

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE DE MONTPELLIER

Master : *Sciences et Technologies*

Mention : *Biologie, Géosciences, Agroressources, Environnement*

Spécialité : *Fonctionnement des Ecosystèmes Naturels Et Cultivés*

Dynamique holocène de la végétation de la colline de Covey du massif des Adirondacks (Québec méridional)

par Marion BOTTOLIER CURTET



Stage de M2

réalisé sous la direction de Martin LAVOIE & Stéphanie PELLERIN

Centre d'études nordiques
Université Laval, Pavillon Abitibi-Price
G1K 7P4 Québec (Province de Québec)
Canada



Soutenu les 13-14 juin 2007 à Montpellier

Résumé

Des analyses palynologiques et macrofossiles ont été réalisées sur les sédiments de la tourbière au sommet de la colline de Covey (Québec méridional) dans le cadre d'un programme pluridisciplinaire, lié à la conservation du patrimoine biologique original du site. Le diagramme pollinique associé à 5 datations radiocarbone a permis la reconstitution de l'histoire de la végétation régionale et de la colline depuis le Tardiglaciaire. La tourbière de Covey apparaît comme l'un des sites les plus anciens du Québec (13 440 cal. BP) : la forêt boréale et la forêt mixte s'y développent dès 12 850 et 11 600 cal. BP. Les pinèdes, peuplements arborescents originaux pour cette région, sont perçues depuis 200-250 cal. BP. L'ensemble des analyses paléoécologiques a également permis de mettre en évidence l'origine lacustre du site, et son comblement vers 9 370 cal. BP. Le développement de la tourbière de Covey ne suit pas une succession hydrosérale classique mais est colonisée rapidement par les ligneux : *Larix laricina* puis *Picea*. Le site se transforme en tourbière ombrotrophe (bog) dans la dernière phase du profil sédimentaire, sous l'influence des activités anthropiques locales. Les données obtenues mettent ainsi en évidence une période d'assèchement du site (7700-5180 cal. BP), que le contexte topographique permet de relier directement au régime des précipitations. L'étude réalisée fait ressortir l'importance des facteurs allogènes (activités anthropiques et climat) dans le fonctionnement et la dynamique de la tourbière de Covey et confirme l'existence d'une période sèche mi-Holocène jusqu'à présent controversée.

Mots clés : paléoécologie, Québec méridional, Tardi-glaciaire, processus de comblement, climat

Abstract

Pollen and macrofossil analyses were carried out on sediments of Covey peatland (southern Quebec) as part of a multidisciplinary project, related to the conservation of the original biological richness of the site. The pollen diagram, with 5 radiocarbon dates, allows reconstructing the vegetation history since the Late-Glacial period. It shows that Covey peatland is one of the oldest site of Quebec (13 440 cal. BP) and reveals the earliest records of boreal and mixed forests. The paleoecological analyses underline the past existence of a pond, which was totally filled around 9 370 cal. BP. The peatland development does not follow a classic hydrosereal succession but is directly colonized by trees: *Larix laricina*, then *Picea*. It changes into a bog during the last stage of the diagram, under the pressure of human activities. The obtained data reveal between 7700 and 5180 cal. BP a local drought, which, on the basis of the topographical context, is attributed to a precipitation decrease. This study points out the significant role of allogenic factors (human activities and climate) on the functioning and the dynamic of Covey peatland. It also confirms the occurrence of a mid-Holocene dry period, which was controverted up to now.

Key words: paleoecology, southern Quebec, Late-Glacial period, terrestrialization process, climate

SOMMAIRE

Introduction	1
Méthodes	2
<i>Région et site de l'étude</i>	2
<i>Échantillonnage des sédiments sur le terrain</i>	3
<i>Datation ¹⁴C par spectrométrie de masse par accélérateur (SMA)</i>	3
<i>Analyses polliniques</i>	3
<i>Traitement et mode de présentation des données</i>	4
Résultats	5
<i>Chronologie et sédimentologie</i>	5
<i>Pollen</i>	5
<i>Palynomorphes</i>	7
<i>Macrorestes végétaux</i>	7
Discussion.....	8
<i>Histoire post-glaciaire des peuplements ligneux régionaux et de la colline de Covey</i>	8
<i>Histoire des peuplements forestiers exceptionnels de la colline de Covey</i>	9
<i>Reconstitution du développement de la tourbière de Covey</i>	10
<i>Influence du climat sur le développement de la tourbière</i>	11
Conclusion	12
Remerciements	13
Bibliographie	13
Annexe 1 : Photos des pinèdes en périphérie de la tourbière de Covey	18
Annexe 2 : Photos des différentes parties de la tourbière de Covey	19
Annexe 3 : Protocole d'extraction du pollen d'après la méthode conventionnelle de Faegri et Iversen (1975)	20
Annexe 4 : Liste des taxons répertoriés dans les analyses polliniques et regroupements effectués pour les diagrammes des pourcentages et des influx	21
Annexe 5 : liste des taxons et noms des pièces microfossiles correspondantes retrouvées dans les analyses microfossiles.....	24

ABREVIATIONS

BP : *before present* (le « présent ayant été arbitrairement fixé à 1950)

cal. BP : Années calendaires *before present*

PA : Pollen arboréen

PNA : Pollen non arboréen

SMA : Spéctrométrie de masse par accélérateur

Introduction

Les tourbières sont des écosystèmes caractérisés par une accumulation de matière organique liée à des conditions physico-chimiques extrêmes : excès d'eau, manque d'oxygène et forte acidité. Ces particularités en font un milieu aux multiples intérêts scientifiques. Ainsi, les communautés biologiques qui s'y développent sont pour certaines exclusives à ces milieux et possèdent une importante valeur patrimoniale (Warner & Asada, 2006). De plus, les tourbières constituent un milieu d'archivage privilégié des événements passés (Chambers & Charman, 2004).

Au Québec, les tourbières couvrent entre 9 et 12% des milieux terrestres (Payette, 2001). Les études effectuées sur ce type d'écosystème sont nombreuses et la plupart ont été réalisées sur des tourbières de la partie sud du territoire. Celles-ci présentent l'intérêt d'être situées sur les premières zones libérées par l'Inlandsis Laurentidien à la fin de la dernière glaciation (Occhietti & Richard, 2003). Elles sont donc potentiellement les plus anciennes du Québec. Les premiers travaux de palynologie sur ces écosystèmes ont ainsi permis la reconstitution de l'histoire tardi- et post-glaciaire de la végétation régionale (Richard, 1978 ; 1994), dont la succession a récemment été précisée pour les basses terres du Saint Laurent (Muller & Richard, 2001). D'autres études ont porté sur le développement des tourbières, dans le but de distinguer l'influence des paramètres autogènes et allogènes (Payette, 1988 ; Lavoie *et al.*, 1995 ; Muller *et al.*, 2003a). Notamment, l'influence du climat (températures et précipitations) sur le fonctionnement des tourbières a suscité un intérêt particulier (Lavoie & Richard, 2000a, 2000b ; Muller *et al.*, 2003a, 2003b). Ces auteurs ont montré que le développement de ces milieux dans le sud du Québec reste un processus complexe où l'influence des facteurs allogènes est parfois difficilement distinguable de celle des facteurs intrinsèques à l'écosystème. De nombreuses incertitudes quant aux relations climat-tourbières persistent donc et sont accentuées par le peu de données concernant les paléoclimats au Québec.

Cette étude porte sur la tourbière de Covey, et s'intègre au programme pluridisciplinaire du Laboratoire Naturel Covey (coordination : M. Larocque, Université du Québec à Montréal ; financement : Conservation Nature Canada). Celui-ci a pour objectif de coordonner les recherches scientifiques portant sur la colline de Covey, dans un but de conservation. La colline abrite en effet plusieurs espèces de salamandres rares (*Desmognathus ochrophaeus*, *D. fucus*, *Gyrinophilus porphyriticus* et *Hemidactylium scutatum*; Bonin, 1992) qui occupent les ruisseaux.

Le premier objectif de mon travail est de caractériser le contexte paléoécologique de la zone d'étude. Pour cela, une analyse palynologique de la tourbière a été effectuée, afin de reconstituer l'histoire post-glaciaire de la végétation de la région et de la colline. Les données obtenues sont en particulier utilisées dans le but de préciser la signification paléoécologique et l'origine de peuplements arborescents originaux de *Pinus banksiana* et *P. strobus*.

Etant située en amont d'un bassin versant, la tourbière de Covey n'est alimentée que par les précipitations et est par conséquent susceptible d'avoir enregistré les variations climatiques passées. Je me suis donc attachée, dans un deuxième temps, à caractériser l'influence du climat sur le développement de la tourbière. Les implications des changements observés sont discutées en regard des reconstitutions paléoclimatiques existantes qui postulent une période de sécheresse mi-Holocène (Lavoie & Richard, 2000c ; Muller *et al.*, 2003b) et d'un travail récent basé sur des calculs de bilans hydriques qui remet en question la possibilité de bas niveaux lacustres au Québec méridional (Fortin, 2002).

Méthodes

Région et site de l'étude

La tourbière étudiée est située au sommet de la colline de Covey (-73,45 ; 45,01 ; 340 m d'altitude) au Québec méridional à 65 km au sud-ouest de Montréal (Figure 1, Tableau 1). Cette colline constitue l'extension la plus septentrionale de la chaîne des Adirondacks. Cette formation géologique ancienne, composée de roches métamorphiques, forme la limite sud du Bouclier canadien (Gauthier, 1992). La région fut recouverte par l'Inlandsis Laurentidien lors de la glaciation wisconsinienne. Le retrait glaciaire dans le secteur de la colline est estimé à 13 150-13 730 cal. BP (années étalonnées), ce qui fait de cette région l'un des premiers endroits libérés des glaces au Québec (Occhiatti & Richard, 2003). En raison de son altitude, la colline n'a été submergée par aucune des mers ou lacs post-glaciaires, en particulier la mer de Champlain dont la limite altitudinale maximale pour la région est évaluée à 165-170 m (Parent & Occhiatti, 1988, 1999). Néanmoins, elle a subi le déversement brutal du lac Iroquois (ancien lac Ontario) dans le lac Vermont (ancien lac Champlain) peu de temps après le retrait de l'inlandsis. Cet événement s'est produit sur une période de temps relativement brève et l'écoulement, caractérisé par des débits importants, a érodé les dépôts meubles, laissant le roc affleurant sur de grandes surfaces connues localement sous le nom de « Flat rocks » (Rayburn *et al.*, 2005 ; Franz *et al.*, 2002).

La colline reçoit en moyenne 1025 mm de précipitations par an et est caractérisée par une amplitude thermique annuelle importante (-30°C l'hiver et 30°C l'été ; Mésonet, 2006). La température moyenne annuelle est de 6°C. Au niveau floristique, la colline de Covey est située dans le domaine bioclimatique de l'érablière à caryer cordiforme (Grandtner, 1966 ; Richard, 1987). Il s'agit du plus petit domaine bioclimatique du Québec mais il comporte la plus grande diversité végétale (1600 espèces vasculaires dont 124 en limite nord de répartition) et l'ensemble des espèces arborescentes présentes sur le territoire (49 espèces). Les peuplements ligneux, de nature décidue tempérée nordique, sont dominés par l'érable à sucre (*Acer saccharum*), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) et le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*) (Bouchard & Maycock, 1978). Ils se distinguent des autres érablières (érablière à tilleul et érablière à bouleau jaune) par l'importante représentation des espèces thermophiles, dont plusieurs sont exclusives ou presque au domaine de l'érablière à caryer, notamment le caryer cordiforme (*Carya cordiformis*) et le caryer ovale (*C. ovata*). En raison de l'importante pression anthropique, les forêts de la région sont très morcelées. Les plaines ceinturant la colline sont majoritairement occupées par des exploitations agricoles, dont de nombreux vergers. Les coupes forestières ont cependant été peu nombreuses sur la colline qui est essentiellement boisée, surtout à son sommet où certains peuplements actuels étaient présents lors de l'arrivée des premiers colons européens. Ces derniers comportent des formations matures de pruches (*Tsuga canadensis*) et des Pinèdes de pins rouges (*Pinus resinosa*), gris (*Pinus banksiana*) et blancs (*Pinus strobus*) (Annexe 1).

La tourbière étudiée est une tourbière ombrotrophe développée sur un roc imperméable à l'écoulement vertical de l'eau (Larocque *et al.*, 2006). De part sa position sommitale en tête de bassin versant, elle est alimentée presque exclusivement par les précipitations. La tourbière couvre une superficie d'environ 70 ha et se divise en deux bassins (Figure 2). Le bassin ouest (Annexe 2c) présente une épaisseur de tourbe inférieure à 2 m, une microtopographie de buttes et de dépressions et un affleurement de la nappe phréatique en surface. Dans cette partie minérotrophe se

développe un marécage à *Alnus incana* ssp. *rugosa*, *Betula populifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Nemopanthus mucronata*, *Larix laricina*, *Salix pyrifolia*, *Vaccinium angustifolium* et *Sphagnum fallax*. Un ruisseau à l'extrémité nord-ouest constitue un premier exutoire et débouche dans un lac artificiel de petite taille. Le bassin est, de plus grande taille, est caractérisé par une épaisseur de tourbe plus importante (jusqu'à 350 cm) et une microtopographie plus marquée (buttes de 40-50 cm de haut, Annexe 2a.b.). La zone la plus élevée de la tourbière y est située et supporte une végétation ombrotrophe à *Chamaedaphne calyculata* et *Sphagnum rubellum*. Elle est caractérisée par la présence de *Kalmia angustifolia*, *K. polifolia*, *Eriophorum vaginatum* ssp. *Spissum* et *Poliitrichum strictum* sur les buttes, alors que *Sphagnum fallax* et certaines espèces plus minérotrophes (*Sarracenia purpurea*, *Calla palustris*) colonisent les dépressions (Lagneau, 2006). La pointe du bassin est se termine par un deuxième exutoire, un ruisseau aboutissant au lac Blueberry situé en contrebas du site. Les deux bassins sont séparés par un banc rocheux où l'accumulation de tourbe est inférieure à 50 cm. Des mares parsèment le complexe tourbeux dont la périphérie est occupée par une zone plus humide, le lagg. Celui-ci présente des caractéristiques minérotrophes pauvres et est dominé par une communauté arbustive hygrophile : *Alnus incana* et *Acer rubrum* accompagnés principalement de *Calla palustris*, *Iris versicolor* et *Sphagnum fallax*. Au total 56 espèces végétales, dont 14 non-vasculaires sont présentes sur la tourbière dont la moitié est protégée par l'organisme Conservation de la Nature Canada.

Échantillonnage des sédiments sur le terrain

Un profil sédimentaire de 350 cm a été prélevé le 23 mai 2006, dans la section la plus profonde de la tourbière à l'aide d'un carottier Box (de 0 à 108 cm de profondeur) et d'un carottier Russe (de 100 à 350 cm de profondeur) (Jowsey, 1966). L'emplacement du site d'échantillonnage (Figure 2) a été choisi d'après les données de 400 sondages de mesure d'épaisseur de tourbe (Lagneau, 2006). Les sédiments ont été enveloppés dans du papier cellophane et du papier d'aluminium pour leur transport au laboratoire. Au laboratoire, les carottes ont été nettoyées, découpées en tronçons de 1 cm d'épaisseur et conservées en chambre froide (5°C).

Datation ^{14}C par spectrométrie de masse par accélérateur (SMA)

Cinq échantillons sédimentaires d'un volume de 1 cm³ ont été soumis pour datation par spectrométrie de masse par accélérateur (SMA) au Laboratoire de radiochronologie du Centre d'études nordiques (CEN) de l'Université Laval (Tableau 2). Les âges obtenus en années conventionnelles ont été étalonnés à l'aide du logiciel Calib 5.01 (Stuiver & Reimer, 1993). Les résultats dans le texte sont présentés en années calendaires, notée cal. BP (*before present*, le « présent » étant fixé à 1950).

Analyses polliniques

Des échantillons sédimentaires d'un volume de 1 ou 2 cm³ ont été prélevés dans les tronçons du profil tous les 8 cm à l'aide d'un emporte-pièce. Un volume connu d'une suspension de pollen d'*Eucalyptus globulus* dont la concentration a été préalablement déterminée a été ajouté à chacun d'entre eux afin de calculer les concentrations polliniques (grains cm⁻³) et les influx polliniques (grains cm⁻² an⁻¹) (méthode des marqueurs exotiques, Jorgensen, 1967; Stockmarr, 1971). Les échantillons ont ensuite

été soumis à un traitement chimique selon la méthode de Faegri et Iversen (1975) (Annexe 3) pour l'extraction des grains de pollen, des spores et des autres palynomorphes. À la suite de ce traitement, l'échantillon est réduit à un culot conservé dans de la glycérine. Après homogénéisation, une goutte a été prélevée et montée entre lame et lamelle. Les lames ont été analysées sous microscope optique (grossissement de 400×). La collection de référence du CEN et différents atlas polliniques (Basset *et al.* 1978 ; McAndrews *et al.*, 1973 ; Reille, 1995-1999 ; Richard, 1970) ont été utilisés pour valider les identifications des grains de pollen et des spores. Afin d'assurer la valeur statistique des analyses, un minimum de 500 grains de pollen de plantes vasculaires terricoles a été compté (somme pollinique), excepté pour les niveaux 320, 328, 336, 344 et 347 cm pour lesquels ce minimum a été ramené à 300 en raison de la faible concentration pollinique.

Les analyses ont d'abord été réalisées à des intervalles réguliers de 8 cm pour l'ensemble du profil. Cette résolution a ensuite été augmentée à 4 cm entre les niveaux 60 et 148 cm afin de préciser l'enregistrement de la végétation pendant une période présentant un taux d'accumulation sédimentaire très lent. Au total, 57 niveaux ont été analysés.

La mesure du diamètre équatorial des grains de pollen de *Betula* a été effectuée entre les niveaux 288 et 347 cm, afin de distinguer le pollen des bouleaux arborescents de celui des bouleaux arbustifs (Richard, 1970). Une identification et un comptage d'autres palynomorphes (nommés ainsi dans la suite du texte) préservés dans les lames polliniques (thécamoebiens et algues microscopiques principalement) ont également été réalisés (Garneau, 1993; Smol, 1990; Verne, 1989; Warner, 1990).

Traitement et mode de présentation des données

Les résultats des analyses micro- et macrofossiles sont présentés sous la forme de diagrammes construits à l'aide du programme informatique Palaeo Data Plotter version 1.0 (Juggins, 2002).

Diagrammes polliniques. Un premier diagramme présente les proportions des différents taxons exprimées en pourcentage de la somme pollinique (Berglund & Ralska-Jasiewiczowa, 1986). Dans le but de simplifier la lecture du diagramme, les taxons dont les occurrences sont sporadiques ont été regroupés (Annexe 4). Un diagramme des influx polliniques (grains cm⁻² an) a également été réalisé. Les diagrammes ont été subdivisés visuellement en zones d'assemblages polliniques en regroupant les spectres polliniques les plus semblables (Birks & Gordan, 1985) et sur la base des stades successifs de la dynamique post-glaciaire de la végétation (Muller & Richard, 2001).

Les données concernant les diamètres équatoriaux des grains de pollen de *Betula* sont présentées sous la forme d'histogrammes de fréquence.

Diagramme des thécamoebiens et des algues microscopiques. Un diagramme de concentrations (nb cm⁻³) des autres palynomorphes a été construit. L'interprétation de ces données, utile pour retracer les conditions d'humidité locales de la tourbe (Tolonen, 1986), a néanmoins été limitée par le fait que les analyses ont été effectuées sur les mêmes préparations microscopiques que celles utilisées pour l'analyse pollinique. En effet, les traitements chimiques employés pour l'extraction du pollen peuvent endommager ou détruire les tests de certaines espèces, notamment les tests siliceux qui sont dissous par l'acide fluorhydrique (Hendon & Charman, 1997)

Diagramme des macrorestes végétaux. Des données supplémentaires concernant l'histoire de la flore locale ont été obtenues par l'analyse des macrorestes végétaux, réalisée sur la même carotte sédimentaire que celle étudiée pour le pollen, par une étudiante du Département de Géographie de l'Université Laval. Les analyses macrofossiles ont été réalisées tous les 4 cm après la défloculation (au KOH 10 %) et le tamisage (425, 250 μm) d'un volume sédimentaire de 50 cm^3 (seul le tamis avec un maillage de 425 μm a été analysé). Les données obtenues ont permis la réalisation d'un diagramme simplifié des influx (grains 50 cm^{-2} an), apportant des informations sur la flore locale (Annexe 5).

Résultats

Chronologie et sédimentologie

Les âges obtenus et la nature du matériel daté sont présentés Tableau 2. La date effectuée pour le niveau 50-51 cm a été rejetée car elle n'entre pas dans la résolution possible de la technique des datations radiocarbone pour les sédiments modernes qui est d'une centaine d'années avant l'actuel. Les cinq dates retenues ainsi que l'augmentation du pollen d'*Ambrosia* liée à la déforestation anthropique entre 250 et 200 ans cal. BP (événement synchrone pour le sud du Québec) ont permis la réalisation d'un modèle âge-profondeur par interpolation linéaire lissée (Figure 3). Celui-ci a été modifié entre 150 et 100 cm de profondeur sur la base des concentrations polliniques (Middeldorp, 1982). La date la plus ancienne (12 265-12 375 BP à la profondeur 300 cm) indique que le début de l'accumulation des sédiments a eu lieu pendant le Tardi-glaciaire et est estimée à 13 440 BP par extrapolation linéaire. Les sédiments pour cette période correspondent à une gyttja silteuse. Ces derniers ainsi que le modèle d'âge mettent en évidence un ralentissement important de l'accumulation entre 98 et 114 cm de profondeur. Ce changement brutal n'apparaît toutefois pas dans la stratigraphie qui montre une tourbe d'herbacées et/ou une tourbe de bois homogène pour cette période.

Pollen

Au total, 86 taxons ont été identifiés. Afin de simplifier la lecture des diagrammes, seuls 33 taxons sont représentés. Les zones (P1 à P7) correspondent aux stades successifs de la dynamique post-glaciaire de la végétation.

La zone P1 (350-316 cm de profondeur, Figure 5), à la base du diagramme, correspond à un stade de toundra arbustive. Celui-ci est caractérisé par de faibles concentrations polliniques avec une dominance des herbacées représentées notamment par des taxons arctiques-alpins (*Artemisia* et *Saxifraga*), des Poaceae et des Cyperaceae. Les arbustes sont représentés par *Alnus*, *Salix*, et les bouleaux arbustifs (Figure 4). Le diagramme des influx polliniques (Figure 6) montre également un apport non négligeable du pollen des Caryophyllaceae et des Asteroideae.

La zone P2 (316-284 cm, Figure 5) représente la constitution des premiers boisements régionaux sous la forme d'une forêt boréale. Elle se traduit par l'augmentation du pollen arboréen et des concentrations polliniques. Ces premières forêts ouvertes étaient composées essentiellement de *Picea* et de *Populus* type *tremuloides*, associés aux bouleaux arborescents (Figure 4). Le diagramme des influx indique un apport important de spores monolètes de fougères et des Lycopodiaceae. Le caractère ouvert des forêts permettait une présence encore relativement importante

de certains arbustes (*Alnus*, *Salix*) et herbes (Cyperaceae, *Artemisia*, Asteroideae). A l'échelle locale, on note une augmentation de la représentation des plantes aquatiques (principalement *Potamogeton/Triglochin*) au milieu de la zone.

La zone P3 (284-228 cm, Figure 5) marque au niveau régional le début des stades forestiers par l'installation d'une forêt mixte (pollen arboréen (PA) > 90 %, augmentation des CP). Celle-ci est caractérisée par un enregistrement faible mais continu d'*Abies balsamea*, de *Betula* et par une augmentation de *Pinus strobus*. Un accroissement des pourcentages de *Quercus* et de *Larix* est également perceptible et l'augmentation des apports polliniques de ces taxons est bien visible dans le diagramme des influx (Figure 6). Au niveau local, la flore est dominée par les Cyperaceae et les plantes aquatiques.

La zone P4 (228-114 cm, Figure 5) correspond au premier stade de forêt décidue, dominée par *Acer* type *saccharum*, enregistré de manière faible mais suffisante pour dévoiler son installation au niveau régional (Richard, 1976). Il est associé à *Quercus* et *Abies*. Enregistré de manière sporadique auparavant, les pourcentages et les influx de la pruche (*Tsuga canadensis*) augmentent à partir de 172 cm de profondeur. Les pourcentages importants du pin blanc sont liés à sa forte production pollinique et témoignent de sa présence comme espèce secondaire. Sur la tourbière, bien que les Cyperaceae soient les seules à présenter un enregistrement supérieur à 1 % et continu, le diagramme des influx indique la présence de plantes aquatiques, du mélèze, des Poaceae et de quelques autres herbacées (*Artemisia*, Caryophyllaceae, Asteroideae), ainsi qu'une apparition des spores de *Sphagnum* vers 188 cm.

La zone P5 (114-98 cm, Figure 5) présente les caractéristiques de l'érablière dominée par la pruche, avec un maximum d'enregistrement de cette espèce, associé à une diminution des pourcentages de *Pinus strobus*. Cette zone est très réduite et se distingue par une augmentation forte et soudaine des concentrations polliniques, alors que les influx sont peu élevés. La fin de cette zone est marquée par le déclin brutal de *Tsuga canadensis* dans le nord-est des États-Unis (Bennett & Fuller, 2002) et au sud du Québec (e.g. Muller & Richard, 2001). Cet événement, considéré comme synchrone dans ces régions est attribué à un insecte défoliateur (Bhiry & Filion, 1996) et/ou à un climat plus sec (Foster et al., 2006). Au niveau local, les herbacées ne sont que très faiblement perçues.

La zone P6 (98-52 cm, Figure 5) est caractérisée par des pourcentages élevés des taxons ayant profité du déclin de la pruche (*Acer* type *saccharum*, *Fagus grandifolia* et *Betula*) et formant l'érablière à hêtre. Une augmentation des arbres thermophiles est également enregistrée et bien marquée dans le diagramme des influx (Figure 6). La végétation de la tourbière est principalement représentée par les Cyperaceae et *Sphagnum*, dont les spores sont perçues de manière continue, ainsi que par un peuplement arbustif (notamment *Alnus*, *Nemopanthus /Ilex* et *Viburnum* type *cassinoides* Figure 5 et 6).

La dernière zone (P7 ; 52 cm jusqu'à la surface de la tourbière, Figure 5) montre d'importants changements dans la végétation provoqués par la déforestation massive de la région par les colons européens entre 250 et 200 cal. BP. La disparition d'une grande partie du couvert forestier (PA < 80 %) est associée à une forte diminution de la concentration pollinique ($\sim 11\,000$ grains cm^{-3}) et des influx (Figure 6). Cette ouverture du paysage profite aux herbacées et en particulier aux taxons liés aux activités anthropiques : *Ambrosia*, type *Rumex*, *Plantago* et *Cerealia* (Behre, 1981). Une augmentation des pourcentages de *Pinus banksiana* et *P. strobus* est aussi observée.

Au niveau local, la tourbière semble dominée par les Ericaceae et *Sphagnum* associés à *Alnus* et *Acer rubrum*.

Palynomorphes

Un total de 10 taxons de thécamoebiens et 4 taxons d'algues microscopiques a été identifié, le plus souvent à l'espèce. D'autres palynomorphes ont également été dénombrés : *Habrotricha angusticollis* (rotifère), des capsules d'œufs de vers plats de l'Ordre des Neorhabdoceles, des spermatophores de Copépodes, des spinules (feuilles épineuses) de *Ceratophyllum demersum* (plante aquatique) et des sclérides (cellules étoilées très lignifiées) de Nympheaceae.

La zone R1 du diagramme (Figure 7) se distingue par la présence abondante d'algues des genres *Pediastrum* et *Botryococcus*, dominée par *P. boryanum*, qui ne sont plus retrouvées dans la suite du profil et qui indiquent la présence d'eau libre pour cette période. D'autres palynomorphes sont exclusifs à la zone R1 : les spinules de *Ceratophyllum demersum* et les sclérides de Nympheaceae (plantes vasculaires aquatiques) qui n'apparaissent qu'à la fin de la zone. La zone R2 est pauvre en palynomorphes : seuls des capsules d'œufs de Neorhabdocele et des spermatophores de Copépodes, indicateurs d'une nappe phréatique affleurant à la surface (Haas, 1996), y sont retrouvés. La zone R3 marque l'apparition des premiers thécamoebiens (*Amphitrema flavum*, *Assulina muscorum* et *A. seminulum*), indicateurs de conditions de tourbière humide, tout comme *Habrotricha angusticollis* qui n'est retrouvé que dans cette zone (Tolonen *et al.*, 1992). La zone R4 (106-74 cm) se distingue par l'absence totale de palynomorphes liés à la présence d'eau et témoigne donc d'un assèchement du site. Seuls les capsules d'œufs de Neorhabdocele et les spermatophores de Copépodes sont enregistrés dans la zone R5 (74-52 cm). La dernière zone (R6) est la plus riche en thécamoebiens, dont les plus abondants sont *Hyalosphenia subflava* et *Trigonopyxis arcula*, associés à des conditions plus sèches et communément retrouvés dans les tourbières drainées artificiellement (Tolonen *et al.*, 1992) et *Assulina muscorum*, *Hyalosphenia elegans*.

Macrorestes végétaux

Un total de 15 taxons végétaux a été identifié dans les assemblages macrofossiles.

Le diagramme (Figure 8) a été subdivisé en 5 zones principales qui correspondent aux zones établies pour les palynomorphes. La zone M1 (350-214 cm) est celle qui présente le plus grand nombre de pièces fossiles de plantes aquatiques (principalement des graines de *Potamogeton* et de *Najas flexilis*) indiquant l'existence d'eau libre. Elle comporte deux sous-zones. La sous-zone M1a se distingue de la sous-zone M1b par la présence d'oospores de *Chara*, algues pionnières caractéristiques de conditions alcalines (l. Soulié-Märsche, com. pers.), et par un nombre élevé d'invertébrés aquatiques (bryozoaires des conditions alcalines et crustacés; Okland & Okland, 2000). La zone M2 (214-146 cm) est caractérisée par une disparition presque totale des plantes aquatiques et par l'abondance des restes de *Larix laricina*. Une augmentation ponctuelle d'*Alnus* et de *Sphagnum* est observée au milieu de la zone (180 cm). Très peu de taxons ont été identifiés dans la zone M3 (146-134 cm) : des aiguilles de *Picea* sont retrouvées avec un maximum au début de la zone ainsi que des graines et des fragments de feuilles d'*Andromeda glaucophylla*, qui représente le stade le plus humide de la succession des Ericaceae (Marie-Victorin, 1995) avec un maximum à 124 cm de profondeur. La zone M4 se distingue par

l'absence de macrofossiles, alors que l'enregistrement de *Picea* reprend dans la zone M5 où sont également retrouvés quelques charbons et des sclérotites de *Cenococcum graniforme*, champignon mycorhizien particulièrement abondant en milieu sec dans les tourbières (Hudson, 1986). La zone M6 correspond au sommet du profil. Elle est caractérisée à son début par un pic de charbons simultanément à la disparition des restes de *Picea*, et à l'apparition des Cyperaceae, d'*Eriophorum* et de *Sphagnum*. Immédiatement après l'augmentation des charbons sont retrouvés en quantités importantes des restes de *Betula* et Betulaceae, de *Chamaedaphne calyculata*, de *Kalmia* et des mousses brunes. À la fin de la zone ont été identifiés des pièces de *Chamaedaphne calyculata*, de *Sphagnum* et d'*Andromeda glaucophylla*,

Discussion

Histoire post-glaciaire des peuplements ligneux régionaux et de la colline de Covey

Le diagramme pollinique de la tourbière de Covey (Figure 5) montre un enregistrement de la végétation post-glaciaire similaire à ceux observés et décrits précédemment pour d'autres sites du domaine bioclimatique de l'Érablière à caryer cordiforme et au sud du Québec (Figure 9 ; Richard, 1978 ; Muller & Richard, 2001). L'estimation de l'âge du début de l'accumulation sédimentaire obtenue par extrapolation (13 440 cal. BP) place ce site comme l'un des plus anciens connu à ce jour au Québec méridional avec le Mont Shefford dans les Appalaches et le lac Yamaska (Richard, 1978 ; Muller & Richard, 2001). Néanmoins, le stade de toundra arbustive observé à la base (13 440-12 770 cal. BP) n'est pas précédé par un désert périglaciaire et/ou une toundra herbacée comme c'est le cas de ces sites. Cette possible absence d'une partie de la succession végétale liée à un climat périglaciaire pourrait laisser supposer que l'accumulation sédimentaire sur la colline de Covey n'a pas débuté immédiatement après le retrait de l'inlandsis, ou que les sédiments correspondants à cette période ont été érodés par le déversement du lac Iroquois dans le lac Vermont (Rayburn et al., 2005).

Les stades suivants de la succession végétale enregistrés sur la colline sont constitués par une forêt boréale ouverte (afforestation) dominé par l'épinette et le peuplier, et une forêt mixte plus dense (fermeture des forêts). Datés à 12 850 et 11 600 cal. BP respectivement, soit entre 600 et 400 ans plus tôt qu'au Mont Shefford et au lac aux Atocas et 600 à 850 ans plus tôt qu'au lac Yamaska, ils apparaissent comme les plus anciens enregistrements de ces formations au Québec. Cette précocité par rapport aux autres sites du Québec méridional confirme le patron de migration sud-nord contrôlé par le retrait de l'inlandsis et par la mer de Champlain décrit par Muller et Richard (2001). À l'inverse, l'érablière à chêne (stade *Acer-Quercus*) apparaît au même moment qu'au lac aux Atocas, l'érablière à pruche (*Acer-Tsuga*) se développe plus tard qu'au lac Bromont, et le développement de l'érablière à hêtre (*Acer-Fagus*) est synchrone avec l'ensemble des autres sites (Richard, 1978 ; Muller & Richard, 2001). Cette absence de patron de migration clair entre les différents sites pour la constitution des forêts décidues et l'enregistrement de *Quercus*, *Tsuga* et *Fagus* avant leur stade de dominance confirme un processus de changement d'espèces dominantes parmi des taxons déjà présents dans la végétation (Muller & Richard, 2001). Le dernier stade a été initié artificiellement par la déforestation anthropique et est commun à l'ensemble de la région. Les changements dans les pourcentages polliniques traduisent le développement agricole de l'époque qui a abouti à la mise en culture d'environ 70% des terres, reléguant la forêt à l'état de parcelles résiduelles

situées sur des sols non arables ou sur des petites propriétés privées (Simard & Bouchard). Les îlots boisés non ou peu perturbés par l'Homme sont aujourd'hui très rares dans le domaine bioclimatique de l'Érablière à caryer cordiforme (Brisson *et al.*, 1992).

Histoire des peuplements forestiers exceptionnels de la colline de Covey

A l'inverse des pourcentages de *Pinus* type *banksiana* et de *Picea* dans la première zone pollinique (P1, Figure 5), qui correspondent à un apport lointain (Janssen, 1966 ; Richard, 1976), l'augmentation des pourcentages de *Pinus* type *banksiana* observée dans la dernière zone (P7, Figure 5) est originale. En effet, une telle tendance pour ce taxon n'est observée que pour un seul autre site de la région, soit au lac Yamaska (Muller & Richard, 2001). Des études ont montré que les pins, notamment le pin blanc, dont le bois possède une importante valeur économique, ont été les premières essences forestières à être exploitées allant jusqu'à l'épuisement de cette ressource (Bouchard *et al.*, 1989 ; Simard & Bouchard, 1996). Ainsi, bien que les pins soient des espèces reconnues pour leur grande production de pollen et leur surreprésentation dans les diagrammes polliniques (Richard, 1976), leur répartition actuelle, sous forme de petits îlots cantonnés aux stations xériques (Meilleur *et al.*, 1994), n'autorise qu'un enregistrement local dans le diagramme pollinique. D'après les données concernant cette répartition actuelle au Québec méridional, l'enregistrement pollinique de *Pinus* type *banksiana* au lac Yamaska peut être imputé à *Pinus resinosa* (Maycock, 1961 ; Bouchard & Maycock, 1978). A l'inverse, dans le diagramme pollinique de la tourbière de Covey, cette augmentation reflète probablement la présence des pinèdes à *Pinus banksiana* que l'on peut observer autour de la tourbière (Annexe 1a.). Leur installation pourrait être antérieure à cette époque et avoir été facilitée par la présence de conditions écologiques particulières favorables à cette espèce : un sol peu épais, sec et acide, reposant sur le pavement rocheux affleurant à plusieurs endroits (Meilleur *et al.*, 1994). Néanmoins, la confirmation de cette hypothèse reste impossible avec les données actuelles, l'absence de macrorestes de pin dans la carotte étudiée pouvant être due à la distance trop grande entre le point de carottage et les peuplements ou à leur mauvaise conservation dans les sédiments. L'analyse macrofossile d'un monolithe de tourbe récolté à la marge de la tourbière au contact des peuplements devrait permettre de vérifier cette hypothèse. Plus récemment, le développement et le maintien des peuplements de pins ceinturant la tourbière pourraient avoir été favorisés par des feux locaux liés aux activités anthropiques (augmentation du nombre de macrocharbons dans les sédiments de la zone P7). Le feu est en effet une perturbation indispensable à la régénération de cette espèce dont les cônes sont sérotineux (Annexe 1b ; Radeloff *et al.*, 2004).

Bien qu'une augmentation des pourcentages de *Pinus strobus* soit également notée pour la même période, sa signification locale reste plus difficile à établir. En effet, un tel assemblage pollinique pour la période moderne est courant dans les diagrammes de la région (Muller & Richard, 2001). De plus, bien qu'ayant fortement subi les déboisement des 18^{ème} et 19^{ème} siècles, le pin blanc reste l'espèce de pin la plus répandue au Québec méridional (Bouchard & Maycock, 1978) Néanmoins, sa présence autour de la tourbière, en formations et conditions écologiques similaires à celles de *Pinus banksiana* (Annexe 1c), laisse supposer une signification locale de l'enregistrement pollinique pour cette période.

Reconstitution du développement de la tourbière de Covey

L'existence passée d'un plan d'eau libre, permanente et initialement de nature alcaline est attestée durant la première phase du profil par l'enregistrement de taxons aquatiques (algues, plantes vasculaires et invertébrés aquatiques ; Figures 5, 7 et 8). La faible profondeur potentielle du bassin (plancher rocheux à 3 m ; Lagneau, 2006) et l'absence de véritables sédiments lacustres à la base du profil laisse supposer la constitution d'une mare ou d'un étang bordé d'une végétation hygrophile. La présence d'une tourbe herbacée, la colonisation du milieu par des lantes aquatiques (*Ceratophyllum demersum* et Nymphéaceae) et la diminution des algues et des invertébrés aquatiques à la fin des zones R1 et M1 (Figures 7 et 8) suggèrent la fermeture de ce plan d'eau vers 9 370 cal. BP. De manière surprenante, ce premier stade de mare en comblement n'est pas suivi de la formation d'un fen riche et ouvert correspondant à une succession hydrosérale classique (Campbell & Rochefort, 2001). La présence de graines et d'aiguilles de *Larix laricina* dès 8 890 cal. BP, associée à un influx pollinique important de cette espèce semblent plutôt indiquer le développement rapide d'un boisement de mélèze, associé à *Alnus* et *Andromeda* (Figure 8). Malgré la présence de *Neorhabdoceola* et de Copépodes, l'existence d'un tel boisement suppose un assèchement rapide des points d'eau libre. Le carottage ayant été effectué à l'endroit où la dalle rocheuse est la plus basse (bassin le plus grand et le plus profond, Lagneau, 2006), la probabilité qu'un endroit plus humide ait persisté ailleurs sur le site est faible. Ainsi, bien que les résultats des analyses macrofossiles ne portent que sur la végétation dans un rayon de 20 m au plus du point de d'échantillonnage, le boisement de mélèze devait sans doute s'étendre sur l'ensemble de la tourbière. Cette constatation est étonnante car ce type de formation est en général retrouvée sur les marges des tourbières ou dans les zones les moins profondes (Lavoie & Richard, 2000a, 200b ; Muller *et al.*, 2003b) et sa généralisation à l'ensemble du site en suppose l'assèchement modéré mais global. Bien que cet assèchement n'ait pas stoppé l'accumulation de tourbe, il a été peu favorable au développement des communautés végétales minérotrophes caractéristiques d'un stade de fen riche: *Carex* sp., *Eriophorum* sp., *Menyanthes trifoliata* (Campbell & Rochefort, 2001, Muller *et al.*, 2003b) ; qui sont presque totalement absentes des spectres polliniques et macrofossiles. La zone M3 (Figure 8) semble indiquer le remplacement du boisement de mélèze par un boisement de *Picea*. Néanmoins, l'existence de conditions humides indiquées par la présence de thécamoebiens, d'*Habrotrocha angusticollis* et d'*Andromeda glaucophylla* (Figure 7), suggèrent une formation moins dense que la précédente, probablement en mosaïque. Les zones R4 et M4 (Figures 7 et 8) sont associées à un taux d'accumulation sédimentaire très lent (Figure 3). Un tel ralentissement de la sédimentation dans ce type de milieu ne peut être dû qu'à un assèchement du site et à une décomposition accrue de la tourbe, et est en accord avec l'absence de macrofossiles et de palynomorphes dans les sédiments pour la même période. Le retour à des conditions plus humides semble se faire vers 920 cal. BP, comme l'indique principalement l'enregistrement de spermatophores de Copépodes (Figure 7). Cette humidité de surface reste cependant relative puisqu'elle ne semble pas empêcher le développement local de l'épinette. De plus, un assèchement ponctuel est probablement provoqué par le passage de feux, et profite à *Cenococcum graniforme* (Figure 7). Les dernières zones (R6 et M6, Figures 7 et 8), qui recourent la zone P7 (Figure 5), sont directement liées à des activités anthropiques. L'évidence de ces dernières est apportée par les traces de canaux de drainage et de parcellaire sur la tourbière (Figure 2) et par l'enregistrement de *Hyalosphenia subflava*

et *Trigonopyxis arcula* (Figure 7). La récurrence des feux (Figure 8) pourrait également être liée à l'homme. Ces feux ont provoqué la disparition du peuplement de *Picea* présent sur la tourbière, au profit de communautés végétales ombrotrophes : *Chamaedaphne calyculata*, *Kalmia* et *Sphagnum* qui dominent toujours la tourbière, *Eriophorum*, les Cyperaceae et les mousses brunes comme espèces secondaires, et *Betula* et *Alnus* qui sont encore présents dans les laggs.

Influence du climat sur le développement de la tourbière

Le taux d'accumulation sédimentaire très lent entre 7800 et 4770 cal. BP (0,005 cm an⁻¹, Figure 3) associé à une augmentation importante des concentrations polliniques (jusque 2 123 200 grains cm⁻³, Figure 5) et à de faibles influx polliniques (Figure 6) suggèrent un assèchement de la tourbière. Cette interprétation est corroborée par l'absence de restes macrofossiles et de palynomorphes indicateurs d'humidité de surface, et par le développement d'un boisement de *Picea* sur le site (Figures 7 et 8). L'existence d'une période climatique plus sèche au milieu de l'Holocène est bien documentée pour le nord-est de l'Amérique du nord par l'étude du développement des tourbières (Campbell *et al.*, 1997), des niveaux lacustres (Yu *et al.*, 1996; 1997; Almquist *et al.*, 2001; Shuman *et al.*, 2001; Diffenbacher-Krall & Nurse, 2005) et par des reconstitutions quantitatives du climat à l'aide des analogues modernes (Davis *et al.*, 2000 ; Muller *et al.*, 2003b). Le déclin brutal de la pruche, estimé à 5500 cal. BP et attribué à un insecte défoliateur (Bhiry & Fillon, 1996) a été récemment relié à un épisode de sécheresse prononcée (Haas & McAndrews, 2000 ; Foster *et al.*, 2006). En revanche, peu d'informations sont disponibles pour le sud du Québec. Les travaux réalisés sur le développement des tourbières soulèvent le problème de la discrimination entre l'influence des facteurs allogènes (dont le climat) et autogènes sur les changements observés (Lavoie & Richard, 2000a , 2000b ; Muller *et al.*, 2003a). L'étude de la fréquence des feux n'indique qu'une sécheresse hivernale (Carcaillet & Richard, 1999) La méthode des analogues modernes employée au lac Hertel révèle une période de faibles précipitations mais légèrement antérieure à la période considérée: 10 000 à 7000 cal. BP (Muller *et al.*, 2003). Les reconstitutions des changements du niveau d'eau de deux lacs du sud du Québec (Lavoie & Richard, 2000c; Muller *et al.*, 2003), bien qu'indiquant une période plus sèche pendant l'Holocène moyen, ont été remis en question par Fortin (2002). Ce dernier, se basant sur des calculs de bilan hydrique, suggère que les précipitations, en particulier neigeuses, auraient été suffisantes pour compenser l'évaporation, rejetant ainsi la possibilité de bas niveaux d'eau pour le sud du Québec pour le milieu de l'Holocène. L'enregistrement à la tourbière de Covey d'un important assèchement apporte de nouveaux éléments appuyant l'hypothèse d'un climat plus sec. En effet le site de Covey étant strictement tributaire des précipitations et de l'aquifère pour les apports en eau dans la tourbière (hydrogéologue, com. pers.), l'existence d'une telle période d'assèchement suggère une diminution des précipitations associée ou non à une augmentation des températures pour cette époque. De la même manière que pour le reste du nord-est de l'Amérique du nord, et bien que les données dont nous disposons soient uniquement qualitatives, on peut supposer la répercussion d'une telle période de sécheresse sur les niveaux lacustres. On peut ainsi émettre l'hypothèse que les calculs de bilans hydriques de Fortin (2002) négligent ou sous-estiment certains paramètres de sorties d'eau tel que l'infiltration.

Conclusion

L'analyse pollinique de la tourbière de Covey, initiée dans le cadre d'un projet de biologie de la conservation, a permis d'apporter des précisions sur l'histoire post-glaciaire de la végétation dans le domaine bioclimatique de l'érablière à caryer et plus précisément sur la colline de Covey. Les stades successifs observés vont de la toundra, développée après le retrait de l'inlandsis wisconsinien (13 440 cal. BP), vers une afforestation progressive de la région, jusqu'aux stades de forêts décidues, dégradées par l'homme dans la période moderne. La déglaciation précoce de la colline de Covey, et sa situation méridionale ont permis les enregistrements les plus anciens connus à ce jour de la forêt boréale et de la forêt mixte (12 850 et 11 600 cal. BP respectivement). Cette chronologie, en relation avec les autres diagrammes polliniques de la région, confirme le patron de migration mis en évidence par Muller & Richard (2001). Les peuplements forestiers exceptionnels (pinèdes), situés, au sommet de la colline, et en particulier en périphérie de la tourbière, ont été détectés dans l'enregistrement pollinique pour la période moderne. Néanmoins, les données obtenues ne permettent pas l'identification de la période de formation de ces peuplements.

A l'échelle locale, le développement de la tourbière a pu être reconstitué de manière précise grâce à la complémentarité des données polliniques, macrofossiles et des palynomorphes. Ces dernières montrent une initiation de la tourbière par le comblement d'une mare vers 9 370 cal. BP. Le développement d'un boisement de *Larix laricina* puis de *Picea*, rapidement après la fermeture de la mare, mettent en évidence un assèchement du site. Les activités humaines et l'exploitation du site, dans la dernière période d'enregistrement (depuis 200-250 cal. BP), ont influencé la dynamique de la tourbière et permis sa transformation en bog (stade ombrotrophe) qui est en réalité artificiel et correspond à un stade perturbé. Celui-ci montre la forte influence des facteurs anthropiques. Le déterminisme du développement de la tourbière apparaît donc avoir principalement été allogène. Enfin, la position géographique et topographique particulière du site et les indices d'un assèchement prononcé de la tourbière entre 7800 et 4770 cal. BP, ont confirmé l'influence du climat sur son développement et l'existence d'une période de sécheresse prolongée dans le temps. Cette information apporte de nouvelles données concernant le climat à l'Holocène au Québec méridional qui confirment les bas niveaux lacustres observés par Lavoie & Richard (2000c) et Muller *et al.* (2003) et remettent en question l'étude de Fortin (2002).

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Stéphanie Pellerin qui m'a permis de réaliser ce voyage d'étude au Québec.

Je remercie également Martin Lavoie pour m'avoir accueilli dans le laboratoire de palynologie du Centre d'Études Nordiques. Je lui suis reconnaissante d'avoir su partager avec moi les mystères des pollen québécois et d'avoir patiemment relu mon travail.

Plusieurs personnes ont également contribué de prêt ou de loin à ce travail :

Merci à Elizabeth Robert pour sa gentillesse et pour avoir toujours répondu dans la bonne humeur à mes nombreuses questions lors des analyses en laboratoire.

Merci à l'équipe du CEN pour son accueil, et en particulier aux étudiants qui ont supporté avec moi le long hiver québécois et ont su l'égaillé par leur gentillesse, leur humour et leur bonne humeur chronique.

Bibliographie

- Almquist H, Dieffenbacher-Krall AC, Flanagan-Brown R, Sanger D 2001. The Holocene record of lake levels of Mansell Pond, central Maine, USA. *The Holocene*, 11, 189-201.
- Bassett IJ, Crompton CW, Parmelee JA 1978. An Atlas of Airborne Pollen Grains and Common Fungus Spores of Canada. *Research Branch Canada Department of Agriculture Monograph No. 18, Ottawa*.
- Behre KE 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et spores*, 23, 225-245.
- Bennett KD, Fuller JL 2002. Determining the age of the mid-Holocene *Tsuga canadensis* (hemlock) decline, eastern North America. *The Holocene*, 12, 421-429.
- Berglund BE, Ralska-Jasiewiczowa M 1986. Pollen analysis and pollen diagrams. In: *BE Berglund (Ed.), Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. J. Wiley & Sons, Chichester, pp. 455-484*.
- Bhury N, Filion L 1996. Mid-Holocene hemlock decline in eastern North America linked with phytophagous insect activity. *Quaternary Research*, 45, 312-320.
- Birks HJB, Birks HH, 1980. Quaternary Palaeoecology. *Arnold, London, 289p*.
- Birks HJB, Gordon AD 1985. The analysis of pollen stratigraphical data: the zonation. In: *Numerical Methods in Quaternary Pollen Analysis (Ed. Academic Press INC.). London, pp. 47-86*.
- Brisson J, Bergeron Y, Bouchard A 1992. The history and tree stratum of an old-growth forest of Haut-Saint-Laurent region, Quebec. *Natural Areas Journal*, 12: 3-9.
- Bonin, J., 1992. Protection des salamandres du piedmont des Adirondacks. *Rapport présenté à la Société canadienne pour la conservation de la nature*.
- Bouchard A, Maycock PF 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. *Le Naturaliste canadien*, 105, 383-415.

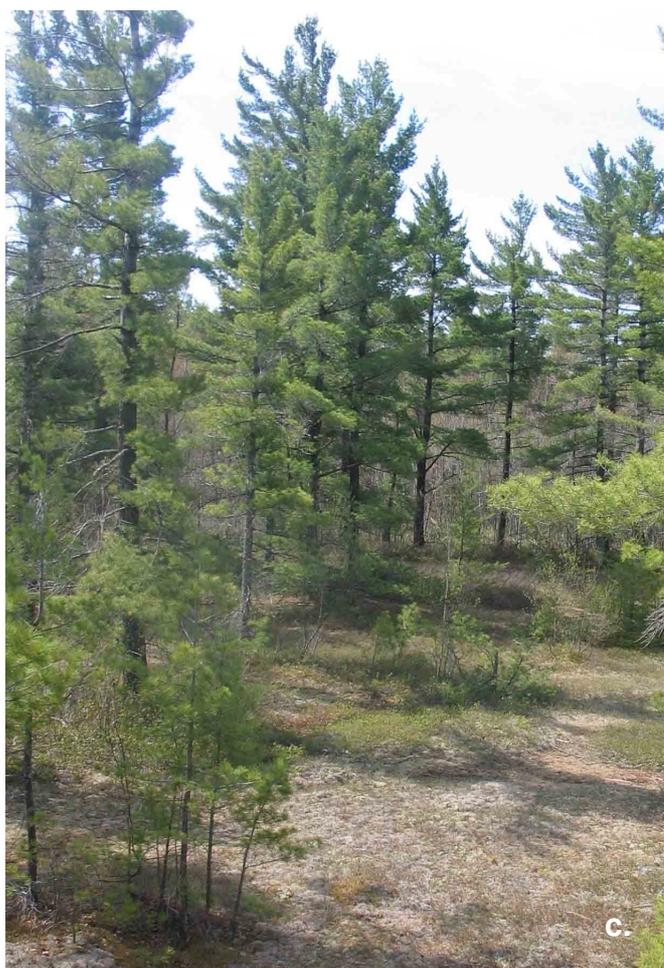
- Bouchard A, Dyrda S, Bergeron Y, Meilleur A 1989. The use of notary deeds to estimate the changes in the composition of 19th century forests, in Haut-Saint-Laurent, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 19, 1146-1150.
- Campbell DR, Rochefort L 2001. La végétation: gradients. In: *Écologie des tourbières du Québec-Labrador* (S. Payette & L. Rochefort, éditeurs). Les Presses de l'Université Laval, Québec, pp. 129-140.
- Campbell DR, Duthie HC, Warner BG 1997. Post-glacial development of a kettle-hole peatland in southern Ontario. *Ecoscience*, 4, 404-418.
- Carcaillet C, Richard PJH 1999. Holocene changes in seasonal precipitation highlighted by fire incidence in eastern Canada. *Climate Dynamics*, 16, 549-559.
- Chambers FM, Charman DJ 2004. Holocene environmental change : contributions from the peatland archive. *The Holocene*, 14, 1-6.
- .Davis MB, Douglas C, Calcote R, Cole KL, Winkler MG, Flakne R 2000. Holocene climate in the western Great Lakes National Parks and lakeshores: implications for future climate change. *Conservation Biology*, 14, 968-983.
- Diffenbacher-Krall AC, Nurse AM 2004. Late-glacial and Holocene record of lake levels of Mathews Pond and Whitehead Lake, northern Maine, USA. *Journal of Paleolimnology*, 34, 283-310.
- Faegri K, Iversen J 1975. Textbook of Pollen Analysis. *Munksgard, Copenhagen*, 328 p.
- Fortin D 2002. Développement post-glaciaire du marais riverain du lac Bromont et Examen critique de la méthode de détection des changements de niveau d'eau. *Mémoire de maîtrise ès Sciences en Géographie, Université de Montréal*.
- Foster DR, Oswald WW, Faison EK, Doughty, Hansen BCS 2006. A climatic driver for abrupt mid-Holocene vegetation dynamics and the hemlock decline in New England. *Ecology*, 87, 2959-2966.
- Franzi D, Rayburn JA, Yansa CH, Knuepfer 2002. Late water bodies in the Champlain and Hudson lowlands, New York. *New York State Geological Association, New England. Intercollegiate Geological Conference Joint Annual Meeting*, pp. A51-23.
- Garneau M, 1993. Reconstitution paléocéologique d'une tourbière en position littorale sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, Isle-Verte, Québec, Canada. *Thèse de Ph.D., Université d'Amsterdam, Amsterdam*, 216 p.
- Gauthier M, 1992. L'histoire géologique du Québec. In : *Notions de géologie* (B. Landry & M. Mercier, éditeurs). Modulo, Québec, pp. 523-543.
- Grandtner MM 1966. La végétation forestière du Québec méridional. *Les Presses de l'Université Laval, Québec*, 216 p.
- Hass JN 1996. Neorabdocoela oocytes-palaeoecological indicators found in pollen preparations from Holocene freshwater lake sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91, 371-382.
- Haas JN, McAndrews JH 2000. The summer drought related hemlock (*Tsuga canadensis*) decline in eastern North America 5,700 to 5,100 years ago. In: *Symposium on sustainable management of hemlock ecosystems in eastern North America* Ed. (McManus KA, Shields KS, Souto DR). *General Technical Report NE-267, United States Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, Durham, New Hampshire, USA, June 22-24, 1999*, pp. 81-88.
- Hendon D, Charman DJ 1997. The preparation of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) samples from peat. *The Holocene*, 7: 199-205.
- Hudson HJ 1986. Fungi as mutualistic symbionts in ectomycorrhizas and lichens. In: *Fungal Biology* (Ed. Edward Arnold). London, pp. 183-185.

- Janssen CR 1966. Recent pollen spectra from the deciduous and coniferous-deciduous forests of northeastern Minnesota: a study in pollen dispersal. *Ecology*, 47, 804-825.
- Jorgensen J 1967. A method of absolute pollen counting. *New Phytologist*, 66, 489-493.
- Jowsey PC 1966. An improved peat sampler. *New Phytologist*, 65, 245-248.
- Juggins S 2002. Palaeo Data Plotter, Beta test version 1.0. *University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, United Kingdom*.
- Lagneau LA 2006. Caractérisation environnementale de la tourbière de la colline de Covey. Approches écologique et géophysique. *Rapport de stage, Université Catholique de l'Ouest et Institut de recherche en biologie végétale, Université du Québec à Montréal*.
- Larocque M, Leroux G, Madramootoo C, Lapointe FJ, Pellerin S, Bonin J 2006. Mise en place d'un Laboratoire Naturel sur le mont Covey Hill (Québec, Canada). *VertigO*, 7, 1-11.
- Lavoie M, Richard PJH 1995. Conditions du développement de la tourbière de Farnham, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 49, 305-316.
- Lavoie M, Richard PJH 2000a. Paléoécologie de la tourbière du lac Malbaie, dans le massif des Laurentides (Québec) : évaluation du rôle du climat sur l'accumulation de la tourbe. *Géographie physique et Quaternaire*, 54(2) : 169-185.
- Lavoie M, Richard PJH 2000b. The role of climate on the developmental history of Frontenac Peatland, southern Quebec. *Canadian Journal of Botany*, 78 : 668-684.
- Lavoie M, Richard PJH 2000c. Postglacial water-level changes of a small lake in southern Québec, Canada. *The Holocene*, 10, 621-634.
- Marie-Victorin EC 1995. Flore Laurentienne-3^{ème} édition. *Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1083 p*.
- Maycock PF 1961. Botanical studies on Mont St. Hilaire, Rouville county, Quebec. General description of the area and floristic survey. *Canadian Journal of Botany*, 39, 1293-1325.
- McAndrews JH, Berti AA, Norris G 1973. Key to the Quaternary Pollen and Spores of the Great Lakes Region. *Life Science Miscellaneous Publication. Royal Ontario Museum, Toronto*.
- Meilleur A, Bouchard A, Bergeron Y 1994. The relation between geomorphology and forest community types of the Haut-Saint-Laurent, Quebec. *Vegetatio*, 111, 173-192.
- Mésonet-Montréal 2006. Page web disponible à <http://www.mesonet-montreal.ca/>. Accédée en 2006.
- Middeldorp AA 1982. Pollen concentrations as a basis for indirect dating and quantifying net organic and fungal production in a peat bog ecosystem. *Review in Paleobotany and Palynology*, 37, 225-282.
- Muller SD, Richard PJH 2001. Postglacial vegetation migration in conterminous Montréal lowlands, southern Québec. *Journal of Biogeography*, 28, 1169-1193.
- Muller SD, Richard PJH, Larouche AC 2003a. Holocene development of a peatland (southern Québec) : a spatio-temporal reconstruction based on pachymetry, sedimentology, microfossils and macrofossils. *The Holocene*, 13 : 649-664.
- Muller SD, Richard PJH, Guiot J, Beaulieu de JL, Fortin D, 2003b. Postglacial climate in the St Lawrence lowlands, southern Quebec : pollen and lake-level evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193, 51-72.

- Occhietti S, Richard PJH 2003. Effet réservoir sur les âges ^{14}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.
- Okland KA, Okland J 2000. Freshwater bryozoans (Bryozoa) of Norway: distribution and ecology of *Cristatella mucedo* and *Paludicella articulata*. *Hydrobiologia*, 421, 1-24.
- Parent M, Occhietti S 1988. Late Wisconsinan deglaciation and Champlain Sea invasion in the St. Lawrence valley, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 42, 215-246.
- Parent M, Occhietti S 1999. Late Wisconsinan deglaciation and glacial lake development in the Appalachians of southeastern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 53, 117-135.
- Payette S 2001. Principaux types de tourbières. In : *Écologie des tourbières du Québec-Labrador* (Ed. S. Payette & L. Rochefort). Les Presses de l'Université Laval, Québec, pp. 345-370.
- Payette S 1988. Late-Holocene development of subarctic ombrotrophic peatlands : allogenic and autogenic succession. *Ecology*, 69, 516-531.
- Radeloff VC, Mladenoff DJ, Guries RP, Boyce MS 2003. Spatial patterns of cone serotiny in *Pinus banksiana* in relation to fire disturbance. *Forest Ecology and Management*, 189, 133-141.
- Rayburn JA, Knuepfer PKL, Franz DA 2005. A series of large, Late Wisconsinan meltwater floods through the Champlain and Hudson valleys, New York State, USA. *Quaternary Science Reviews*, 24, 2410-2419.
- Reille M, 1995-1999. Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord. *Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille, France*, 4 vol., 535 p., 329 p., 523 p., 243 p.
- Richard PJH, 1970. Atlas pollinique des arbres et de quelques arbustes indigènes du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 97, 1-34, 97-161, 241-306.
- Richard PJH 1976. Relation entre la végétation actuelle et les spectres polliniques au Québec. *Le Naturaliste canadien*, 103, 53-66.
- Richard PJH 1978. Histoire tardi-glaciaire et post-glaciaire de la végétation au Mont Shefford, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 32, 81-93.
- Richard PJH 1987. Le couvert végétal du Québec-Labrador et son histoire post-glaciaire. *Notes et Documents 87-01, Département de géographie, Université de Montréal*, 74 p.
- Richard PJH 1994. Postglacial palaeophytogeography of the eastern St. Lawrence River Watershed and the climatic signal of the pollen record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109, 137-161.
- Shuman B, Bravo J, Kaye J, Lynch JA, Newby P, Webb III T 2001. Late quaternary water-level variations and vegetation history at Crooked pond, southeastern Massachusetts. *Quaternary Research*, 56, 401-410.
- Simard H, Bouchard A 1996. The precolonial 19th century forest of the Upper St. Lawrence Region of Quebec: a record of its exploitation and transformation through notary deeds of wood sales. *Canadian Journal of Forest Research*, 26, 1670-1676.
- Smol JP 1990. Freshwater algae. In: *Methods in Quaternary Ecology* (Ed. BG Warner). *Geoscience Canada, Geological Association of Canada, Ottawa, Ontario*, pp. 65-74.
- Stockmarr J 1971. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et spores*, 13, 615-621.

-
- Stuiver M, Reimer PJ 1993. Extended ^{14}C data base and revised CALIB 5.01 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, 35, 215-230.
- Tolonen K 1986. Rhizopod analyses. In: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. (Ed. BE Berglund). Chichester, pp. 645-666.
- Tolonen K, Warner BG, Vasander H 1992. Ecology of Testaceans (Protozoa: Rhizopoda) in mires in southern Finland: I. Autoecology. *Archiv für Protistenkunde*, 142, 119-138.
- Verne L 1989. Clé spécifique des Pediastrum. *Non publié*.
- Warner BG 1990. Testate amoebae (Protozoa). In: *Methods in Quaternary Ecology* (Ed. BG Warner). *Geoscience Canada, Geological Association of Canada, Ottawa, Ontario*, pp. 65-74.
- Warner BG, Asada T 2006. Biological diversity of peatland in Canada. *Aquatic Sciences*, 68, 240-253.
- Yu ZC, McAndrews JH, Siddiqi D 1996. Influences of Holocene climate and water levels on vegetation dynamics of a lakeside wetland. *Canadian Journal of Botany*, 74, 1602-1615.

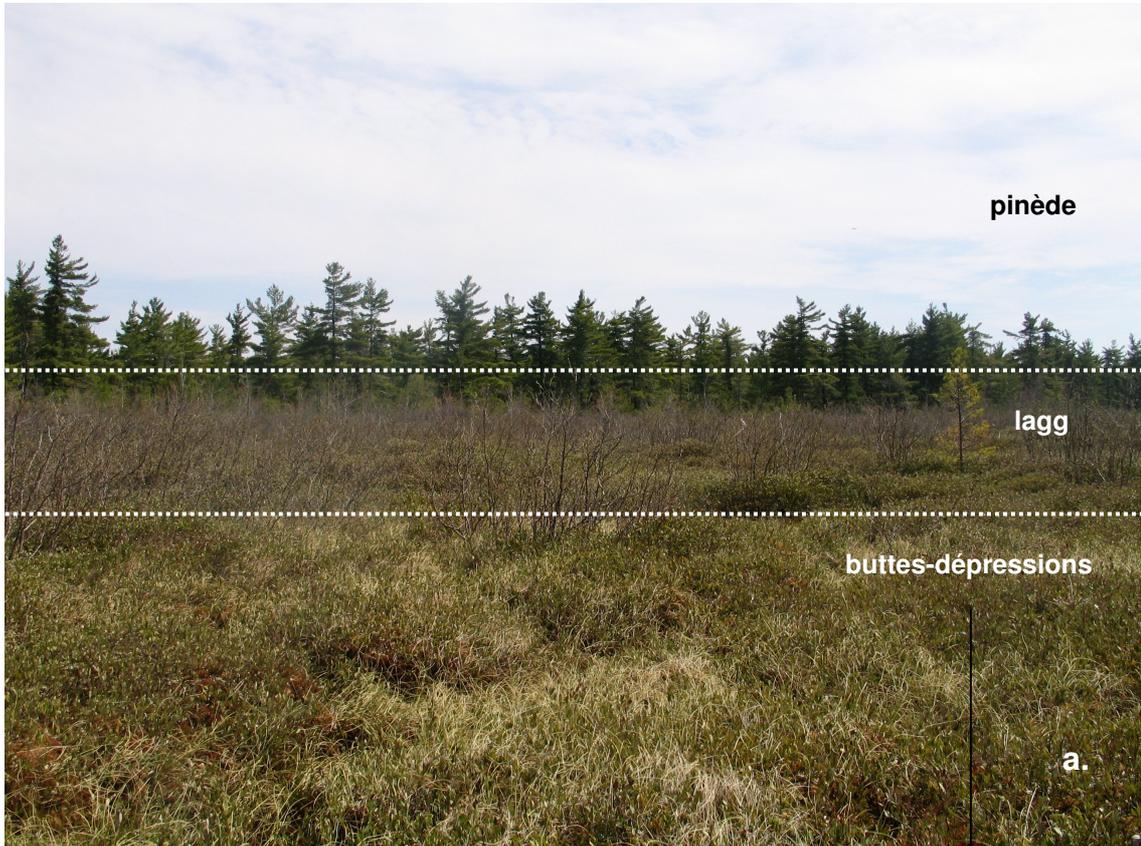
Annexe 1 : Photos des pinèdes en périphérie de la tourbière de Covey



- a. Pinède à *Pinus banksiana*
- b. Cônes serrotineux de *Pinus banksiana*
- c. Pinède à *Pinus strobus*

Annexe 2 : Photos des différentes parties de la tourbière de Covey

- a. bassin est
- b. zone de buttes et dépressions dans le bassin est
- c. bassin ouest



Annexe 3 : Protocole d'extraction du pollen d'après la méthode conventionnelle de Faegri et Iversen (1975)

- *Prélèvement des échantillons.* Prélever exactement 1 cm³ de sédiments avec un emporte pièce. Déposer les sédiments dans des tubes de centrifugation en polypropylène.
- *Ajout de la suspension d'Eucalyptus.* Homogénéiser la suspension d'eucalyptus par agitation mécanique. Ajouter un volume connu de la suspension aux sédiments.
- *Défloculation.* Ajouter 10 ml de KOH (hydroxyde de potassium, 10%) et agiter. Chauffer 20 min à 100 °C au bain marie. Agiter régulièrement. Vider dans un tamis.
- *Tamisage et rinçages.* A l'aide de jets d'eau distillés, récupérer tout le matériel fin possible. Centrifugations (3000 tours/min pendant 15 min), suivies de l'élimination du surnageant (récupéré dans le bac "KOH" pour les premières). Répéter les centrifugations jusqu'à obtention d'une eau de filtration claire.
- *Élimination de la silice.* Ajouter 7-10 ml de HF (acide fluorhydrique, 48%). Agiter. Laisser reposer 12 heures minimum. Diluer le tube avec de l'eau distillée et agiter. Centrifuger (2 200 tours/min pendant 5 min). Éliminer le surnageant.
- *Élimination des carbonates.* Ajouter 10 ml d'HCl (acide chlorhydrique, 20%) et agiter. Centrifuger (2 200 tours/min pendant 5 min). Éliminer le surnageant.
- *Élimination des fluosilicates.* Ajouter 8-10 ml d'HCl (acide chlorhydrique, 20%) et agiter. Chauffer 10 min à 100°C. Centrifuger (2 200 tours/min pendant 5 min). Élimination du surnageant. Répéter cette étape deux fois (et plus si nécessaire) pour éliminer complètement les éventuels gels de fluosilicates formés à la suite du traitement au FH.
- *Transfert du culot dans des tubes en verre et rinçage à l'eau distillée.*
- *Déshydratation.* Ajouter 8-10 ml de CH₃COOH (acide acétique) et agiter. Centrifuger (2 200 tours/min pendant 5 min). Éliminer le surnageant.
- *Élimination de la cellulose par acétolyse.* L'acétolyse est une hydrolyse acide qui permet d'éliminer la cellulose que renferment les débris végétaux contenus dans les sédiments. Pour 8 tubes, préparer 50 ml de liquide acétolysant dans une éprouvette graduée : 45 ml d'anhydride acétique (C₄H₆O₃ 97%), auxquels on ajoute 5 ml d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄ 98 %). Ajouter 5-8 ml de liquide acétolysant dans chaque tube. Chauffer à 100°C pendant 2 min, en agitant en continu. Ajouter de l'acide acétique dans le liquide acétolysant afin de stopper la réaction. Ajouter de l'eau distillée. Centrifuger (2 200 tours/min pendant 5 min). Éliminer le surnageant. *Rinçage à l'eau distillée.*
- *Rinçage à l'alcool.* Ajouter 8-10 ml d'alcool et agiter. Centrifuger (2 200 tours/min pendant 5 min). Éliminer le surnageant.
- *Transfert du matériel pollinique dans les piluliers.* récupérer la totalité du pollen avec une Pipetman 1000 µl. Centrifuger (2 200 tours/min pendant 5 min). Éliminer le surnageant. Séchage du pilulier à l'envers, pendant quelques min.
- *Montage dans la glycérine.* Ajouter quelques gouttes de glycérine dans chaque pilulier.

Annexe 4 : Liste des taxons répertoriés dans les analyses polliniques et regroupements effectués pour les diagrammes des pourcentages et des influx

La notation des taxons pour les Annexes 3 et 4 suit la nomenclature de Birks & Birks (1980) : la mention « type » groupe les taxons non distinguables et la mention « cf. » précise le taxon le plus probable.

Arbres

- *Abies balsamea*: sapin baumier (Pinaceae)
- *Larix laricina*: mélèze laricin (Pinaceae)
- *Picea* indifférencié: épinettes (Pinaceae)
- *Pinus* type *banksiana* (Pinaceae)
- *Pinus strobus*: pin blanc (Pinaceae)
- *Tsuga canadensis*: pruche du Canada (Pinaceae)
- *Acer* type *rubrum* (Aceraceae)
- *Acer* type *saccharum* (Aceraceae)
- *Betula*: bouleau (Betulaceae)
- *Fagus grandifolia*: hêtre à grandes feuilles (Fagaceae)
- *Populus* type *tremuloides* (Salicaceae)
- *Quercus* : chêne (Fagaceae)
- Autres arbres :
 - Ephedra
 - *Castanea dentata*: châtaignier d'Amérique (Fagaceae)
 - *Fraxinus nigra*: frêne noir (Oleaceae)
 - *Fraxinus pennsylvanica* type (Oleaceae)
 - *Pinus* (Pinaceae)
 - *Populus* type *balsamifera* (Salicaceae)
 - *Ulmus* : orme (Ulmaceae)
- Arbres thermophiles:
 - *Carpinus-Ostrya* (Betulaceae)
 - *Carya*: caryer (Juglandaceae)
 - *Juglans cinerea*: noyer cendré (Juglandaceae)
 - *Liquidambar styraciflua* : copalme d'Amérique (Hamamélidaceae)
 - *Prunus*: prunier (Rosaceae)
 - *Tilia americana*: tilleul d'Amérique (Tiliaceae)

Arbustes

- *Alnus* : aulne (Betulaceae)
- Ericaceae
- *Salix* : saule (Salicaceae)
- Autres arbustes :
 - *Cornus canadensis* : cornouiller du Canada (Cornaceae)
 - *Cornus* type *stolonifera* (Cornaceae)
 - *Corylus cornata* : noisetier à long bec (Betulaceae)
 - *Ilex/Nemopanthus* (Aquifoliaceae)
 - *Myrica gale* : myrique baumier (Myricaceae)
 - *Nyssa* (Nyssaceae)
 - *Shepherdia canadensis* : Shepherdie du Canada (Eleagnaceae)

- *Viburnum* : viorne (Caprifoliaceae)

Herbacées

- Type *Ambrosia* (Asteraceae)
- *Artemisia* : Armoise (Asteraceae)
- Asteroideae (Asteraceae)
- Caryophyllaceae
- Cyperaceae
- Poaceae
- Type *Rumex* : oseille (Polygonaceae)
- *Saxifraga* : saxifrage (Saxifragaceae)
- Autres herbacées :
 - *Anagallis/Androsace* (Primulaceae)
 - Apiaceae
 - *Arceuthobium pusillum* : Arceuthobie naine (Loranthaceae)
 - Boraginaceae
 - Brassicaceae
 - Cerealia type (Poaceae)
 - Chenopodiaceae
 - Cichorioideae
 - *Epilobium* : épilobe (Oenotheraceae)
 - Fabaceae
 - *Hypericum* : Millepertuis (Hypericaceae)
 - Lamiaceae
 - Liliaceae
 - *Plantago* : plantain (Plantaginaceae)
 - *Polygonum* type *aviculare* (Polygonaceae)
 - *Polygonum* type *viviparum* (Polygonaceae)
 - *Potentilla* : potentille palustre (Rosaceae)
 - Ranunculaceae
 - *Ribes* :gadellier et groseiller (Saxifragaceae)
 - Rosaceae
 - Rubiaceae
 - *Rubus chamaemorus* : ronce petit-mûrier (Rosaceae)
 - *Sagittaria* : sagittaire (Alismataceae)
 - *Scheuchzeria palustris*: Sheuchzérie palustre (Joncaceae)
 - Scrophulariaceae
 - *Thalictrum*: pigamon (Ranunculaceae)
 - *Valeriana* type (Valerianaceae)

Non inclus dans la somme pollinique

- Plantes aquatiques :
 - *Callitriche/Platanus* (Callitrichaceae/ Platanaceae)
 - *Menyanthes trifoliata* : trèfle d'eau (Gentianaceae)
 - *Nuphar* : nénuphar (Nympeaceae)
 - *Potamogeton/Triglochin* (Naiadaceae/Joncaceae)

-
- *Typha/Sparganium* (Typhaceae/Sparganiaceae)
 - *Typha latifolia* (Typhaceae)
 - Lycopodiaceae
 - *Huperzia* type
 - *Lycopodium* type *annotinum*
 - *Lycodium clavatum*
 - *Osmunda*
 - *Sphagnum*
 - Spores monolètes
 - Spores trilètes

Annexe 5 : liste des taxons et noms des pièces microfossiles correspondantes retrouvées dans les analyses microfossiles

Arbres

- *Larix laricina* : aiguilles, graines (Pinaceae)
- *Picea* : aiguilles (Pinaceae)
- *Betula* : graines
- Betulaceae : graines

Arbustes

- *Alnus* : graines (Betulaceae)
- *Andromeda glaucophylla* : feuilles, graines (Ericaceae)
- *Chamaedaphne calyculata* : feuilles, bourgeons, étamines, fruits, graines, autres (Ericaceae)
- *Kalmia* : graines (Ericaceae)

Herbacées

- Cyperaceae :
 - *Dulichium arundinaceum* : graines
 - *Scirpus* : graines
 - *Carex* : graines
 - Indifférenciées : graines, autres
- *Eriophorum* : graines (Cyperaceae)
- Autres herbacées :
 - *Viola* : graines (Violaceae)
 - *Hypericum* : graines (Hypericaceae)
 - *Scheuchzeria palustris* : graines (Joncaceae)
 - *Polygonum cf. lapathifolium* : graines (Polygonaceae)
- Plantes aquatiques
 - *Najas flexilis* : graines (Najadaceae)
 - Nympheaceae : graines
 - *Potamogeton* : graines (Potamogetonaceae)
 - *Ranunculus trichophyllus* : graines (Ranunculaceae)
 - *Potentilla palustris* : graines (Rosaceae)

Autres

- *Sphagnum* : feuilles, tiges, opercules, urnes (Bryophyte)
- Mousses brunes : feuilles, tiges (Bryophyte)
- *Chara* : oospores (Characeae)
- *Invertébrés aquatiques*
 - *Cristatella mucedo* : statoblastes (Bryozoa)
 - *Daphnia* : éphippium (Crustacé)
- *Cenococcum graniforme* : sclérote (Ascomycète)
- Charbon

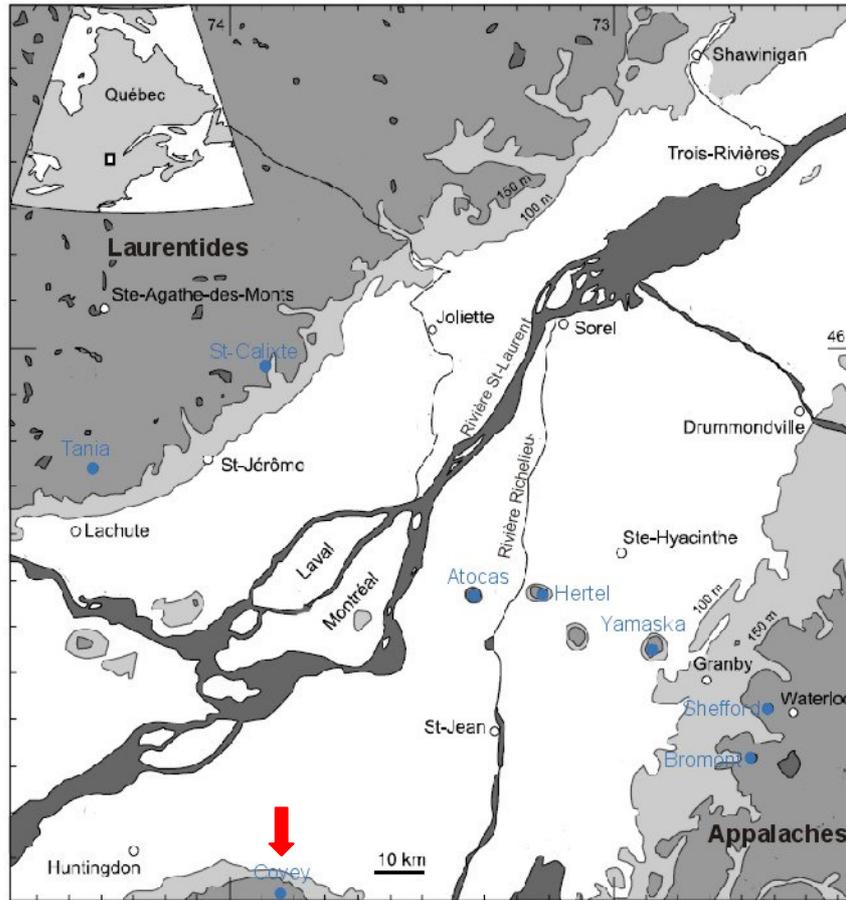
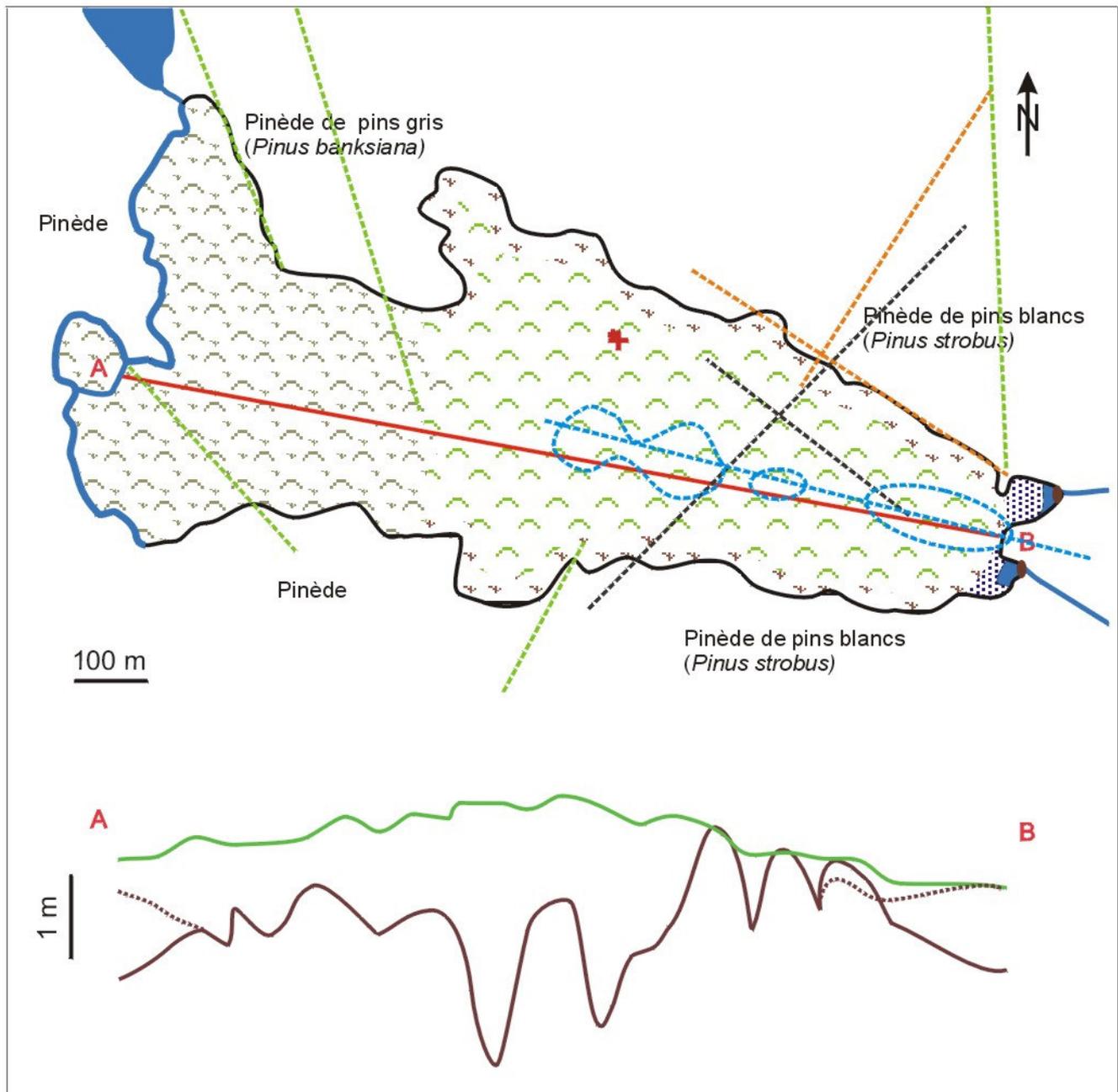


Figure 1 : Localisation du site étudié et des sites utilisés dans la comparaison de l'histoire post-glaciaire de la végétation

nom du site	code du site	nature	longitude	latitude	altitude (m)	taille (ha)	références
Covey	Cov 1	tourb.	-73,45	45,01	350	70	cette étude
Bromont	Brom 1	lac	-72,67	45,26	133	46	Muller & Richard, 2001
Shefford	She	tourb.	-72,58	45,36	282	4,7	Richard, 1978
Yamaska	Yam	lac	-72,83	45,45	265	2	Muller & Richard, 2001
Hertel	Herl	lac	-73,15	45,55	173	33,5	Muller <i>et al.</i> , 2003
Atocas	Ato	lac	-73,31	45,54	114	1,2	Muller & Richard, 2001
Tania	Tania	lac	-74,3	45,77	305	2	Muller & Richard, 2001
St-Calixte	Cal	lac	-73,87	45,96	261	1,7	Muller & Richard, 2001

Tableau 1 : Caractéristiques des sites de la région dont les enregistrements polliniques sont les plus longs
 tourb. : tourbière



Légende



Figure 2 : Cartographie de la tourbière de Covey

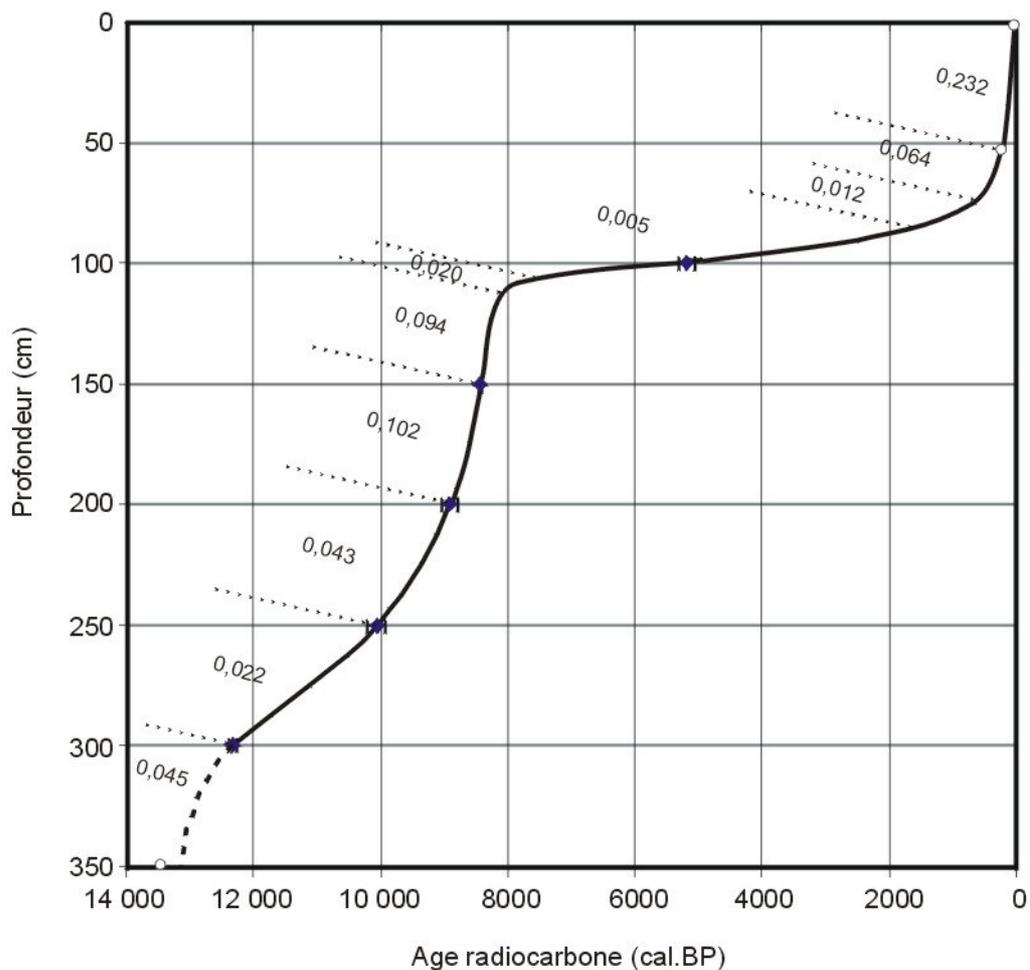


Figure 3 : Courbe de l'âge en fonction de la profondeur pour le profil sédimentaire de Covey

Les points en noir représentent les dates obtenues par datation AMS. Les points en blanc représentent l'augmentation rapide de l'herbe à poux (*Ambrosia* sp.) liée à la déforestation par les colons européens entre 250 et 200ans cal. BP et l'actuel sommet du profil. La courbe est modifiée entre 110 et 96 cm de profondeur sur la base des concentrations polliniques. Les chiffres représentent les taux d'accumulation sédimentaire en cm/an.

profondeurs (cm)	Code labo	Age 14C (années BP)	Age étalonné 2σ (cal. BP)	Matériel daté
50-51	ULGAS-780 ULA-258	40 ± 15	40-0	tourbe
100-101	ULGAS-782 ULA-259	4530 ± 20	5181-5054	tourbe
150-151	ULGAS-656 ULA-205	7635 ± 20	8450-8389	tourbe
200-201	ULGAS-716 ULA-202	8055 ± 20	9024-8795	tourbe
250-251	ULGAS-652 ULA-203	8930 ± 30	10194-9917	tourbe
300-301	ULGAS-654 ULA-204	10360 ± 20	12374-12264	tourbe

Tableau 2 : Datation SMA du profil sédimentaire de Covey

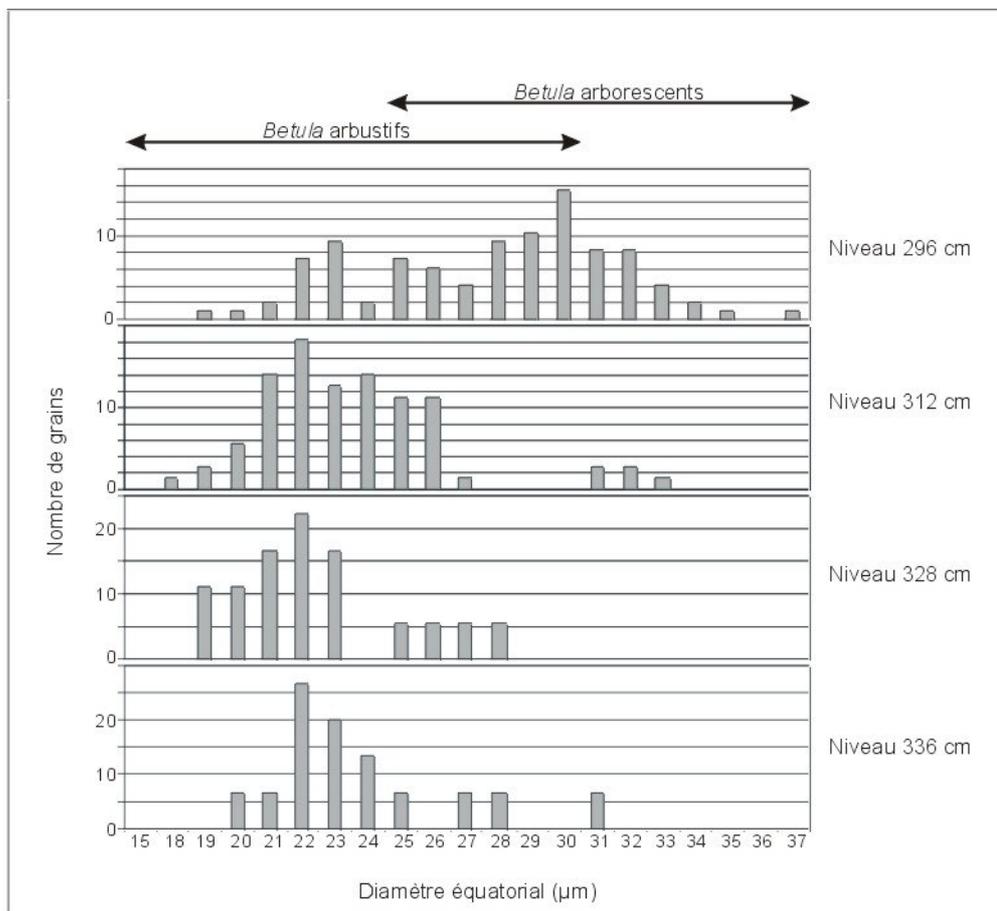


Figure 4 : Histogrammes de fréquences des diamètres de grains de pollen de *Betula* pour 4 niveaux du profil sédimentaire de Covey

Cov 1 (45°01'06"N; 73° 45'28"O) – Analyse : M. Bottollier Curtet, 2007

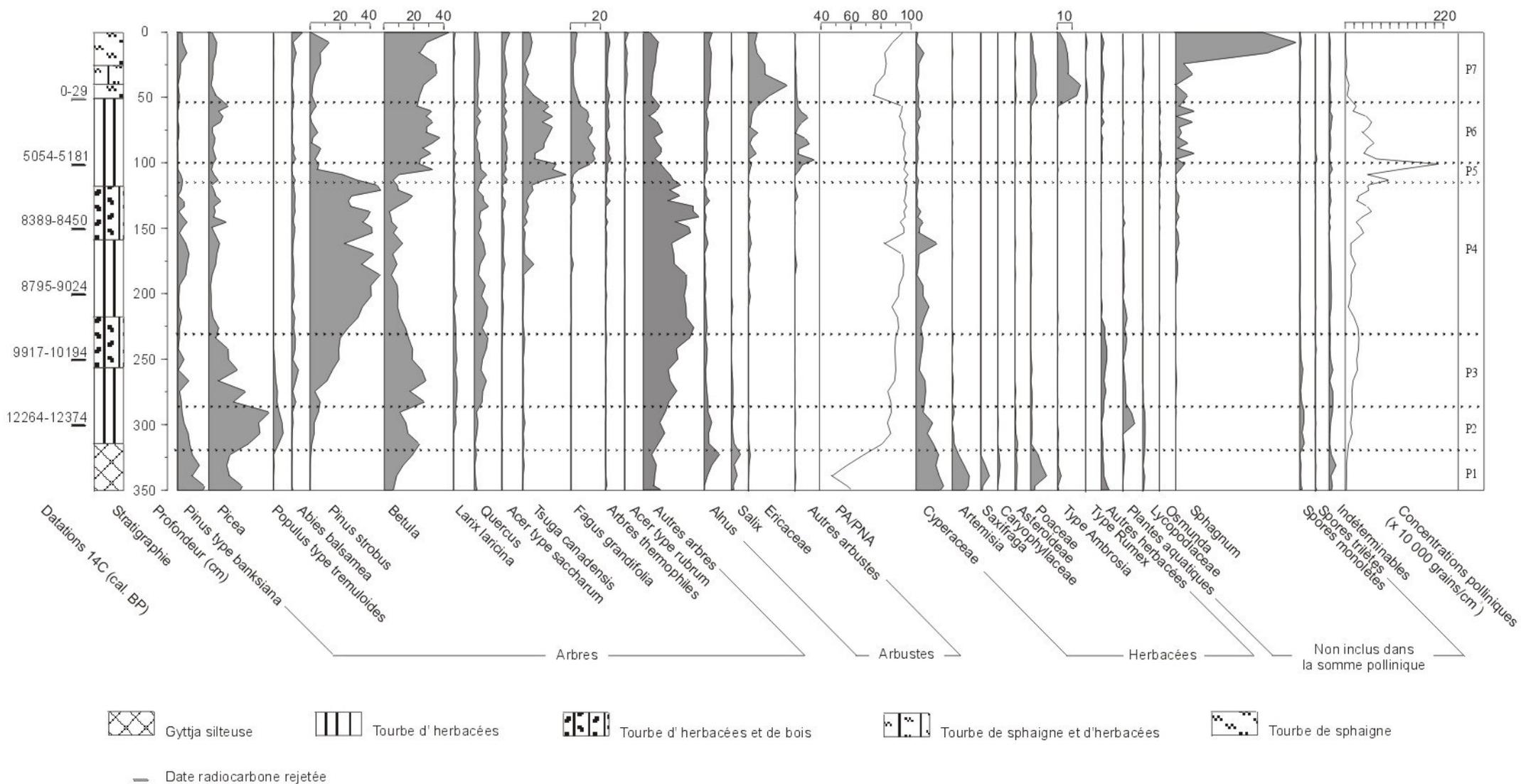


Figure 5 : Diagramme pollinique en pourcentages du profil sédimentaire de Covey
 PA : Pollen arboréen ; PNA : Pollen non arboréen

Cov 1 (45°01'06"N; 73° 45'28"O) – Analyse : M. Bottollier Curtet, 2007

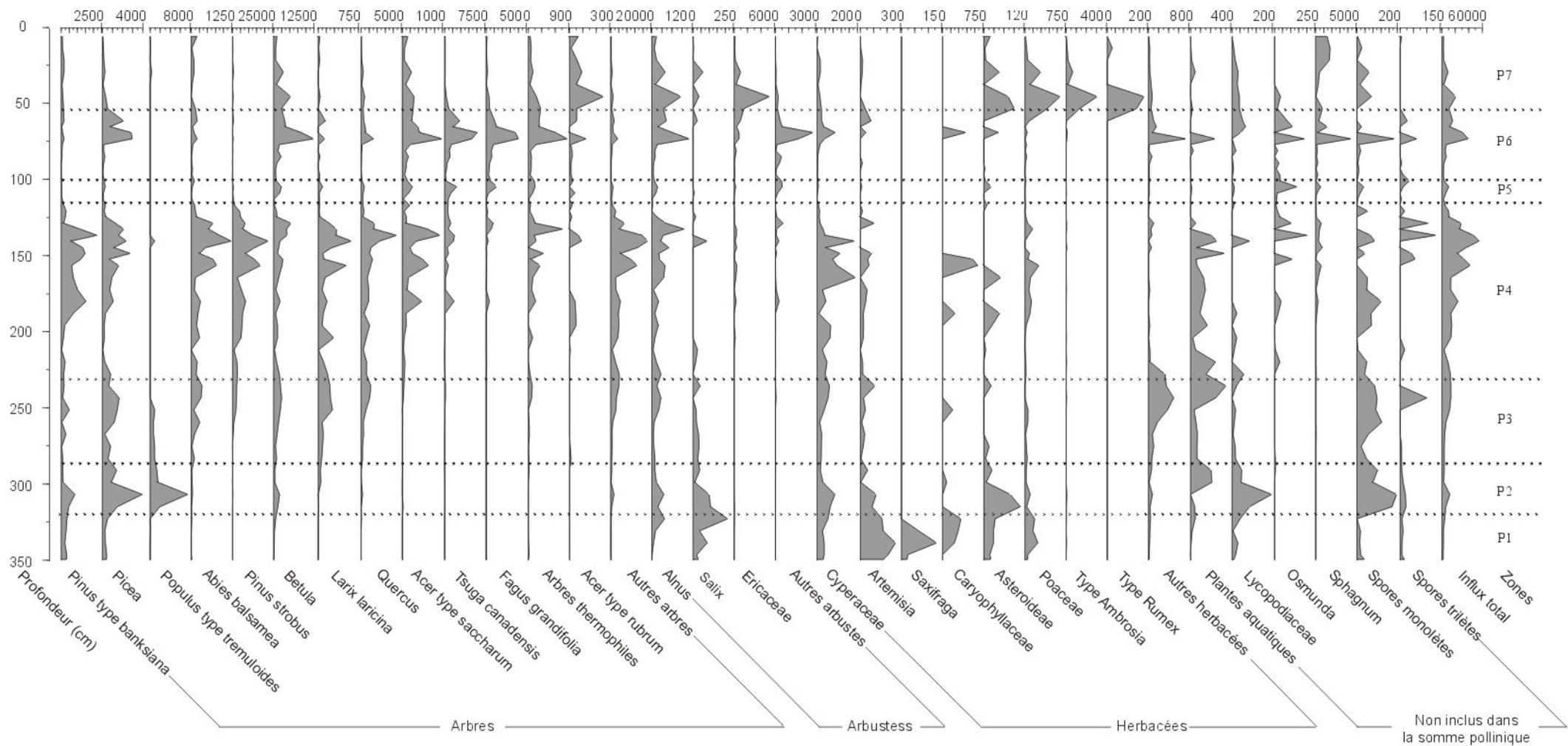


Figure 6 : Diagramme pollinique en influx (grains cm⁻² an⁻¹) du profil sédimentaire de Covey
 Les échelles ne sont pas constantes.

Cov 1 (45°01'06"N; 73° 45'28"O) – Analyse : M. Bottollier Curtet, 2007

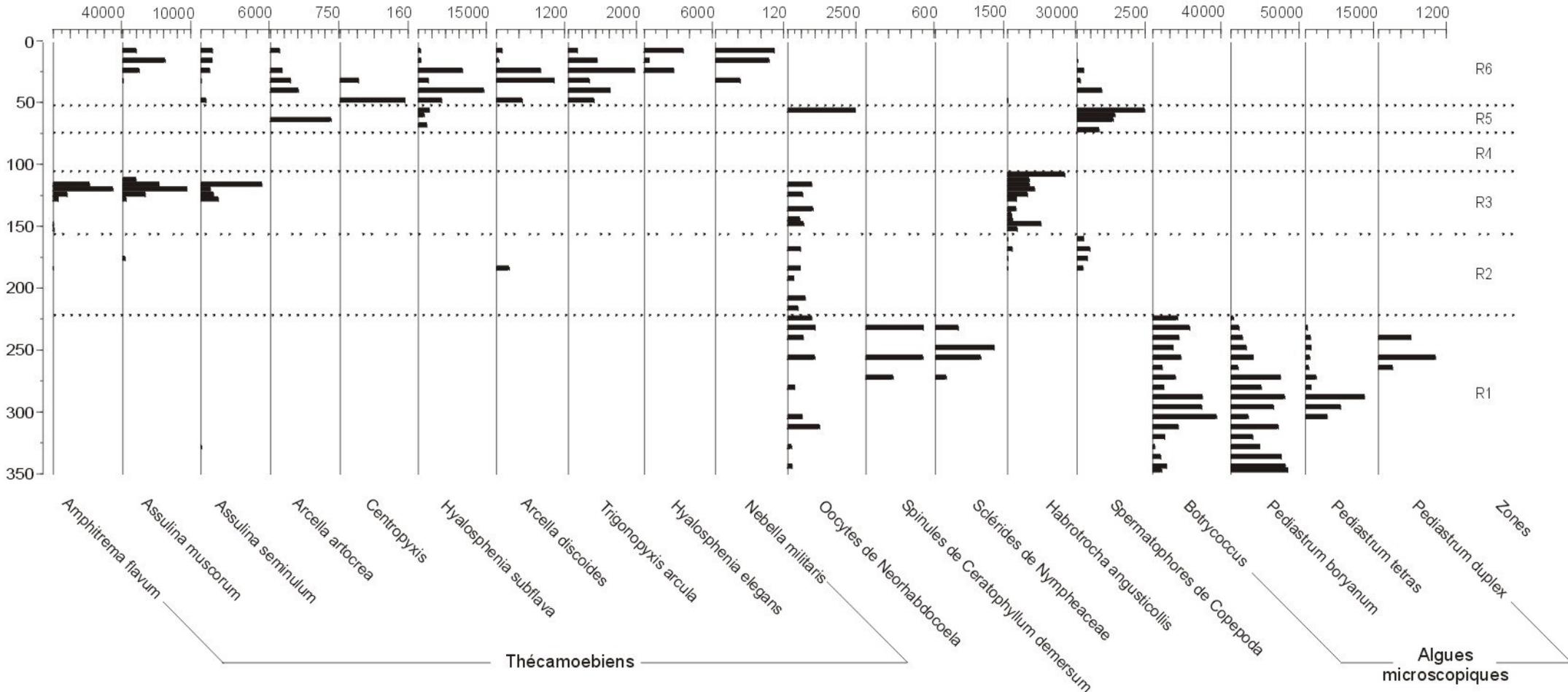


Figure 7 : Diagramme des palynomorphes en concentrations (nb/cm³) retrouvés sur les lames polliniques
Les échelles ne sont pas constantes

Cov 1 (45°01'06"N; 73° 45'28"O) – Analyse : A.M. Girard, 2007

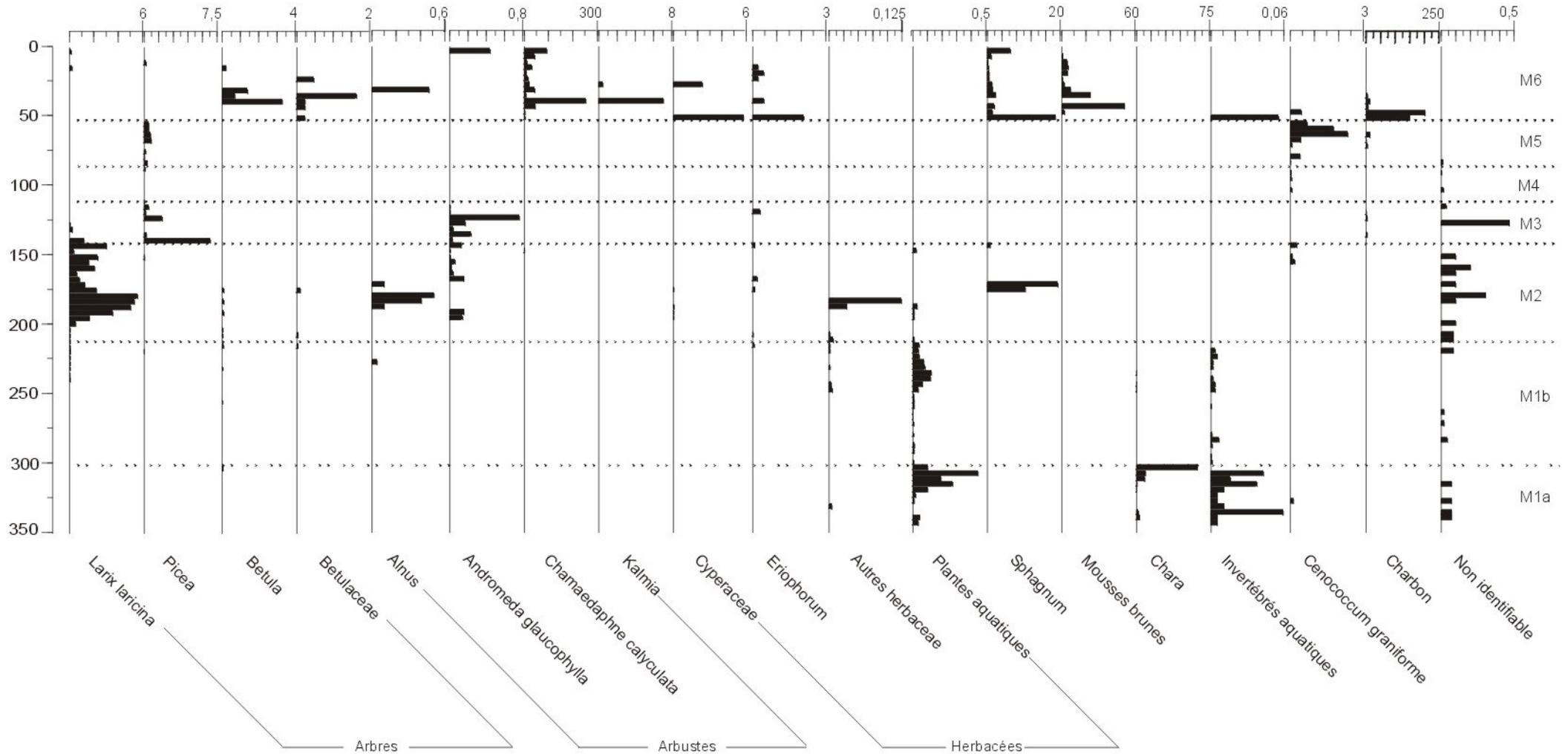


Figure 8 : Diagramme des macrofossiles en influx (nb/50 cm²/an)
 Les échelles ne sont pas constantes

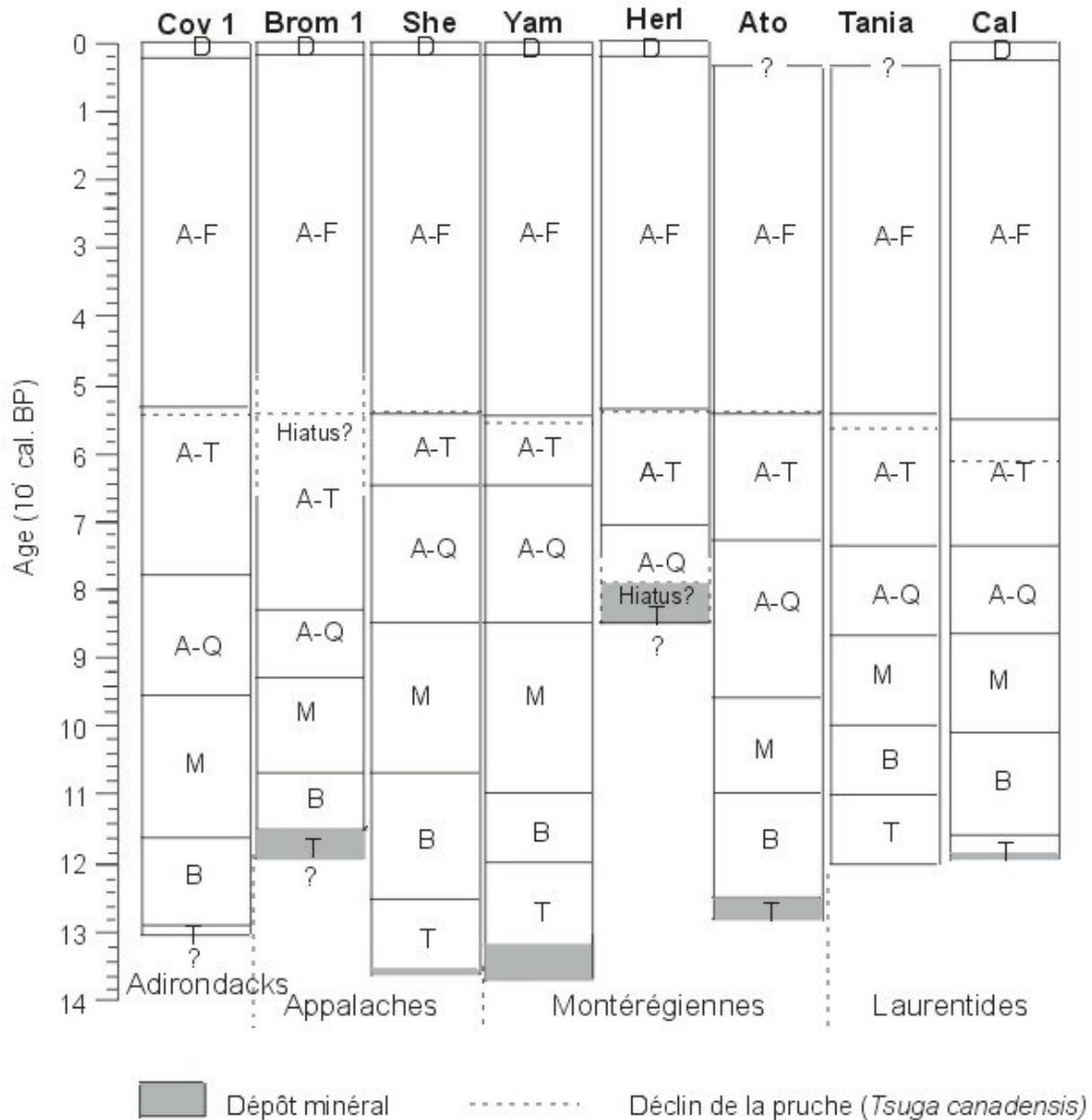


Figure 9 : Comparaison entre les diagrammes polliniques les plus longs pour la région (modifié de Muller & Richard, 2001)

T : tundra

B : forêt boréale

M : forêt mixte

D : période de déforestation anthropique

A-x : forêt décidue, érablière

A-Q: *Acer-Quercus*

A-T: *Acer-Tsuga*

A-F: *Acer-Fagus*

