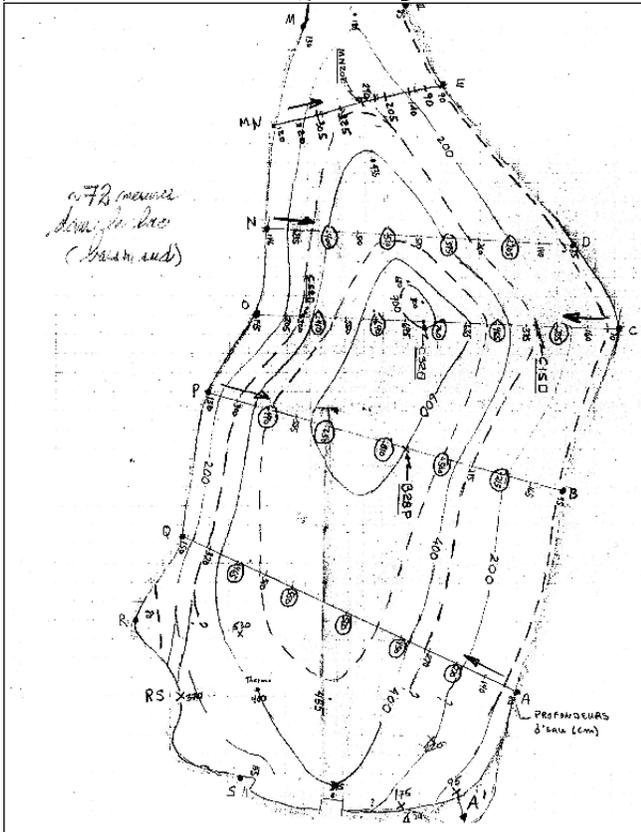
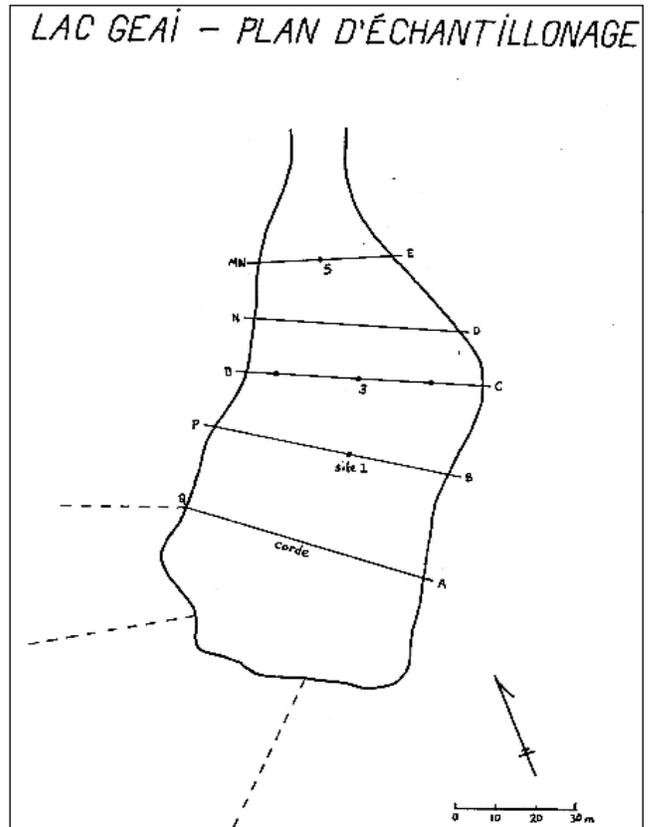
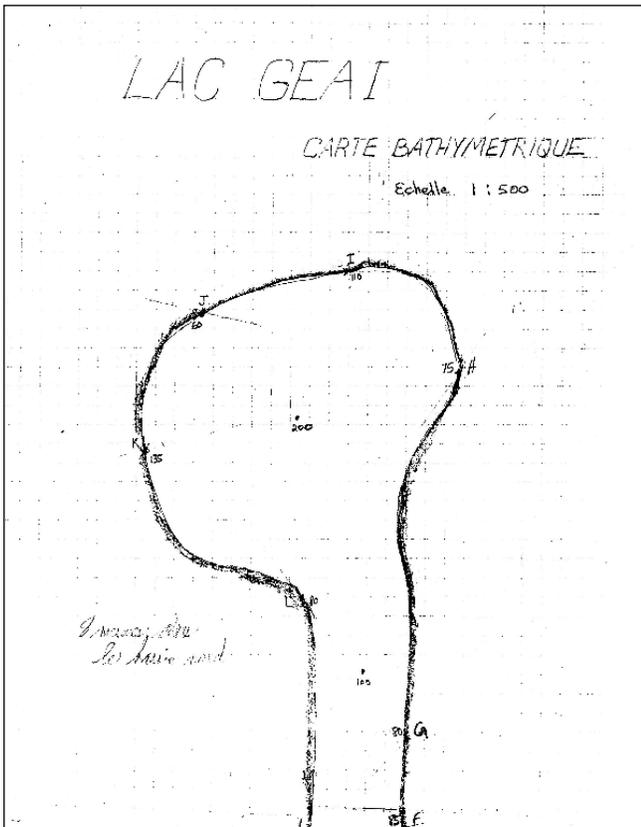
<sup>1</sup> *Références centrées sur la région de Montréal et des basses Laurentides, ou sur des thèmes généraux.*

## *Histoire postglaciaire de la végétation à la Station de biologie des Laurentides (UdeM)*

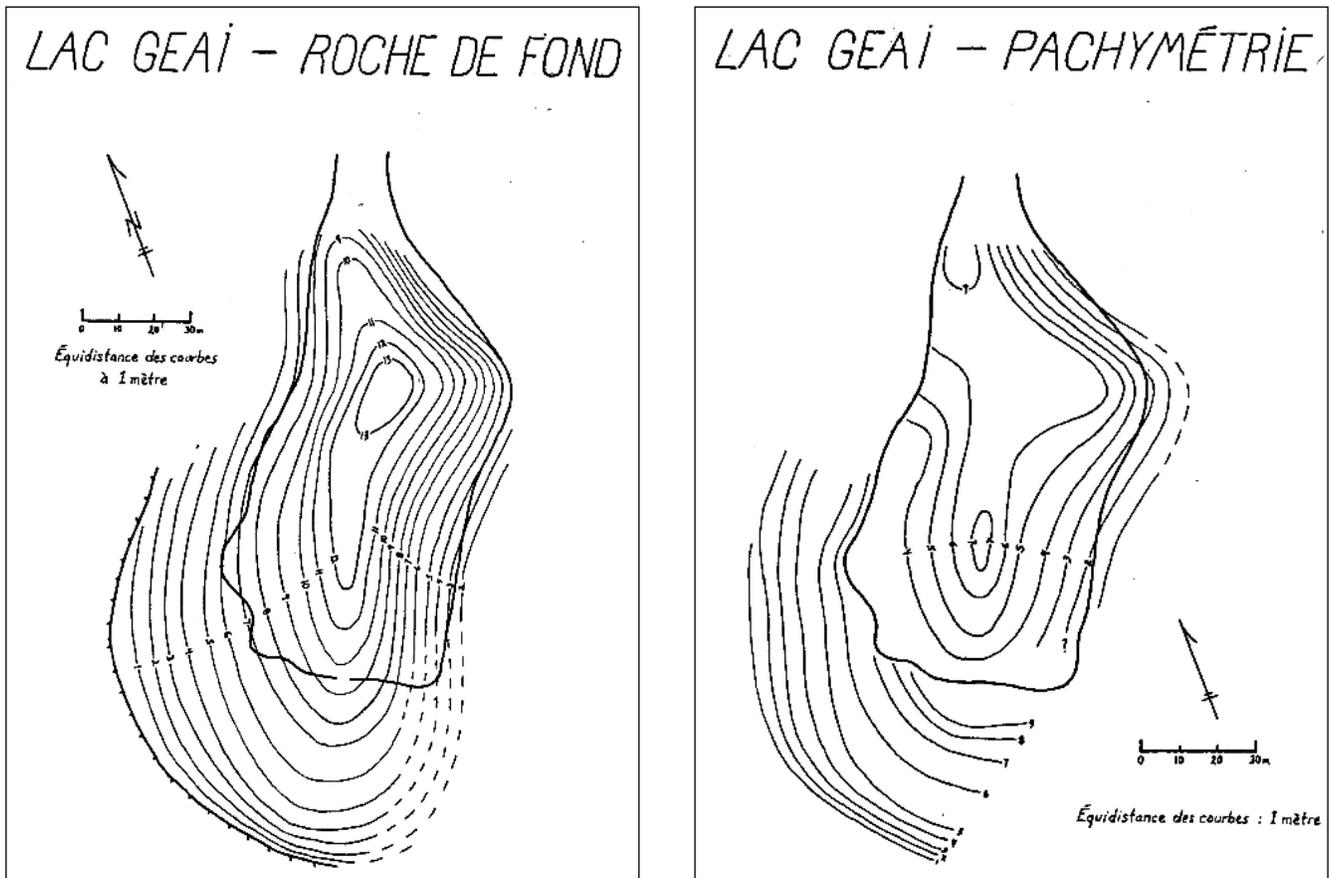
---

- Richard, P.J.H., 1993. Origine et dynamique postglaciaire de la Forêt mixte au Québec. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 79 : 31-68.
- Richard, P.J.H., 1994. Postglacial Palaeophytogeography of the Eastern St. Lawrence River Watershed and the Climatic Signal of the Pollen Record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109 :(2-4): 137-163.
- Richard, P.J.H., 1994. Wisconsinan Late-glacial environmental change in Quebec: a regional synthesis. *Journal of Quaternary Science*, 9 : 165-170.
- Richard, P.J.H., 1995. Le couvert végétal du Québec-Labrador il y a 6000 ans BP: essai. *Géographie physique et Quaternaire*, 49 : 117-140.
- Richard, P.J.H., 2003. Histoire postglaciaire de la végétation et du milieu en Outaouais: le point et les pistes de recherche, pp. 47-80, Chapitre 2, in: «L'Île aux Allumettes et l'Archaique supérieur dans l'Outaouais», sous la direction de N. Clermont, C. Chapdelaine et J. Cinq-Mars, Recherches amérindiennes au Québec, Collection *Paléo-Québec* 30, 363 p.
- Richard, P.J.H., 2007. Le paysage tardiglaciaire du « Grand Méganticois » : état des connaissances. Chapitre 2, pp. 21-45, in: « Entre lacs et montagnes au Méganticois, 12 000 ans d'histoire amérindienne » sous la direction de C. Chapdelaine, Recherches amérindiennes au Québec, Collection *Paléo-Québec* 32, 382 p.
- Richard, P.J.H. et Grondin, P., 2009. Histoire postglaciaire de la végétation, pp. 170-176 in Chapitre 4, Saucier, J.-P. et al., « Écologie forestière », pp. 165-316, in *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Manuel de foresterie*, 2<sup>e</sup> édition, Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, 1510 p.
- Savage, C., 2001. Recolonisation forestière dans les Basses Laurentides au sud du domaine climacique de l'érablière à bouleau jaune. M.Sc., Sciences biologiques, U de M, 51 p. (carte par Savage, C. et Bouchard, A.).
- Savoie, L. et Richard, P.J.H., 1979. Paléophytogéographie de l'épisode de Saint-Narcisse dans la région de Sainte-Agathe, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 33 : 175-188.
- Webb III, T., Yeracaris, G.Y. and Richard, P.J.H., 1978. Mapped patterns in sediment samples of modern pollen from southeastern Canada and northeastern United States. *Géographie physique et Quaternaire*, 32 : 163-176.
- Williams, J.W., Webb III, T., Richard, P.J.H. and Newby, P., 2000. Late Quaternary biomes of Canada and the eastern United States. *Journal of Biogeography*, 27 : 585-607.

Annexe 1-1. Travaux bathy- & pachymétriques de 1985



Annexe 1-2 (suite). Travaux pachymétriques de 1985

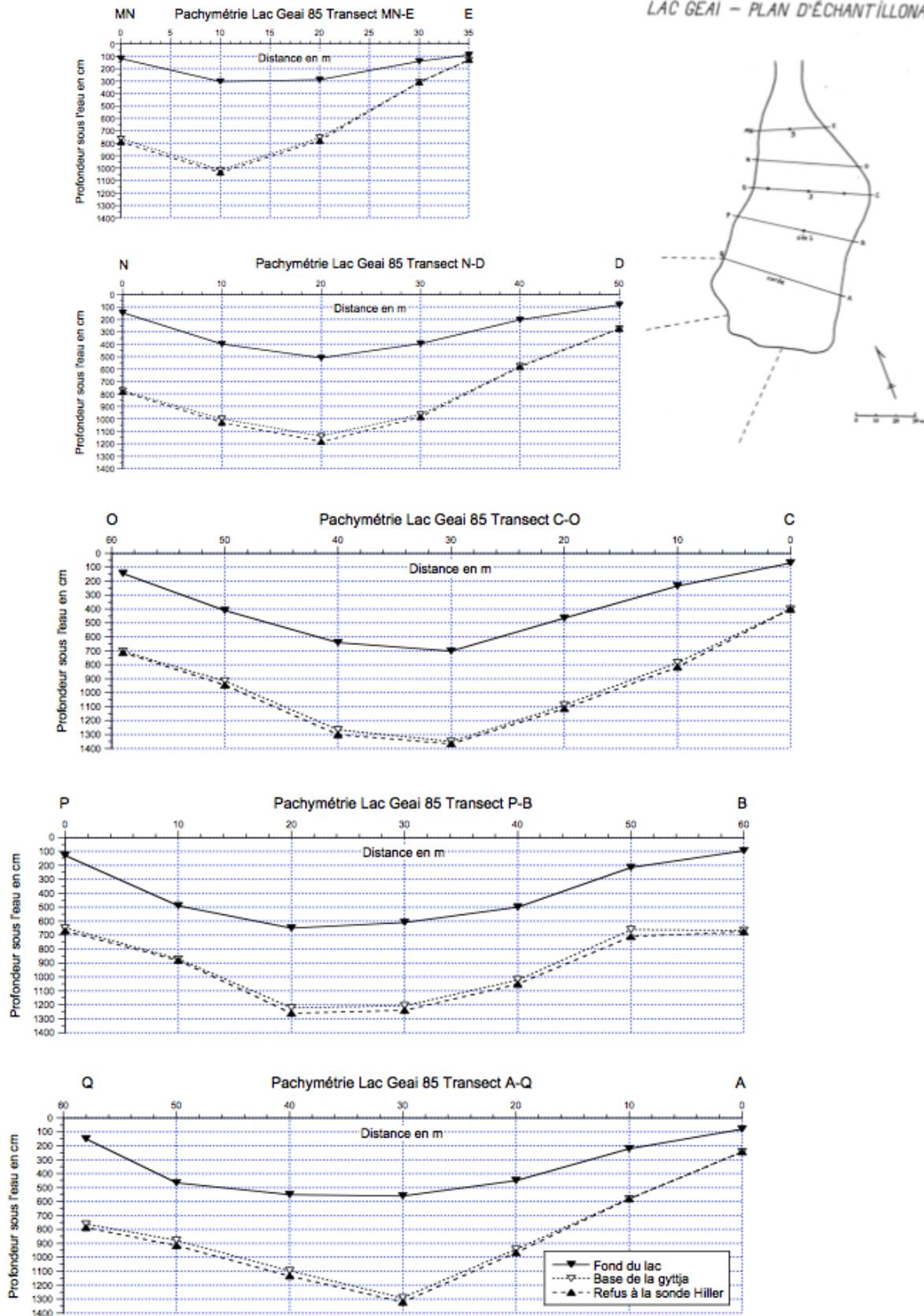


Des mesures bathymétriques et pachymétriques furent effectuées dans le bassin principal du lac Geai en août 1985. Des sondages furent pratiqués en une centaine d'endroits: 72 dans le bassin principal (surtout le long de transects matérialisés par des cordes jalonnées disposées en travers du lac au-dessus du plan d'eau), 8 dans le bassin secondaire au nord du premier, et une vingtaine dans la tourbière au sud et dans le carré au sud et au sud-ouest (Annexe 1-1). La profondeur d'eau fut déterminée à l'aide d'une corde lestée d'une plaque circulaire, trouée, de métal qui s'assoit sur les sédiments. Dans le bassin principal, l'épaisseur des sédiments fut déterminée à 32 endroits à l'aide d'un carottier Hiller enfoncé jusqu'au refus à la pénétration, généralement dans le till sous-jacent. L'opération du carottier a permis de mesurer l'épaisseur des sédiments silto-argileux à la base de la boue lacustre.

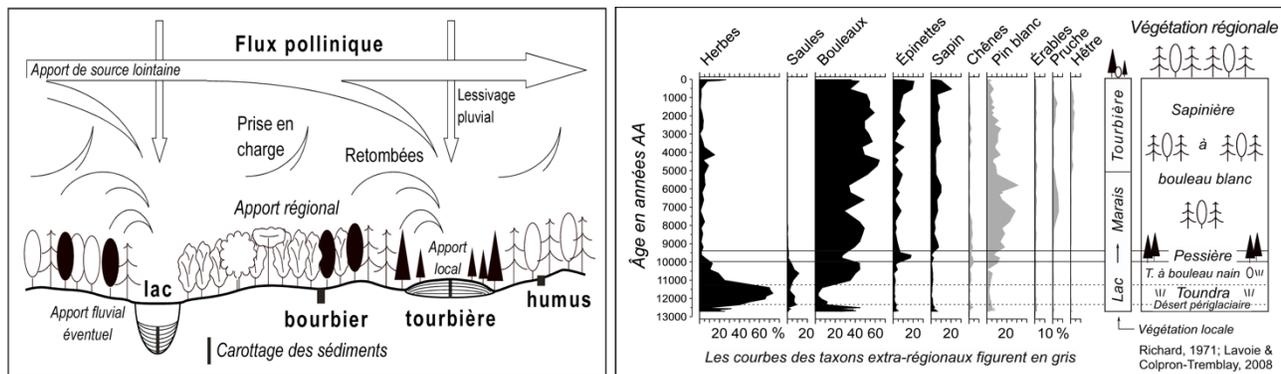
Ces mesures ont livré une carte bathymétrique approximative (Annexe 1-1), mais très semblable à la carte actuelle. La principale différence est la forme générale du bassin principal, dont le contour fut pourtant calqué sur une des photos aériennes disponibles à l'époque. Une carte de la profondeur du fond au contact du till fut aussi produite (ci-haut), révélant la forme et l'extension de la dépression hors de la rive actuelle. Elle localise le centre du creux rocheux exactement sous la zone de profondeur d'eau maximale actuelle. Une carte pachymétrique fut établie (ci-haut), montrant que l'épaisseur des sédiments (gyttja et tourbe) est maximale dans la tourbière riveraine (9 m). Elle révèle que la boue lacustre (gyttja) présente deux pôles d'accumulation maximale de plus de 7 m dans le bassin principal; l'un est décalé au sud, l'autre, fortement décalé au nord-ouest par rapport à la configuration bathymétrique. Cinq coupes bathy- et pachymétriques furent enfin dressées (Annexe 1-3), dont une (coupe AQ) est reproduite avec la limite externe du plan d'eau sur la figure en page 4, dans le contexte altimétrique du bassin sud du lac Geai.

# Annexe 1-3 (fin). Transects pachymétriques de 1985

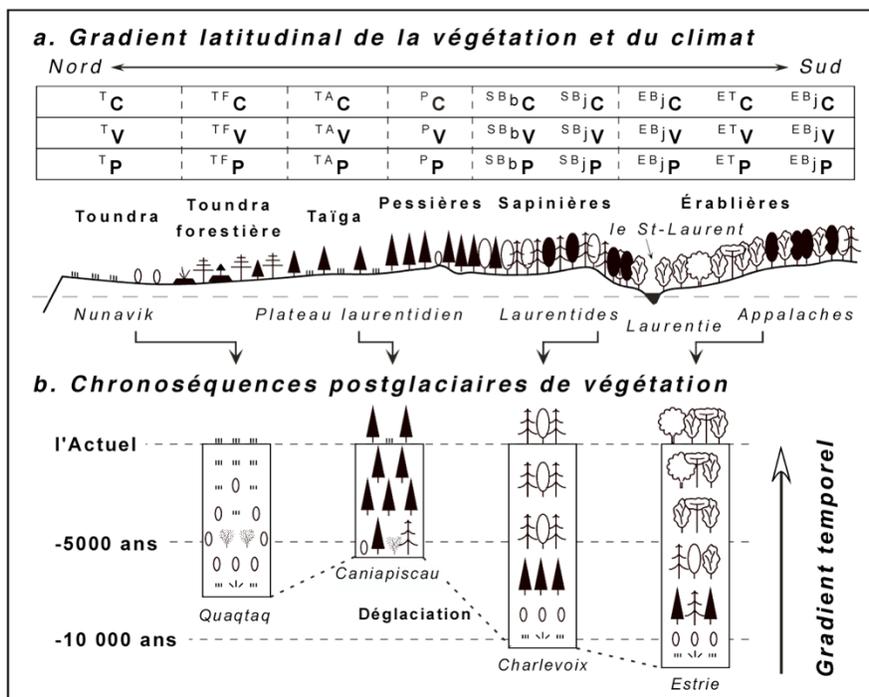
LAC GEAI - PLAN D'ÉCHANTILLONAGE



Annexe 2-1. Principes de l'analyse pollinique et de l'analyse macrofossile



La végétation sur ou autour d'un milieu de dépôt (lac, borbier de sous bois, tourbière, humus) alimente chaque année les flux sporopolliniques de l'atmosphère, mais de manière différente selon le port des plantes (arbres, buissons, herbes), leur production annuelle de pollen, le mode de dispersion des grains (air, eau, insectes), leur sédimentation. Les milieux de dépôt conservent les retombées polliniques régionales et locales, mais aussi des apports de sources lointaines. Un humus ou un borbier livre des spectres d'une végétation plus locale que celle des tourbières ou des lacs. Ces propriétés affectent l'interprétation des diagrammes polliniques. Le diagramme simplifié montre les courbes polliniques des taxons locaux et régionaux (noir), mais aussi celle de plantes qui croissent ailleurs (gris). Le spectre de surface livre la signature pollinique spectrale de la Sapinière à bouleau blanc.



Les liens de dépendance entre la végétation (V) et le climat (C) d'une part, et entre la végétation et le spectre pollinique (P) qu'elle produit d'autre part constituent les fondements de l'interprétation des diagrammes polliniques en termes de végétation et de climat du passé. On pose l'hypothèse que les types de végétation qui se sont succédés en un lieu donné après le retrait des glaces (gradient temporel) sont analogues à ceux qui s'enchaînent aujourd'hui du nord au sud du Québec (gradient spatial). La zonation latitudinale de la végétation actuelle constitue ainsi une séquence standard à laquelle on peut comparer les séquences temporelles de la végétation livrées par les diagrammes polliniques des diverses régions. Ce standard (ou modèle conceptuel) permet d'identifier des types de végétation anciens qui n'ont pas de contrepartie dans la végétation actuelle. La répartition spatiale et temporelle des cas de conformité et de non conformité au standard sur le territoire du Québec est d'un grand intérêt phytogéographique et écologique. C'est l'objet de l'exposé de Richard & Grondin (2009).

## Annexe 2-2. Principes de l'analyse pollinique et de l'analyse macrofossile

*Les tourbes, les sédiments lacustres et les horizons des sols, notamment l'humus, recèlent des témoins de l'existence passée des êtres vivants qui ont vécu à proximité. Ce sont les grains de pollen, les spores, les graines, les feuilles, les rameaux, les bourgeons, etc. D'autres témoins sont présents: thécamoebiens, diatomées, chironomides, etc. Grâce à leur stratigraphie, ces dépôts livrent des séquences temporelles de ces témoins. Ces dépôts sont donc de véritables archives biologiques.*

*L'analyse pollinique s'appuie sur les trois propriétés fondamentales suivantes:*

*1- le pollen est produit en quantités énormes et dispersé largement par le vent, pour assurer la reproduction sexuée des plantes; comme il se trouve que la plupart de nos arbres forestiers sont anémogames, cette propriété assure une représentation pollinique relativement équilibrée du couvert végétal dans une vaste région autour d'un milieu de dépôt donné;*

*2- le pollen se conserve indéfiniment dans des milieux pauvres en oxygène; cette propriété assure que les assemblages polliniques originaux ne seront pas sensiblement modifiés avec le temps; les proportions entre les différents types de pollen resteront inchangées;*

*3- les grains de pollen peuvent être attribués à la plante productrice au niveau de la famille, du genre, et parfois même de l'espèce; cette propriété est due à l'étonnante diversité de forme, de structure et d'ornementation de ces objets microscopiques que sont les grains de pollen et les spores.*

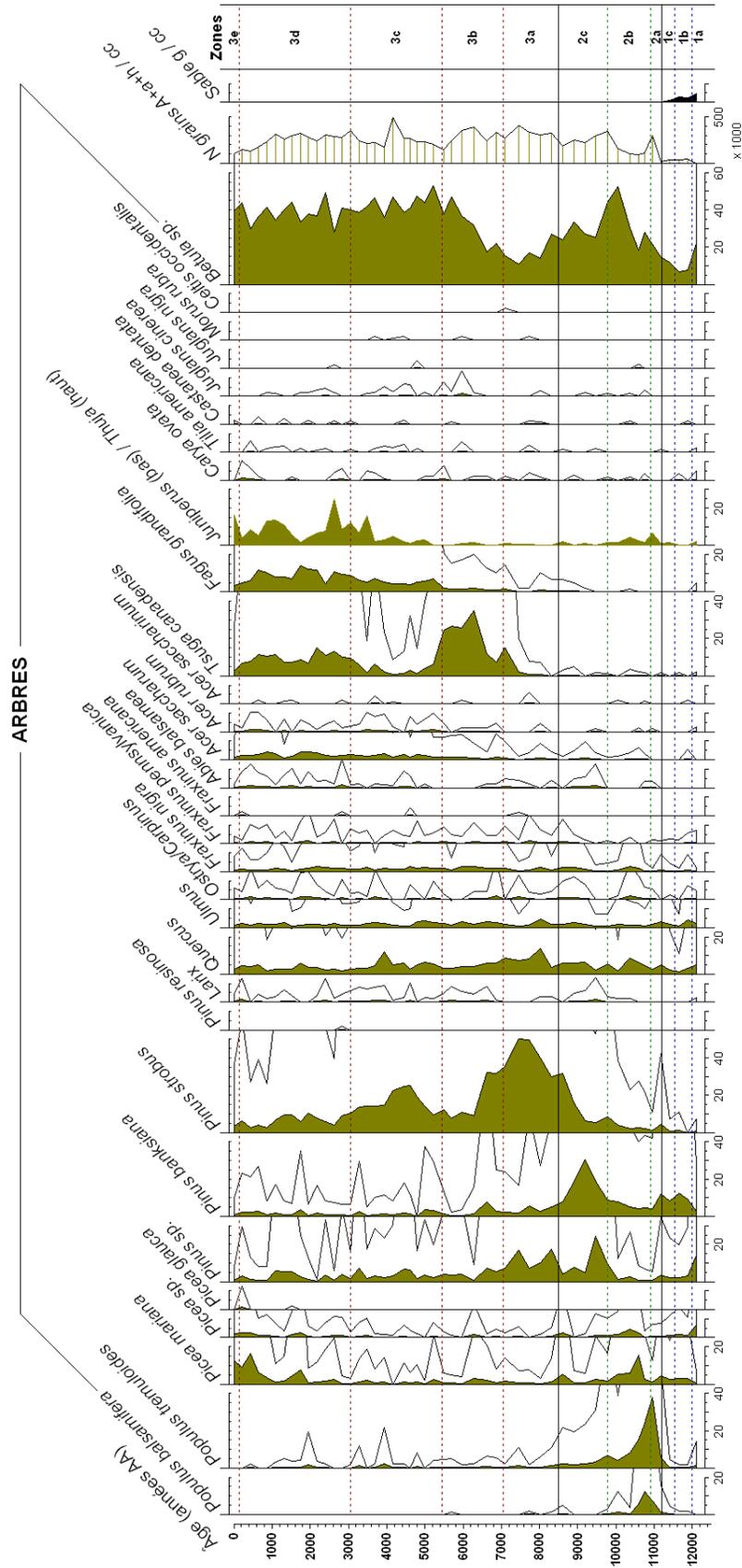
*L'analyse macrofossile porte sur des témoins de plus grosse taille que le pollen ou les spores (graines, feuilles, rameaux, bourgeons, fragments de tissus, etc.). Ils sont moins largement dispersés que le pollen mais les identifications des restes botaniques (ou des animalcules) sont généralement faites au niveau de l'espèce, ce qui permet des reconstitutions plus détaillées de la végétation locale.*

*Les deux méthodes procèdent à l'étude des témoins de la même façon, par extraction du pollen, des spores ou des macrorestes, et par leur identification, un par un, dans chaque échantillon d'une séquence verticale (donc temporelle) au sein d'un type de sédiment donné. Il en résulte, pour chaque échantillon, une liste de taxons (espèces, genres, familles, types) et de dénombrements. Le pourcentage de représentation de chaque espèce de plantes dans un échantillon donné, à un niveau donné (donc à une époque donnée) constitue le **spectre** pollinique ou macrofossile. L'ensemble des spectres superposés, provenant d'une séquence temporelle, constitue le **diagramme** pollinique ou macrofossile.*

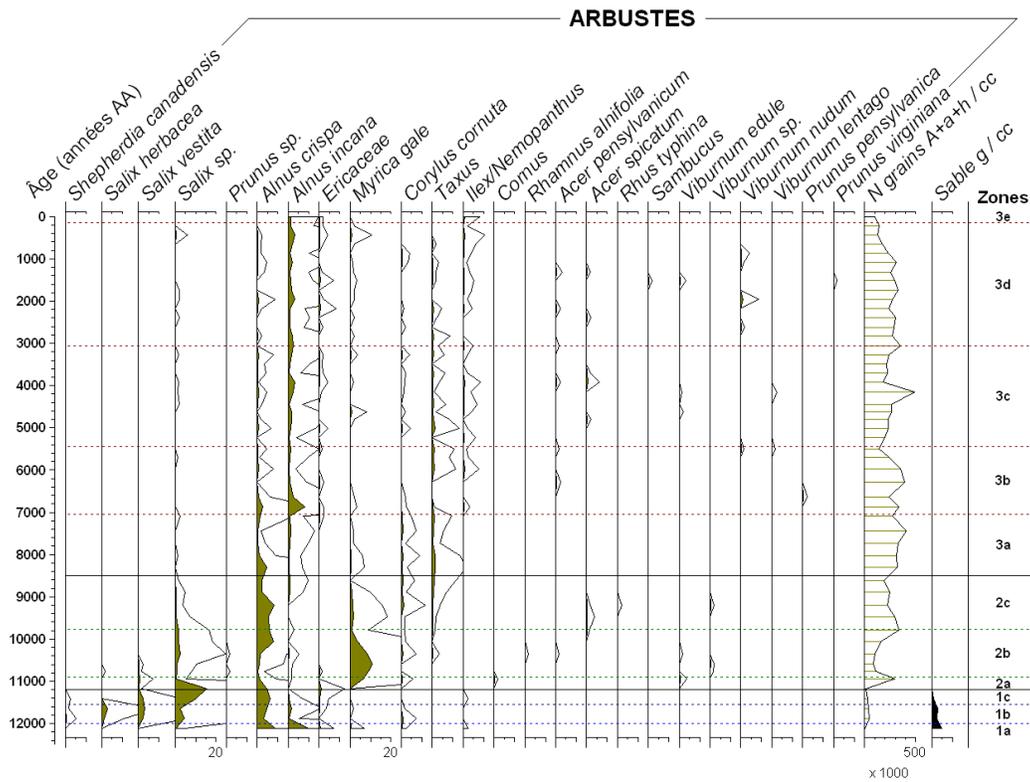
*Les **spectres polliniques** représentent la végétation environnante à une époque donnée. Le diagramme pollinique traduit pour sa part l'évolution de cette végétation dans le temps. Le pourcentage de représentation d'un taxon donné dans tous les niveaux analysés constitue la **courbe pollinique** du taxon qui traduit plus ou moins fidèlement les changements temporels de l'abondance des populations du taxon (donc de l'espèce, dans les meilleurs cas). Il en va de même pour les macrorestes, à une échelle plus locale. L'abondance des plantes peut aussi être traduite par la concentration pollinique qui atteint plusieurs centaines de milliers de grains de pollen par centimètre cube de sédiment. Elle peut aussi être traduite par le taux d'accumulation (ou **influx**) pollinique net, exprimé par le nombre de grains de pollen par centimètre carré et par année, grâce notamment à la datation des dépôts par le <sup>14</sup>C.*

*De telles données permettent d'abord de reconstituer l'**aire de peuplement** des populations végétales ou de la végétation régionale dans l'espace et dans le temps, et d'étudier le rôle du climat (températures, précipitations) et des perturbations (feux, épidémies) sur les variations de l'abondance des populations végétales. Inversement, en acceptant un lien étroit entre la végétation et le climat, ces données permettent de proposer des **reconstitutions climatiques** durant la période représentée par les sédiments.*

### Annexe 3-1. Diagramme pollinique complet du lac Geai - Les arbres

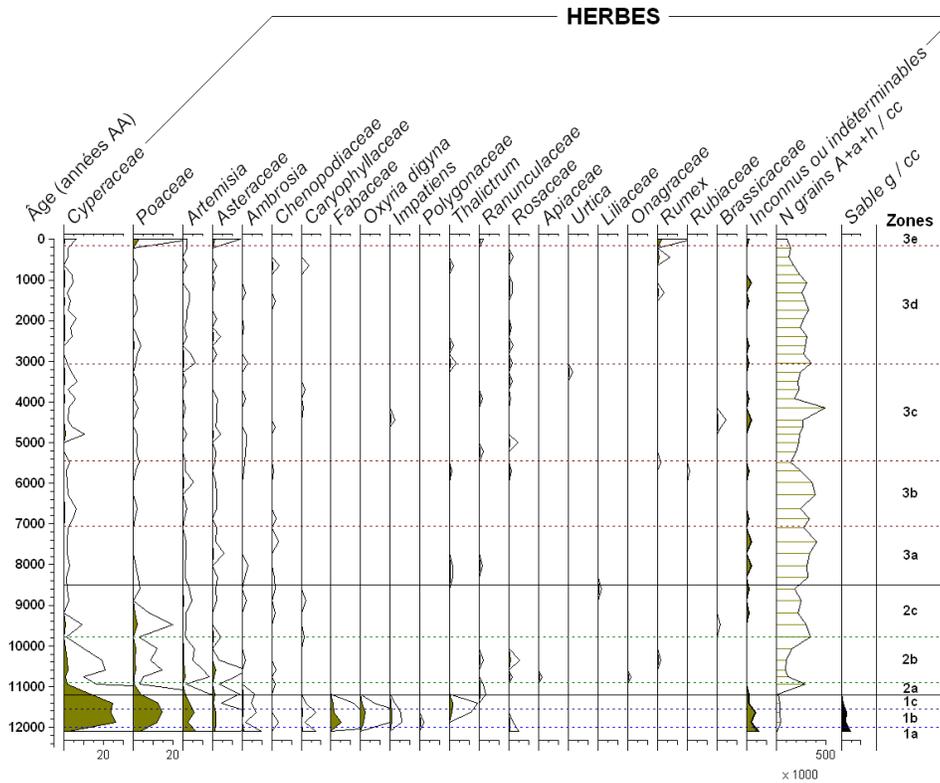


Annexe 3-2. Diagramme pollinique complet du lac Geai - Les arbustes

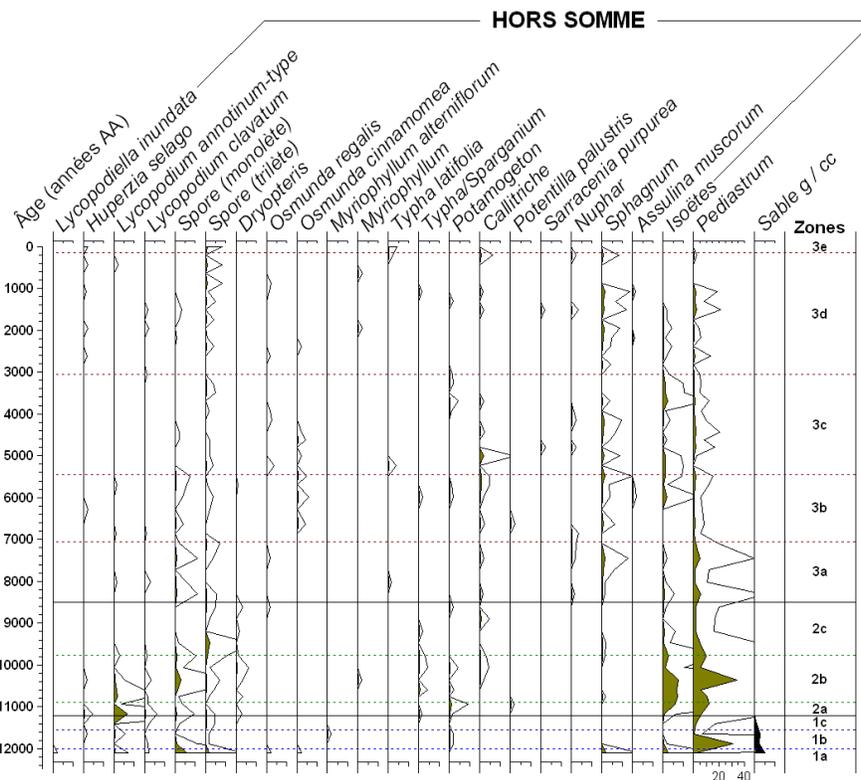


Annexe 3-3. Diagramme pollinique complet du lac Geai - Les herbes

*Histoire postglaciaire de la végétation à la Station de biologie des Laurentides (UdeM)*



Annexe 3-3. Diagramme pollinique complet du lac Geai - Taxons hors somme



## *Histoire postglaciaire de la végétation à la Station de biologie des Laurentides (UdeM)*

---

La représentation de ces taxons est exprimée en pourcentage de leur dénombrement par rapport à la somme pollinique (SP) standard (= 100%) qui comprend le pollen des arbres (A), des arbustes (a), et des plantes herbacées terricoles (h). Cette façon de faire évite que ces palynotaxons locaux dont certains sont produits par des plantes aquatiques, des mousses, des algues, etc. n'affectent indûment la représentation mutuelle des taxons inclus dans la somme pollinique qui doit refléter la végétation essentiellement terricole.

**Note sur la zonation pollinique :** voir la *Chronique des phytoséquences postglaciaires* en page 14.

La zone d'assemblage pollinique 1 (sous-zones 1a, 1b et 1c) traduit une végétation non-arboréenne, désertique au début (1a). Elle se caractérise par des sédiments inorganiques et une concentration pollinique (N grains/cc faible. Le pollen des arbres y résulte essentiellement d'apports lointains.

La zone d'assemblage pollinique 2 (sous-zones 2a, 2b et 2c) correspond à la phase de l'Afforestation du territoire autour du lac Geai. Le myrique baumier et l'aulne crispé abondent sur les pentes. La concentration pollinique augmente.

La zone d'assemblage pollinique 3 (sous-zones 3a, 3b, 3c, 3d et 3e) correspond à la phase forestière qui comprend diverses variations dans la composition ou dans l'abondance des diverses essences forestières au sein des peuplements. En zone 3e, le pollen de *Rumex* traduit ici les défrichements au loin, dans la région.