

Article

« Conditions du développement de la tourbière de Farnham, Québec »

Martin Lavoie, Alayn C. Larouche et Pierre J. H. Richard
Géographie physique et Quaternaire, vol. 49, n° 2, 1995, p. 305-316.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/033044ar>

DOI: 10.7202/033044ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

CONDITIONS DU DÉVELOPPEMENT DE LA TOURBIÈRE DE FARNHAM, QUÉBEC

Martin LAVOIE, Alayn C. LAROUCHE et Pierre J.H. RICHARD, Laboratoire de paléobiogéographie et de palynologie, Département de géographie, Université de Montréal, C.P. 6128, succursale Centre-ville, Montréal, Québec H3C 3J7.

RÉSUMÉ Les analyses polliniques et macrofossiles d'une carotte de sédiments provenant de la marge de la tourbière de Farnham ont permis de retracer cinq étapes dans le développement de la tourbière. L'accumulation des sédiments a débuté au sein d'un marais situé au centre de la dépression à la suite du retrait de la Mer de Champlain vers 8500 ans BP. L'entourbement centrifuge subséquent a atteint le point d'échantillonnage vers 8100 ans BP. À cette époque, un mélèzin (1) a laissé place en quelques décennies à un fen arboré (2) jusque vers 6900 ans BP. Par la suite, un fen au couvert arborescent très ouvert (3) s'est mis en place et des mares se sont constituées à la surface de la tourbière jusque vers 5800 ans BP. L'accumulation de la tourbe a provoqué (4) l'ombrotrophication de la tourbière, ce changement trophique ayant persisté jusqu'à nos jours. L'action des feux et l'activité anthropique ont entraîné récemment (5) l'implantation d'espèces arborescentes de milieux perturbés. L'entourbement et les différentes étapes du développement de la marge de la tourbière ont été déterminés par l'accumulation de la tourbe, l'hydrologie locale, le climat et les feux. La formation des mares à la surface de la tourbière vers 6900 ans BP, à la charnière entre les régimes de fen et de bog, ainsi que l'expansion synchrone de *Tsuga canadensis* au sein des forêts environnantes, témoignent de conditions climatiques plus humides associées à une hausse des précipitations ou à une baisse de l'évapotranspiration.

ABSTRACT *Dynamic aspects for the development of the Farnham bog, Québec.* Pollen and plant macrofossil sequence of a core at the margin of the Farnham bog provide a local developmental record that can be subdivided into five main stages for this part of the peatland. Organic sedimentation began around 8500 year BP in a shallow pond at the centre of the depression following the retreat of the Champlain Sea. Subsequent centrifugal paludification caused the onset of peat accumulation at the sampling point about 8100 year BP. An initial forested fen dominated by larch (1) has been rapidly followed by a treed fen (2) until 6900 year BP. This stage was succeeded by a fen characterized by sparse trees and the development of open-water pools (3) until 5800 year BP. At that time, the vegetation changed to oligotrophic bog (4) until the present. Recently, the influence of external factors such as fire and anthropogenic activity resulted (5) in the establishment of tree species typical of disturbed environments. Paludification and local developmental trends are closely controlled primarily by continuous peat accumulation, local hydrology, climate and fire. The formation of pools around 6900 year BP and the synchronous spread of *Tsuga canadensis* populations in the surrounding forests suggest an increasing trend towards moister conditions with higher precipitation and/or reduced summer evapotranspiration.

ZUSAMMENFASSUNG *Bedingungen der Entwicklung des Torfmoors von Farnham, Québec.* Die Analyse von Pollen und Makrofossilien eines Sedimentbohrkerns vom Rand des Torfmoors von Farnham führten zur Aufdeckung von fünf Etappen bei der Entwicklung des Torfmoors. Die Ansammlung der Sedimente hat um 8500 v. u. Z. mitten in einem Sumpf im Zentrum der Niederung begonnen, nachdem das Meer von Champlain sich zurückgezogen hatte. Die darauffolgende zentrifugale Vertorfung hat den Ort der Probenahme gegen 8100 Jahre v. u. Z. erreicht. Zu dieser Zeit ist ein von Lärchen beherrschtes Torfmoor (1) in einigen Jahrzehnten einem Baum-Torfmoor (2) gewichen bis gegen 6900 v. u. Z. Danach hat sich ein Torfmoor mit sehr offener baumartiger Bewachsung (3) angesiedelt und bis gegen 5800 v. u. Z. haben sich Tümpel an der Oberfläche des Torfmoores gebildet. Die Anhäufung des Torfs führte zur Nährstoffverarmung (4) des Torfmoors, welche bis heute angehalten hat. Die Einwirkung von Bränden und menschlicher Aktivität haben in heutiger Zeit (5) zur Ansiedlung von Baumarten geführt, die für gestörte Milieus typisch sind. Die Vertorfung und die verschiedenen Entwicklungsetappen des Torfmoorrands waren durch die Torfanhäufung, den lokalen Wasserhaushalt, das Klima und die Brände bestimmt. Die Bildung der Tümpel an der Oberfläche des Torfmoors gegen 6900 v.u.Z., an der Umbiegung zwischen dem Torfmoor- und dem Sumpf-System, sowie die gleichzeitige Ausdehnung von *Tsuga canadiensis* in den umliegenden Wäldern bezeugen feuchtere klimatische Bedingungen in Verbindung mit einer Zunahme der Niederschläge oder einer Abnahme der Verdunstung.

INTRODUCTION

Au Québec, les tourbières constituent une partie importante du couvert végétal et couvrent environ $1,3 \times 10^6$ ha (Chateauvert et Avramtchev, 1980). Au sud du territoire québécois, les études ont principalement porté sur la végétation des tourbières (Gauthier et Grandtner, 1975 ; Gauthier, 1980 ; Jean et Bouchard, 1987), alors que le développement et la dynamique de ces milieux ont été étudiés plus en détail au nord du Québec (Couillard et Payette, 1985 ; Payette, 1988) ainsi qu'au Labrador (Foster *et al.*, 1983, 1988 ; Foster et Glaser, 1986 ; Foster et King, 1984).

Les tourbières renferment de riches informations d'ordres paléohydrolique et paléothermique (Moore, 1986). Exploitées en Europe (Barber, 1981), ces données sont encore aujourd'hui rarement dégagées des études nord-américaines (Miller et Futyma, 1987 ; Winkler, 1988). Les tourbières bombées sont sensibles aux fluctuations climatiques puisqu'elles sont alimentées en grande partie par les précipitations atmosphériques. Toutefois, le processus même de l'accumulation de la tourbe crée et modifie les conditions de drainage à la surface des tourbières. La reconnaissance du rôle respectif joué par les processus authigènes et allogènes dans l'hydrologie des tourbières constitue encore le problème majeur limitant l'interprétation climatique des données sédimentologiques et paléobotaniques tirées de l'étude des tourbes.

Le but de la présente étude est de reconstituer les différents stades de l'évolution d'un secteur de la tourbière de Farnham par l'analyse pollinique, l'analyse macrofossile, l'étude des charbons de bois microscopiques et celle des rhizopodes. Nous mettrons l'accent sur la reconstitution des biotopes locaux dans le contexte de l'évolution de la tourbière et de la végétation régionale. Une attention particulière sera portée aux reconstitutions paléohydrologiques locales et à leur signification régionale.

SITE À L'ÉTUDE

La tourbière de Farnham est située au sein des basses terres du Saint-Laurent à une altitude de 53 m ($45^{\circ}17'$; $72^{\circ}59'O$) (fig. 1). D'une superficie de 410 ha, cette tourbière ombrotrophe est composée de trois lobes distincts, les lobes sud-ouest (S-O), est (E) et nord (N) (fig. 2). L'épaisseur de tourbe varie d'un endroit à l'autre, atteignant un maximum de 5,30 m dans le lobe nord, 4,30 m dans le lobe sud-ouest et 6 m dans le secteur est. La tourbière présente un léger bombement en surface. Cependant, les travaux d'excavation et de drainage ayant eu lieu antérieurement pourraient être responsables de l'affaissement de la tourbière en certains endroits (Lévesque et Millette, 1977).

La tourbière est colonisée par une dense couverture végétale éricoïde dominée principalement par *Cassandra calyculata* en compagnie de *Ledum groenlandicum*, *Kalmia angustifolia* et *Andromeda glaucophylla* sur un tapis constitué de sphaignes (Lévesque et Millette, 1977). Le bouleau à feuilles de peuplier (*Betula populifolia*), l'érable rouge (*Acer rubrum*), le mélèze (*Larix laricina*) ainsi que le pin

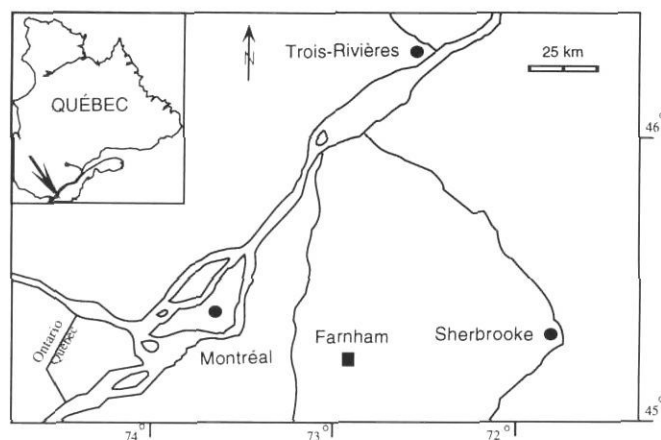


FIGURE 1. Localisation de la tourbière de Farnham.
Location of the Farnham bog.

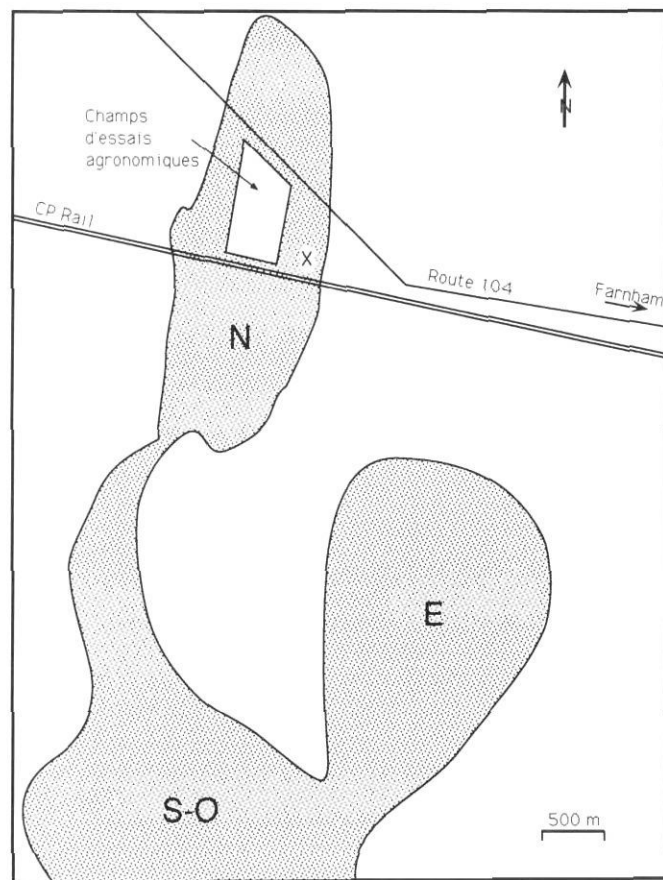


FIGURE 2. Situation des lobes nord (N), est (E) et sud-ouest (S-O). Le point d'échantillonnage (X) est localisé à la marge du lobe nord.

North (N), east (E) and south-west (S-O) lobes of the Farnham bog. The sampling site (X) is located near the margin of the northern lobe.

blanc (*Pinus strobus*) sont les principales essences arborescentes trouvées sur place. À certains endroits, le bouleau peut constituer jusqu'à 90 % de la strate arborescente. En périphérie du site, une végétation arbustive composée en particulier de *Nemopanthus mucronata*, *Salix* sp. et *Viburnum cassinoides* colonise les marges humides.

Cette tourbière a fait l'objet de nombreux essais d'exploitation du début du siècle jusqu'en 1929 (Risi *et al.*, 1953). Toutefois, ceux-ci n'aboutirent jamais à une production industrielle. Durant plusieurs années, des pratiques horticoles ont eu lieu dans le secteur sud-ouest. Plus récemment, le lobe nord fit l'objet d'études portant sur les aspects morphologiques, stratigraphiques et chimiques de la tourbe (Lévesque *et al.*, 1978 ; Lévesque et Millette, 1977).

CONTEXTE BIO-PHYSIQUE ACTUEL

La région est située au sein du domaine climacique de l'érablière à tilleul. D'un haut degré de thermophilie, celui-ci comporte une flore diversifiée, comptant 40 espèces d'arbres. L'érable à sucre (*Acer saccharum*) est l'essence dominante accompagnée principalement du tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), du frêne blanc (*Fraxinus nigra*), du frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*), du hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia*), de l'ostryer (*Ostrya*), du chêne rouge (*Quercus rubra*) et du noyer cendré (*Juglans cinerea*). Sur les rives, les sols alluvionnaires comprennent l'érable argenté (*Acer saccharinum*), l'orme d'Amérique (*Ulmus americana*) et le peuplier baumier (*Populus balsamifera*). Le bouleau à feuilles de peuplier (*Betula populifolia*) occupe les terres anciennement cultivées, alors que le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*) s'est établi sur les stations fraîches (Richard, 1987).

Dans la région, la température moyenne annuelle est de 5°C. La température moyenne de juillet varie entre 18,5 et 21°C, alors qu'elle se situe entre -10 et -13°C en janvier. La période sans gel dure de 115 à 145 jours par année et les précipitations totales annuelles atteignent 1 000 mm dont 27 % en moyenne sous forme de neige. La saison de croissance oscille entre 180 et 195 jours, alors que le nombre de degrés-jours de croissance varie de 1 660 à 1 890 (Wilson, 1971).

Dans le secteur des basses terres du Saint-Laurent, l'âge de la déglaciation a été estimé entre 12 500 et 12 000 ans avant l'actuel (Parent *et al.*, 1985). C'est à cette époque que les terres, récemment libérées des glaces, ont été submergées par la Mer de Champlain jusque vers 9800 ans BP. Le relèvement isostatique subséquent a entraîné une baisse graduelle du niveau d'eau et l'émersion des terres entre 8500 et 8000 ans BP dans la région de Farnham (Dyke et Prest, 1987). C'est à cette époque que s'amorce la formation d'un réseau de drainage et la constitution de chenaux, accompagnées d'une importante phase de sédimentation fluviale (Macpherson, 1967). Plusieurs cuvettes constituaient alors des milieux propices à l'entourbement (Comtois, 1982)

MÉTHODOLOGIE

L'échantillonnage d'une carotte a été effectué à la marge du lobe nord (fig. 2). Un profil de 2 m a été prélevé à l'aide de la sonde Coûteaux (1962). L'emplacement de l'échantillonnage à la marge du lobe nord a permis l'étude du développement spatial de la tourbière, du moins dans ce secteur, ce que ne livrent pas les travaux antérieurs fondés sur une carotte en position centrale. Nous croyons que l'âge obtenu à l'interface tourbe-argile (8150 ans BP) s'apparenterait à celui que l'on obtiendrait sur un échantillon situé au centre du lobe puisque l'émersion des terres a eu lieu vers 8500 ans BP dans la région.

Au laboratoire, l'analyse sporopollinique a été effectuée à tous les 10 cm. Les grains de pollen et les spores ont été extraits selon la méthode de Faegri et Iversen (1975) et montés dans la glycérine. Le dénombrement des grains de pollen, des spores et des rhizopodes a été fait au microscope à un grossissement de 400. Dans la mesure du possible, au moins 500 grains de pollen furent comptés pour chaque spectre pollinique. La concentration pollinique (fig. 3 et 4) a été déterminée par la méthode de Jorgensen (1967). Seul le pollen des plantes vasculaires terricoles fait partie de la somme pollinique. Le diagramme pollinique est présenté à la figure 4. Les taxons inclus dans la somme pollinique mais non dans le diagramme en raison de leur faible représentation sont présentés au tableau I. La nomenclature des noms latins suit celle de Gleason et Cronquist (1991). Afin d'évaluer la fréquence des feux, la surface des charbons de bois microscopiques a été mesurée (μm^2) sur les mêmes préparations que pour l'analyse pollinique. Les résultats ont été transformés en mm^2 de charbons par cm^3 de sédiment (fig.3).

L'analyse des macrorestes végétaux fut effectuée sur des sections contiguës de 2,5 ou 5 cm selon la quantité de macrofossiles présents. Les concentrations sont exprimées par unité de volume de 100 cm^3 . Le diagramme macrofossile est présenté à la figure 5.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

STRATIGRAPHIE ET DONNÉES CHRONOLOGIQUES

Les sédiments de la tourbière de Farnham sont constitués d'argile à la base (190-185 cm), celle-ci étant surmontée d'une tourbe d'herbacées humifiées (185-115 cm), d'une tourbe d'herbacées et de bois moins humifiées (115-5 cm) et de sphaignes peu décomposées en surface (5-0 cm).

Quatre échantillons ont fait l'objet de datations au radiocarbone (tabl. II). Un âge de 8150 ans BP (UQ-69) a été obtenu pour le début de l'accumulation des sédiments organiques. La courbe du taux net d'accumulation de la tourbe est présentée à la figure 3. Elle présente une diminution progressive du taux apparent (net) d'accumulation des sédiments vers le sommet du profil et révèle trois phases principales : une période d'accumulation nette rapide à la base du profil (0,534 mm/an) jusque vers 7200 ans BP, une phase d'accumulation nette intermédiaire (0,315 mm/an) entre 7200 et 6500 ans BP, suivie d'une

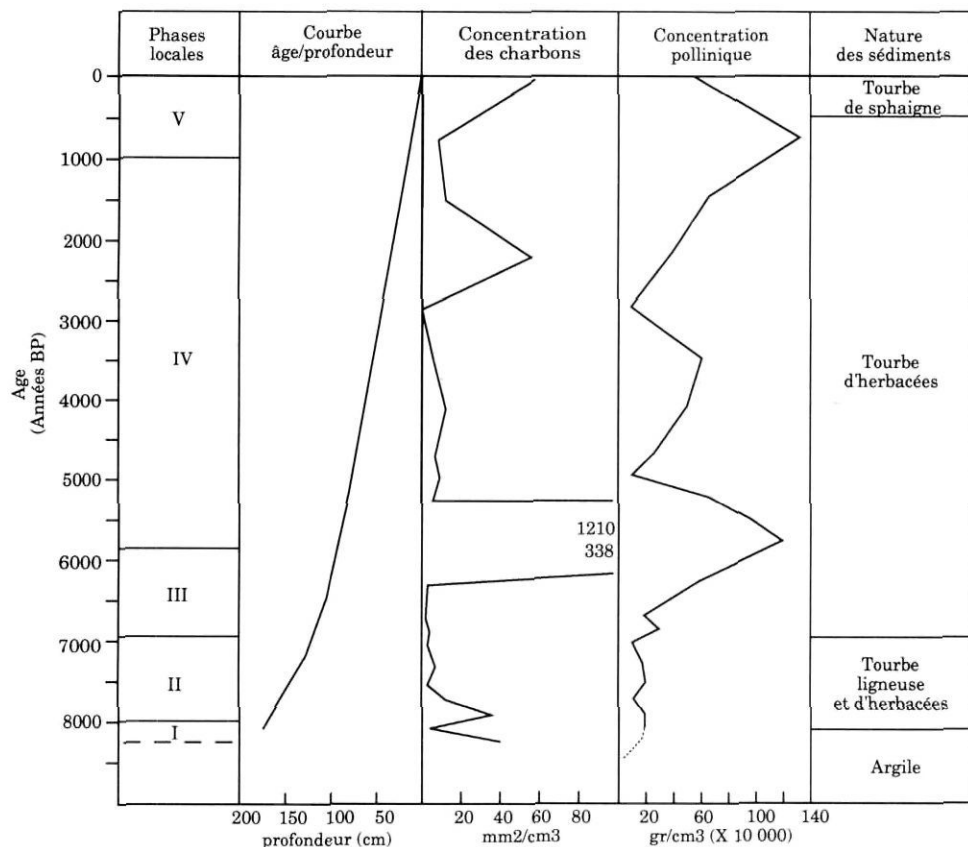


FIGURE 3. Étapes de l'évolution de la tourbière, courbe de l'âge des sédiments en fonction de la profondeur, contenu en charbons de bois microscopiques et concentrations polliniques. La nature des sédiments est également présentée.

Different stages of the development of the bog, age/depth curve, microscopic charcoal abundance, pollen concentration and type of sediment.

phase lente (0,155 à 0,179 mm/an) depuis environ 6500 ans.

En raison de l'intervalle entre les échantillons datés, cette courbe ne permet pas de retracer certaines fluctuations du rythme de dépôt de la tourbe qui ont pu avoir lieu, et qu'ont révélées les concentrations polliniques. En effet, lors du ralentissement du processus d'accumulation des sédiments, le pollen se concentre davantage, entraînant ainsi une augmentation des valeurs des concentrations polliniques. Celles-ci présentent trois phases probables de ralentissement dans le processus d'accumulation de la tourbe, phases dont les modes se situent respectivement à 88, 48 et 9 cm, c'est-à-dire vers 5700, 3100 et 750 ans BP (fig. 3).

HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION RÉGIONALE

L'histoire de la végétation régionale du site de la tourbière de Farnham est révélée par l'analyse pollinique des sédiments (fig. 4). Plusieurs diagrammes ont déjà été tracés dans le secteur des basses terres et des Appalaches et l'histoire postglaciaire de la végétation y est maintenant relativement bien connue (Davis et Jacobson, 1985 ; Mott, 1977 ; Richard, 1977, 1994). La reconstitution de la végétation régionale est surtout livrée par les courbes polliniques des arbres, à l'exception de l'épinette noire et du mélèze, espèces pouvant aussi croître dans les milieux tourbeux. Les courbes polliniques des divers taxons ont permis de reconnaître quatre zones d'assemblage pollinique détermi-

nées selon la dominance (en pourcentage) ou l'apparition des taxons.

La base du diagramme (186-160 cm ; zone 1) est caractérisée par une représentation arboréenne se situant autour de 90 %. Le pin gris (*Pinus banksiana*), très abondant (35 %), cède graduellement sa place au pin blanc (*Pinus strobus*) dont les valeurs atteindront entre 30 et 40 %. Les pins colonisaient sans doute les stations sèches et sableuses en compagnie du chêne (*Quercus*) et du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*). Le sapin baumier (*Abies balsamea*), espèce sous-représentée par son pollen, montre une courbe continue autour de 2 % et sa présence à proximité est confirmée par les macrorestes (fig. 5). Les forts pourcentages atteints par les différentes espèces de pins tendent peut-être à masquer la représentation pollinique du bouleau (*Betula* ; 5 %) qui était probablement plus abondant. Malgré l'absence de macrorestes, la petite taille des grains de pollen de bouleau (<30 µm) (fig. 6) indique qu'il s'agissait du bouleau blanc (*Betula papyrifera*). Les terres nouvellement émergées comportaient plusieurs stations humides près des étangs et des cours d'eau, occupées par le frêne noir (*Fraxinus nigra*) et l'orme (*Ulmus*). Le paysage à cette époque appartenait probablement au domaine de la sapinière à bouleau blanc jusque vers 7800 ans avant l'actuel (Richard, 1977). Les pourcentages élevés atteints par le mélèze (*Larix laricina*) et les nombreuses feuilles de cette espèce retrouvées au sein des sédiments attestent de sa présence sur le site même.

TABLEAU I

Liste des taxons non inclus
sur le diagramme pollinique

<i>Populus tremuloides</i>	0,5 %-090 cm
<i>Acer saccharinum</i>	0,1 %-080 cm
<i>Shepherdia canadensis</i>	0,2 %-180 cm
<i>Corylus cornuta</i>	0,1 %-030 cm
	0,2 %-110 cm
<i>Acer spicatum</i>	0,2 %-090 cm
<i>Lonicera</i>	0,1 %-085 cm
<i>Rhamnus alnifolia</i>	0,2 %-075 cm
<i>Caryophyllaceae</i>	0,2 %-075 cm
<i>Ranunculaceae</i>	0,2 %-170 cm
type <i>Potentilla palustris</i>	0,2 %-090 cm
<i>Pediastrum</i>	0,5 %-130 cm

TABLEAU II

Données chronologiques

Intervalle daté (en cm)	Âge (années BP)	N° du laboratoire	Matériel analysé
077-082	5245 ± 200	UQ-67	tourbe d'herbacées
102-107	6545 ± 110	UQ-68	tourbe d'herbacées
125-130	7260 ± 160	UQ-66	tourbe ligneuse
172-177	8150 ± 150	UQ-69	tourbe ligneuse

Vers 7800 ans BP (160 cm ; zone 2), l'érable à sucre (*Acer saccharum*) s'implante graduellement dans le paysage pour former des érablières, comme en témoigne sa courbe pollinique. En effet, une représentation continue d'au moins 1 % est jugée suffisante pour reconnaître la présence de l'érablière (Richard, 1976). Cette hausse de l'érable est concomitante de la diminution du sapin baumier. L'érable à sucre est alors accompagné du pin blanc, toujours très abondant, et du chêne. Entre 140 et 115 cm, l'épinette noire (*Picea mariana*) montre un maximum pollinique (10 %). Toutefois, cet apport provient sans doute d'individus présents sur la tourbière même, tel que confirmé par les macrorestes de cette espèce trouvés au sein des sédiments (fig. 5). Les données concernant le diamètre du pollen de bouleaux indiquent toujours la prédominance du bouleau blanc. L'érablière de cette époque (zone 2) semble donc être une érablière sans équivalent actuel, en raison de l'absence du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), de la rareté du hêtre (*Fagus grandifolia*) ou des autres essences compagnes des érablières à sucre modernes. Ce type d'érablière a déjà été décrit au site Albion, en Estrie (Richard, 1975). Celle-ci aurait duré jusque vers 6700 ans BP, époque de l'immigration du bouleau jaune sur le territoire.

Vers 6700 ans BP, l'érablière à bouleau jaune se constitue jusque vers 5700 ans avant l'actuel (zone 3). Les concentrations polliniques augmentent d'une façon marquée et connaîtront par la suite quelques fluctuations importantes. Les pins connaissent à ce moment un déclin majeur au profit de la pruche (*Tsuga canadensis*) et du bouleau, en particulier *Betula alleghaniensis* (diamètre des grains de pollen supérieur à 30 µm) (fig. 6). La fin de cette zone est caractérisée par l'expansion du hêtre (*Fagus grandifolia*).

Vers 5700 ans BP, l'érablière à tilleul, domaine climacique actuel de la région, s'est constituée (zone 4). L'érable à sucre, la pruche et le hêtre sont alors les essences dominantes. La diversité s'accroît graduellement par l'implantation de nombreuses espèces thermophiles telles le tilleul (*Tilia americana*), le noyer (*Juglans cinerea*) et le caryer (*Carya ovata*) en compagnie du chêne, de l'orme et du

frêne. Le bouleau atteint son maximum de représentation pollinique, les valeurs oscillant entre 30 et 40 %.

C'est au sein de l'érablière à tilleul que la pruche montre un déclin important. Ce phénomène, visible dans la plupart des diagrammes polliniques du nord-est américain, survient généralement vers 4800 ans avant l'actuel. Celui-ci aurait cependant eu lieu vers 3600 ans BP dans la région de Farnham. Toutefois, vers 5000 ans BP, la courbe de la pruche montre également une légère diminution, mais de courte durée (fig. 4). La courbe de la pruche semble donc présenter une allure trimodale caractérisée par un déclin principal se situant autour de 3600 ans avant l'actuel. Puisque d'autres sites dans les basses terres et les Appalaches présentent une telle courbe trimodale d'une façon synchrone (Comtois, 1982 ; Laframboise, 1987 ; Richard, 1978), malgré un contrôle chronologique déficient, nous acceptons sa manifestation dans le secteur de la tourbière de Farnham.

HISTOIRE DE LA VÉGÉTATION LOCALE

L'histoire de la végétation locale a surtout été retracée à l'aide de l'analyse macrofossile (fig. 5) ainsi que des courbes sporopolliniques des arbres tourbicoles (épinette noire et mélèze), des arbustes, des herbes et des taxons hors-total (fig. 4). Le développement de la marge de la tourbière a connu cinq étapes principales. Comme l'interprétation du diagramme macrofossile ne s'applique que dans un rayon d'au plus 20 m du point d'échantillonnage (Larouche, 1979), nos reconstitutions ne sauraient être étendues à l'ensemble de la tourbière. Néanmoins, comme nous l'avons souligné, l'étude d'une marge devrait refléter la dynamique de l'entourbement plus que ne le ferait celle d'un secteur plus central.

L'étape I (190-169 cm) correspond au début de l'accumulation organique sur les sédiments argileux au point d'échantillonnage. Une date de 8150 ans BP a été obtenue au niveau 172,5-177,5 cm. En raison du haut degré d'humification des sédiments, cette étape ne comprend que de rares macrorestes ligneux ainsi qu'une faible diversité floristique (neuf espèces identifiées). À cette époque, le paysage autour du site était déjà forestier, comme l'indique la forte représentation pollinique arboréenne (fig. 4). Les pourcentages polliniques du mélèze (3 %) traduisent la

Tourbière de Farnham
 45°17'00"N ; 72°59'00"O ; alt. 53 m
 Analystes : N. Morasse, H. Jetté, M. Lavoie

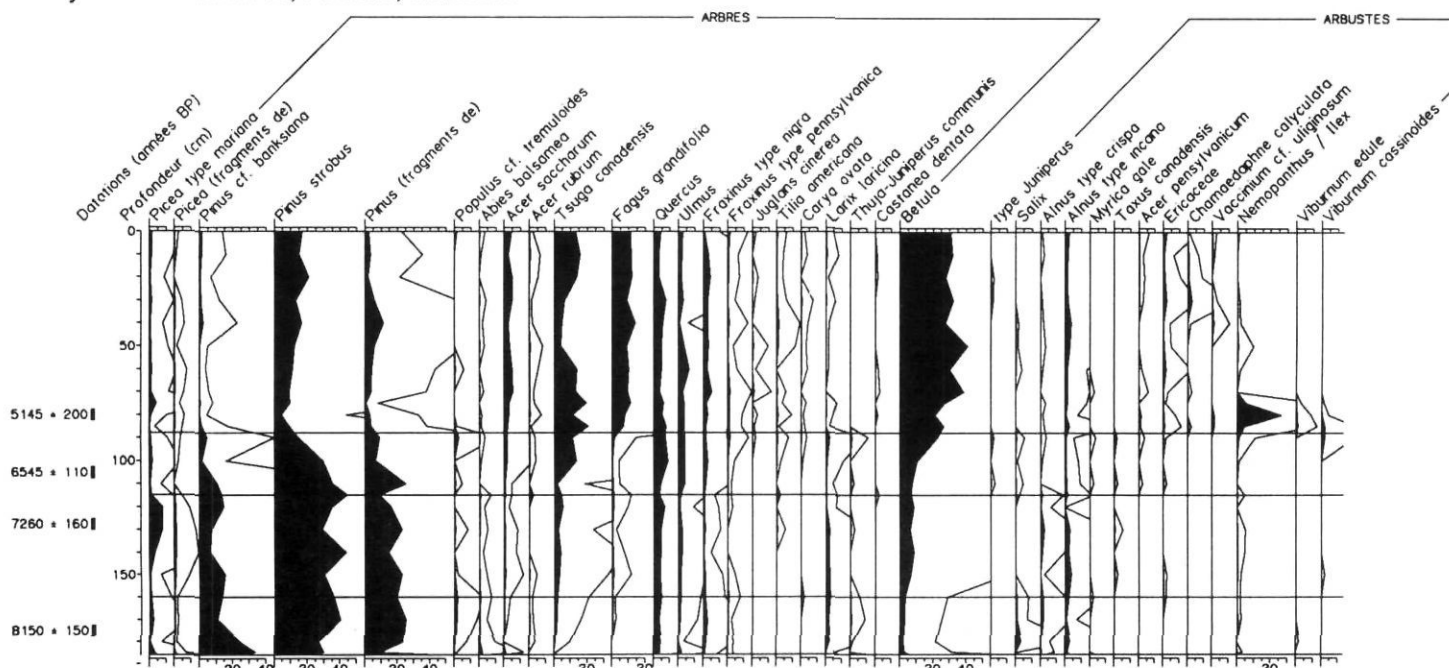


FIGURE 4. Diagramme pollinique de la tourbière de Farnham. Les résultats sont exprimés en pourcentage. Les courbes non tramées correspondent à une exagération de 10 %. *Pollen percentage diagram, Farnham bog. Open curves show a X10 exaggeration.*

Tourbière de Farnham
 45°17'00"N ; 72°59'00"O ; alt. 53 m
 Analyste : A. Larouche

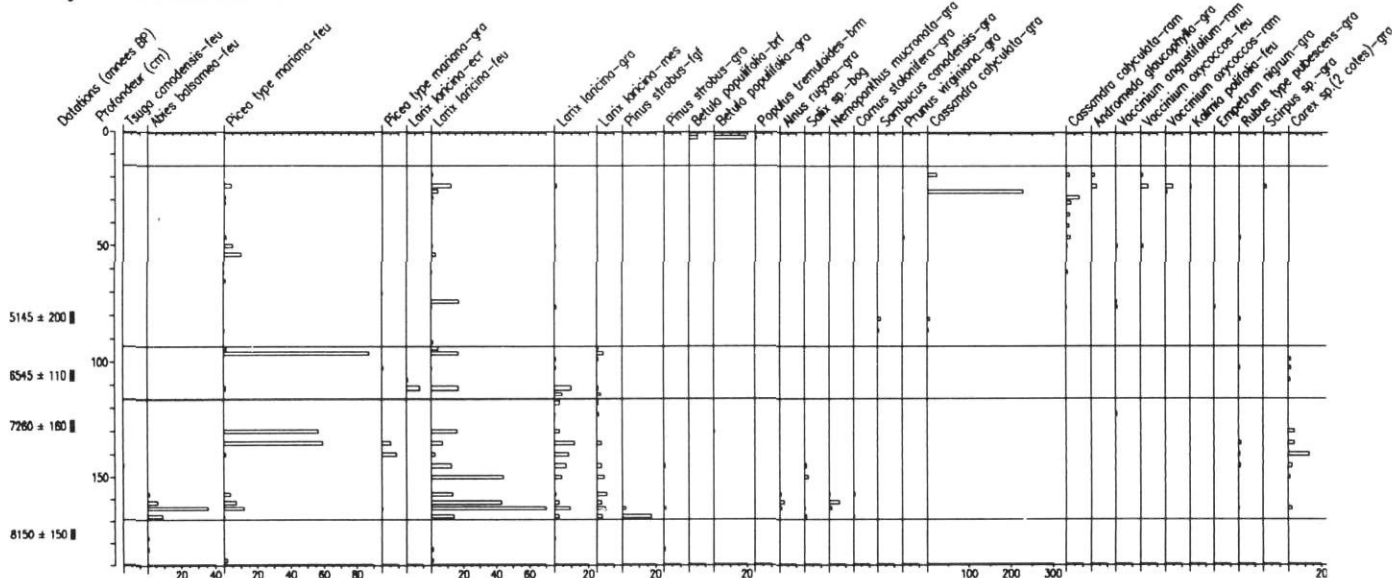
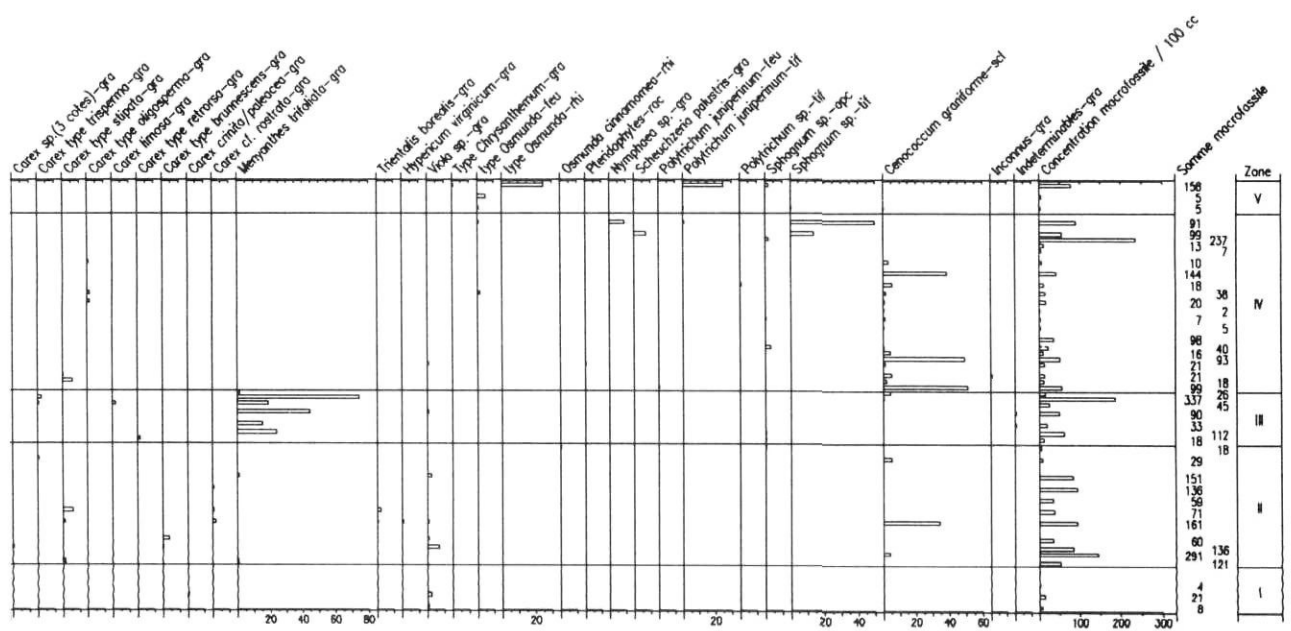
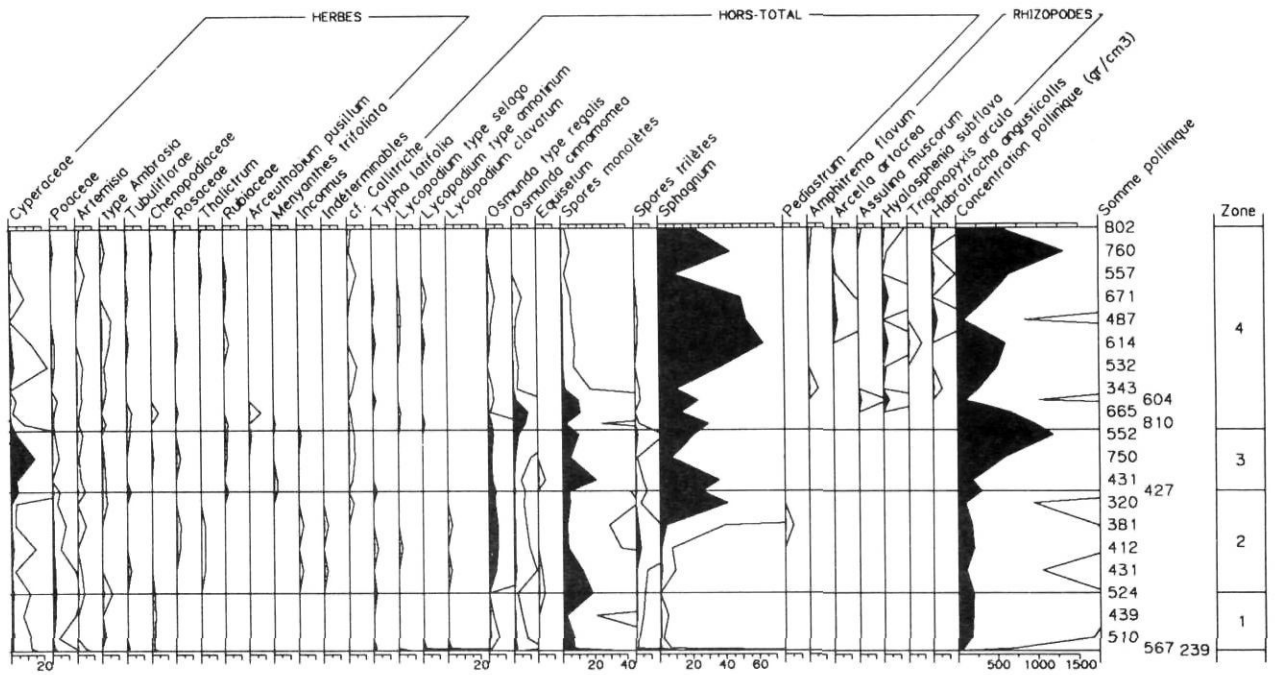


FIGURE 5. Diagramme macrofossile de la tourbière de Farnham. Les résultats sont exprimés par unité de volume de 100 cm³. *Macrofossil diagram, Farnham bog. Results are given in 100 cm³ volume unit.*



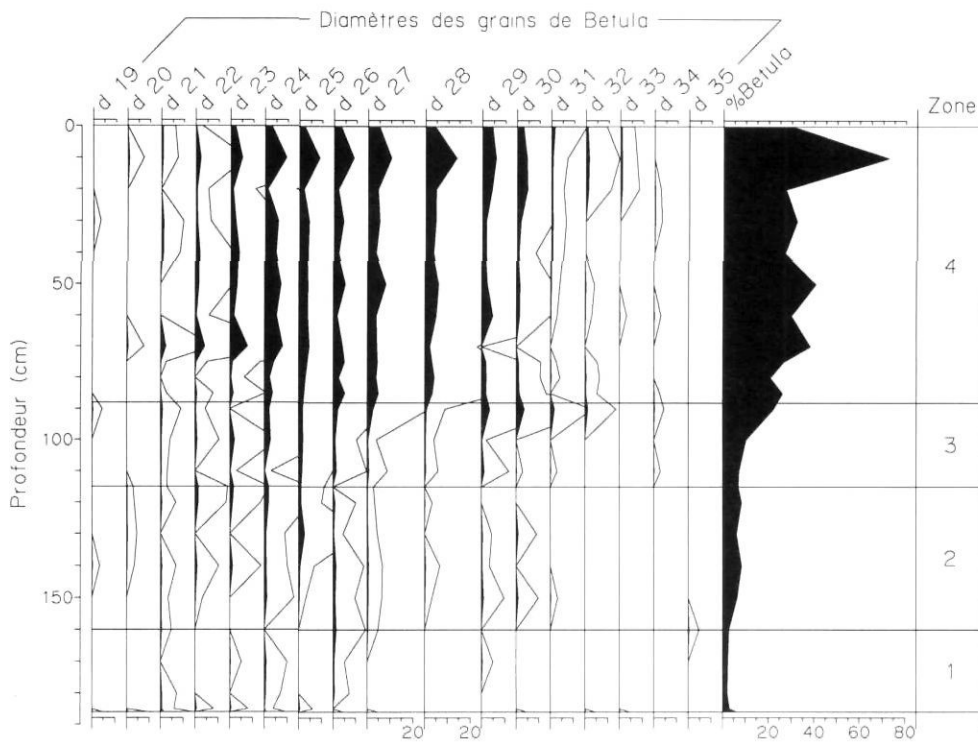


FIGURE 6. Diagramme du diamètre des grains de pollen de *Betula*. Les diamètres inférieurs à 30 μm correspondent à l'espèce *Betula papyrifera*, alors que les plus gros diamètres correspondent à *Betula alleghaniensis*.

Diagram of pollen grain sizes of *Betula*. Diameter smaller to 30 μm is associated to *Betula papyrifera* and those greater than 30 μm is associated to *Betula alleghaniensis*.

présence sur place d'un mélèzin en compagnie d'espèces telles l'épinette noire, le pin blanc, le sapin baumier et, en sous-étage, le saule (*Salix* sp.), l'aulne rugueux (*Alnus rugosa*), les cypéracées (*Carex*), les graminées (*Poaceae*) et les fougères (spores monolètes). Les arbres devaient alors être enracinés dans le substrat minéral. Il est possible que les macrorestes du pin blanc et du sapin proviennent de stations plus sèches sises à proximité.

La colonne stratigraphique ne révèle pas de sédiments d'origine lacustre, la tourbe recouvrant directement le substrat minéral au point d'échantillonnage. Cependant, au centre du lobe nord, la dépression devait être le siège d'un marais peu profond correspondant à un étang herbeux. Lors de travaux antérieurs, Anrep (rapport non publié in Risi et al., 1953) a d'ailleurs décrit les sédiments situés à la base du centre du lobe nord comme étant constitués de plantes aquatiques, de cypéracées et d'*Eriophorum*. Cette période de marais aura été éphémère, de l'ordre de quelques décennies ou du siècle tout au plus, en raison du faible délai entre le retrait des eaux et le début de l'accumulation organique au point d'échantillonnage à la marge du lobe (environ 400 ans) de même que l'implantation rapide des premiers arbres à cet endroit.

Une hausse importante du contenu en macrofossiles ainsi qu'une plus grande variété floristique (26 espèces identifiées) (fig. 5) caractérisent l'étape II entre 169 et 116 cm (8000-6900 ans BP). Vers 8000 ans avant l'actuel, l'accumulation de la matière organique permet l'épaississement progressif du substrat. À ce moment, les sédiments s'accumulaient très rapidement à une vitesse apparente de l'ordre de 0,534 mm/an.

Au début de cette étape, la présence de macrorestes de némopanthe mucroné (*Nemopanthus mucronata*) ainsi que de saule caractérise la végétation locale sans toutefois montrer une représentation pollinique prononcée. Les cypéracées connaissent alors une expansion importante, comme en témoignent les macrorestes. L'épinette noire et le sapin baumier foisonnent sans doute sur place ou tout près et constituent les principales essences arborescentes accompagnées du mélèze dont la représentation est alors maximale. La représentation macrofossile du pin blanc atteste de sa présence locale ou à proximité.

Cet ensemble de végétation est toutefois de courte durée. Effectivement, l'épinette, le sapin et le pin blanc disparaissent brusquement au niveau 160 cm (7800 ans BP) en raison d'un feu ayant atteint la tourbière. Ceci est attesté par l'abondance de charbons de bois retrouvés dans les sédiments (fig. 3). Le milieu est alors le siège d'une formation ouverte colonisée par quelques mélèzes et saules.

Vers 7400 ans BP, l'épinette domine le site en association avec les cypéracées en sous-étage et ce, au détriment du mélèze pour constituer un fen arboré ouvert. Au niveau de la strate herbacée, il y a prédominance de *Rubus pubescens*, du saule et des cypéracées. Cette association s'estompe par contre rapidement pour laisser place de nouveau à un milieu très ouvert où les essences arborescentes sont clairsemées. Les courbes sporopolliniques indiquent l'abondance des osmondes, des fougères, de l'aulne rugueux et des graminées, alors que le saule disparaît du milieu. La fin de la phase II (6900 ans BP) est caractérisée par une baisse notable du contenu macrofossile.

À la suite du feu évoqué précédemment, il y a apparition de *Cenococcum graniforme*, en particulier au niveau 150 cm où il atteint un maximum de représentation (fig. 5). Il s'agit d'un champignon mycorhizateur dont les sclérotés sont préservés dans les sédiments. Bien qu'on le retrouve au sein de différents milieux, ce champignon semble particulièrement abondant en milieu sec dans les tourbières (Comtois, 1982 ; Garneau, 1987 ; Van Geel, 1978). Le feu aura provoqué un assèchement de la surface entraînant ainsi la multiplication de ce champignon.

L'étape III couvre la section entre 116 et 92,5 cm (6900 à 5800 BP). Un âge de 6545 ans BP a été obtenu au milieu de la zone. Cette étape montre une hausse de la concentration macrofossile sans toutefois présenter une grande diversité (dix espèces identifiées). Vers 6800 ans, le milieu local est sans doute très ouvert. Quelques mélèzes et épinettes sont présents localement, mais de nombreuses graines de *Menyanthes trifoliata* attestent de la très grande abondance de cette espèce héliophile et hydrophile (fig. 5), indiquant ainsi un retour vers des conditions locales plus humides. Les cypéracées atteignent un maximum pollinique (15 %) traduisant aussi le caractère ouvert de ce secteur de la tourbière. La courbe pollinique du saule indique la réimplantation de cette espèce aux abords du site en compagnie des osmondes et des ptéridophytes, reflétant des conditions minérotrophes. Au même moment, les sphaignes sporulent abondamment, probablement en raison de la luminosité accrue résultant de l'absence des arbres.

Des mares étaient présentes au point d'échantillonnage à cette époque. En effet, le maximum de représentation de *Menyanthes trifoliata* correspond à une diminution importante de la densité du couvert arborescent. L'ombre causée auparavant par la présence des arbres empêchait la multiplication de *Menyanthes*. Durant l'étape III, cette espèce devait coloniser les abords d'une mare dont la formation aura été favorisée par une hausse de l'humidité du milieu et de la nappe phréatique.

L'étape IV représente, du point de vue stratigraphique, la plus longue séquence (92,5 à 15 cm) entre 5800 et 1000 ans BP. Il s'agit d'une phase monotone où les variations de la représentation macrofossile sont faibles. Seule une date de 5145 ans BP a été obtenue au niveau 77,5-82,5 cm.

Vers 5800 ans BP (90 cm), le statut trophique de la tourbière change. Les restes des cypéracées, jusque-là abondants (fig. 5), disparaissent graduellement au profit des éricacées (fig. 4 et 5) qui se propagent pour la première fois, représentées par *Cassandra calyculata*, *Andromeda glaucophylla*, *Vaccinium angustifolium*, *Vaccinium oxycoccos* et *Kalmia polifolia*. Les sphaignes sporulent abondamment atteignant parfois une représentation dépassant 50 %, malgré plusieurs fluctuations. La croissance des sphaignes a entraîné une diminution de la conductivité hydraulique du milieu local provoquant une hausse de la nappe phréatique et ainsi l'ombrotrophication de la tourbière (Ingram, 1983). L'apport en eaux minérotrophes

cesse et le site est alors alimenté par les seules précipitations atmosphériques.

En dépit de l'absence des macrorestes de *Nemopanthus*, la représentation pollinique exceptionnelle (27 %) atteinte par cette arbuste à 80 cm témoigne de la constitution d'un lagg à proximité du point d'échantillonnage. Au même moment, les osmondes et les fougères disparaissent graduellement (fig. 4). Il peut s'agir là d'un changement des conditions générales de drainage de la tourbière, le bombement central provoquant un écoulement de surface enrichissant la marge de la tourbière et ainsi la création du lagg. L'accumulation subséquente de la tourbe a par la suite entraîné le déplacement du lagg à la marge de la zone de paludification. Le phénomène paraît donc essentiellement autogène, à l'échelle du lobe tourbeux.

Entre 85 et 90 cm, vers 5700 ans BP, les charbons de bois montrent un maximum prononcé (fig. 3) témoignant encore une fois du passage d'un feu. Les épinettes disparaissent alors brusquement (fig. 5), créant l'ouverture du milieu. L'assèchement produit par ce feu entraîne le retour de *Cenococcum graniforme* et l'apparition des premiers rhizopodes, notamment *Hyalosphenia subflava* (fig. 4). Il s'agit d'une espèce indicatrice de milieux perturbés et de conditions sèches de la tourbe (Van Geel, 1978). Par la suite, le paysage demeurera relativement stable et quelques populations sporadiques d'épinettes noires et de mélèzes, accompagnées principalement de *Cassandra calyculata*, se succéderont selon la fréquence des feux.

Il semble qu'il y ait eu quelques fluctuations importantes de la nappe phréatique durant cette phase. En effet, entre 50 et 30 cm, il y a alternance entre le rhizopode *Hyalosphenia subflava* et des taxons indicateurs de conditions locales humides comme *Habrotricha angusticollis* (Warner et Chengalath, 1991) et *Arcella artocrea* (fig. 4). Un rehaussement important de la nappe phréatique entre 15 et 25 cm a provoqué la formation de quelques mares éphémères colonisées, en autres, par *Nymphaea* et *Scheuchzeria palustris* (fig. 5). L'humidité élevée du milieu a permis la conservation des restes de *Cassandra calyculata* qui devait être présente en périphérie des mares.

L'étape V couvre les 15 cm supérieurs du profil. La concentration macrofossile est faible et il y a disparition complète des macrorestes de *Cassandra calyculata*. Les apports polliniques indiquent toutefois la prédominance des éricacées. Cette période est marquée par l'implantation du bouleau à feuilles de peuplier (*Betula populifolia*) et du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*), espèces de milieux perturbés par le défrichement et les feux.

La phase anthropique est très faiblement représentée (fig. 4). En effet, les plantes rudérales telles *Ambrosia* et *Rumex*, normalement bien représentées par leur pollen au sommet des diagrammes sont ici pratiquement absentes. Il est possible qu'une certaine épaisseur de matière organique ait été éliminée par suite de l'action des feux (présence de charbons) et à l'intervention humaine par les travaux de drainage, masquant ainsi l'expression de cette phase.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Plusieurs travaux ont porté sur l'influence des facteurs allogènes et autogènes concernant l'origine et l'évolution des tourbières. Certaines études prônent l'influence directe du climat comme principal agent du développement des tourbières (Barber, 1981), alors que, selon d'autres, les processus internes exerceraient une plus grande influence (Glaser et Janssens, 1986). Selon Barber (1981), un climat chaud et sec entraîne une plus grande humification de la matière organique, alors qu'une hausse des précipitations associée à une baisse des températures favorise la formation d'horizons faiblement décomposés. Cette hausse des précipitations maintient la nappe phréatique à un niveau élevé pouvant conduire à la formation des mares.

Des études réalisées dans l'Ouest canadien ont montré l'importance du climat sur le processus d'entourbement (Kuhry *et al.*, 1992, 1993). Les températures chaudes et sèches qui prévalaient dans cette région au début de l'Holocène inhibaient toute formation des tourbières. Vers 6000 ans BP, des conditions climatiques plus fraîches et plus humides ont permis la paludification de plusieurs ma-

rais et l'entourbement des milieux environnants. Cependant, il ne semble exister aucune relation entre le climat et l'évolution subséquente des tourbières, les changements n'étant pas synchrones d'un site à l'autre.

Le tableau III présente une synthèse des résultats et l'évolution des conditions hydrologiques locales de la tourbière de Farnham. Le climat ne semble pas avoir été le principal élément déclencheur de la paludification et de l'entourbement. En raison du cours laps de temps entre le retrait des eaux et l'accumulation des premiers sédiments organiques, l'humidité élevée assurée par une couche argileuse imperméable au sein de la dépression semble avoir été le facteur responsable de l'origine de la tourbière. Le comblement du marais et l'ombrotrophication subséquente sont sans doute le résultat de processus autogènes tels l'accumulation même de tourbe et l'hydrologie interne. Lors de la période minérotrophe, la tourbière était alimentée par des eaux enrichies ayant circulé sur les sols périphériques permettant ainsi l'implantation d'une flore minérotrophe diversifiée. L'accumulation subséquente de la tourbe a provoqué l'isolation de la tourbière, par rapport au drainage périphérique, et peut-être même la formation d'un dôme ;

TABLEAU III

Synthèse de l'histoire de la végétation régionale, du développement de la tourbières et des conditions hydrologiques locales

Age (Années BP)	Végétation régionale	Essences majeures	Statut trophique	Taxons locaux indicateurs	Hydrologie locale
0			Bog	<i>Betula populifolia</i> <i>Populus tremuloides</i> <i>Ericaceae, Sphagnum</i>	Conditions plus sèches
1000				<i>Scheuchzeria palustris</i> <i>Nymphaea</i>	Mares
2000					Fluctuations de la nappe phréatique
3000	Érablière à tilleul	<i>Acer, Tsuga, Fagus, Tilia, Betula</i>	Bog	<i>Picea, Larix</i> <i>Ericaceae</i> <i>Sphagnum</i>	Conditions plus sèches et plus acides
4000					
5000					
6000	Érablière à bouleau jaune	<i>Acer, Tsuga, Betula alleghaniensis</i>	Fen	<i>Larix, Picea, Menyanthes, Cyperaceae</i>	Conditions humides, mares
7000	Érablière sans équivalent actuel	<i>Acer, Pinus, Quercus, Betula papyrifera</i>	Fen	<i>Larix, Picea, Cyperaceae</i>	Conditions plus sèches
8000	Sapinière à bouleau blanc	<i>Pinus Quercus</i>	Fen	<i>Larix, Picea, Pinus, Abies</i>	Conditions humides

celui-ci a alors été alimenté exclusivement par les précipitations atmosphériques. La constitution de mares et de lagg au point étudié pourrait ainsi traduire le bombement de la partie centrale du lobe, la modification du drainage qu'ils impliquent résultant alors de processus authigènes.

Il semble toutefois qu'une influence climatique ait agi durant l'étape III, se traduisant par des conditions plus humides associées à une hausse des précipitations ou à une diminution de l'évapotranspiration vers 6900 ans BP. De telles conditions auraient entraîné l'élévation du niveau de la nappe phréatique près de la surface du sol. L'eau se serait maintenue suffisamment longtemps pour provoquer une baisse de l'humification de la matière organique et permettre la formation de quelques mares. En outre, Filion (1987) a interprété la fin des mouvements dunaires au centre des basses terres du Saint-Laurent entre 7700 et 7500 ans BP comme étant le résultat d'une hausse importante de l'humidité à l'échelle régionale.

Le processus de comblement des mares devait être très lent puisque les concentrations polliniques montrent des maximums prononcés au même moment (fig. 4). Les algues colonisant le fond des mares libèrent une grande quantité d'oxygène par photosynthèse. Les concentrations d'oxygène ainsi que la présence de cyanobactéries fixatrices d'azote entraînent une action corrosive sur la matière organique qui se décompose alors très facilement (Hamilton *et al.*, 1994 ; Sjors, 1961). Même si la courbe d'accumulation des sédiments montre un taux constant à ce moment, en raison du manque de datations (fig. 3), l'accumulation de la tourbe devait toutefois être sûrement ralentie, provoquant ainsi une plus grande concentration du pollen et une hausse des concentrations polliniques (fig. 3).

La longue durée de l'étape III ne peut donc pas à elle seule corroborer l'hypothèse climatique. Toutefois, la création des mares survient au même moment que l'expansion massive de *Tsuga canadensis* sur le territoire, laissant ainsi également supposer l'existence de conditions climatiques plus chaudes et surtout plus humides (Webb *et al.*, 1993). Il semble donc qu'une association de processus allogènes et authigènes soient responsables de l'évolution de la marge du lobe tourbeux.

Les feux semblent également avoir joué un rôle déterminant dans l'évolution des cortèges floristiques. Ils ont à plusieurs reprises, entraîné des fluctuations de la nappe phréatique et l'ouverture du couvert arboréen.

Les données actuelles sur les tourbières du Québec méridional sont encore trop fragmentaires pour permettre de généraliser nos conclusions. Il est clair que d'autres sites devront être étudiés afin de déterminer le rôle exact joué par les facteurs allogènes et authigènes, et de reconnaître l'existence d'étapes synchrones dans l'évolution des tourbières.

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre reconnaissance à M^{mes} Nicole Morasse et Hélène Jetté qui se sont chargées des analyses polliniques. Les commentaires et suggestions de

M^{me} Line Rochefort, de M. Michel Allard et d'un lecteur anonyme ont permis d'améliorer la version finale du texte.

RÉFÉRENCES

- Barber, K.E., 1981. Peat stratigraphy and climatic change. A palaeocological test of the theory of cyclic peat bog regeneration. Balkema, Rotterdam, 219 p.
- Chateauvert, J.-Y. et Avramtchev, L., 1980. Inventaire des tourbières du Québec au 1^{er} janvier 1979. Ministère de l'Énergie et des Ressources, DPV-718, Direction générale de la recherche géologique et minérale, 8 p.
- Comtois, P., 1982. Histoire holocène du climat et de la végétation à Lanoraie (Québec). Canadian Journal of Earth Sciences, 19 : 1938-1952.
- Couillard, L. et Payette, S., 1985. Évolution holocène d'une tourbière à pergélisol (Québec nordique). Canadian Journal of Botany, 63 : 1104-1121.
- Coûteaux, M., 1962. Notes sur le prélèvement et la préparation de certains sédiments. Pollen et Spores, 4 : 317-322.
- Davis, R.B. et Jacobson, G.L., 1985. Late glacial and early Holocene landscapes in northern New England and adjacent areas of Canada. Quaternary Research, 23 : 341-368.
- Dyke, A.S. et Prest, V.K., 1987. Late Wisconsinan and Holocene history of the Laurentide Ice Sheet. Géographie physique et Quaternaire, 41 : 237-263.
- Fægri, K. et Iversen, J., 1975. Textbook of pollen analysis. Hafner, New York, 328 p.
- Filion, L., 1987. Holocene development of parabolic dunes in the central St. Lawrence Lowland, Québec. Quaternary Research, 28 : 196-209.
- Foster, D.R. et Glaser, P.H., 1986. The raised bogs of south-eastern Labrador, Canada : Classification, distribution, vegetation and recent dynamics. Journal of Ecology, 74 : 47-71.
- Foster, D.R. et King, G.A., 1984. Landscape features, vegetation and developmental history of a patterned fen in south-eastern Labrador, Canada. Journal of Ecology, 72 : 115-143.
- Foster, D.R., King, G.A., Glaser, P.H. et Wright Jr, H.E., 1983. Origin of string patterns in boreal peatlands. Nature, 306 : 256-258.
- Foster, D.R., Wright Jr, H.E., Thelaus, M. et King, G.A., 1988. Bog development and landform dynamics in central Sweden and south-eastern Labrador, Canada. Journal of Ecology, 76 : 1164-1185.
- Garneau, M., 1987. Reconstitution paléocéologique d'une tourbière littorale de l'estuaire du Saint-Laurent : analyse macrofossile et sporopollinique. Géographie physique et Quaternaire, 41 : 109-125.
- Gauthier, R., 1980. La végétation des tourbières et les sphaignes du parc des Laurentides, Québec. Études écologiques, 3 : 1-634.
- Gauthier, R. et Grandtner, M.M., 1975. Étude phytosociologique des tourbières du Bas Saint-Laurent, Québec. Naturaliste canadien, 102 : 109-153.
- Glaser, P.H. et Janssens, J.A., 1986. Raised bogs in eastern North America : Transitions in landforms and gross stratigraphy. Canadian Journal of Botany, 64 : 395-415.
- Gleason, H.A. et Cronquist, A., 1991. Manual of vascular plants of Northeastern United States and adjacent Canada. The New York Botanical Garden, New York, 910 p.
- Hamilton, J.D., Kelly, C.A., Rudd, J.W.M., Hesslein, R.H. et Roulet, N.T., 1994. Flux to the atmosphere of CH₄ and CO₂ from wetland ponds on the Hudson Bay lowlands (HBLs). Journal of Geophysical Research, 99(D1) : 1495-1510.
- Ingram, H.A.P., 1983. Hydrology, p. 67-158. In A.J.P. Gore, ed., Ecosystems of the world, 4A. Mires : Swamp, bog, fen and moor. Elsevier, Amsterdam.

- Jean, M. et Bouchard, A., 1987. La végétation de deux tourbières de la municipalité régionale de comté du Haut-Saint-Laurent (Québec). *Canadian Journal of Botany*, 65 : 1969-1988.
- Jorgensen, S., 1967. A method of absolute pollen counting. *New Phytologist*, 66 : 489-493.
- Kuhry, P., Halsey, L.A., Bayley, S.E. et Vitt, D.H., 1992. Peatland development in relation to Holocene climatic change in Manitoba and Saskatchewan (Canada). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29 : 1070-1090.
- Kuhry, P., Nicholson, B.J., Gignac, L.D., Vitt, D.H. et Bayley, S.E., 1993. Development of *Sphagnum*-dominated peatlands in boreal continental Canada. *Canadian Journal of Botany*, 71 : 10-22.
- Laframboise, M., 1987. Origine et évolution de deux terres noires de la MRC du Haut-Saint-Laurent, Québec. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal, 94 p.
- Larouche, A., 1979. Histoire postglaciale comparée de la végétation à Sainte-Foy et au mont des Éboulements, Québec, par l'analyse macrofossile et par l'analyse pollinique. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 117 p.
- Lévesque, M. et Millette, J.A., 1977. Description morphologique et aspects chimiques de la tourbière à laïches de Farnham, Québec. *Naturaliste canadien*, 104 : 511-526.
- Lévesque, M., Richard, P.J.H. et Diné, H., 1978. Analyse pollinique et micromorphologique de deux tourbières du sud-ouest du Québec. *Canadian Journal of Soil Science*, 58 : 525-528.
- Macpherson, J.B., 1967. Raised shoreline and drainage evolution in the Montreal Lowland. *Cahiers de Géographie du Québec*, 23 : 343-360.
- Miller, N.G. et Futyma, R.P., 1987. Paleohydrological implications of Holocene peatland development in northern Michigan. *Quaternary Research*, 27 : 297-311.
- Moore, P.D., 1986. Hydrological changes in mires, p.91-107. In B.E. Berglund, ed., *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. John Wiley and Sons, New York, 869 p.
- Mott, R.J., 1977. Late Pleistocene and Holocene palynology in southeastern Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 31 : 139-149.
- Parent, M., Dubois, J.-M.M., Bail, P., Larocque, A. et Larocque, G., 1985. Paléogéographie du Québec méridional entre 12 500 et 8000 ans BP. *Recherches amérindiennes au Québec*, 15 : 17-37.
- Payette, S., 1988. Late-Holocene development of subarctic ombrotrophic peatlands : Allogenic and autogenic succession. *Ecology*, 69 : 516-531.
- Richard, P.J.H., 1975. Contribution à l'histoire postglaciale de la végétation dans les Cantons-de-l'Est : étude des sites Weedon et Albion. *Cahiers de Géographie du Québec*, 19 : 267-284.
- 1976. Relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique au Québec. *Naturaliste canadien*, 103 : 53-66.
- 1977. Histoire post-wisconsinienne de la végétation du Québec méridional par l'analyse pollinique. Service de la recherche, Direction générale des forêts, ministère des Terres et Forêts du Québec, Publications et rapports divers, tome 1, xxiv+312 p. ; tome 2, 142 p.
- 1978. Histoire tardiglaciale et postglaciale de la végétation au mont Shefford, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 32 : 81-93.
- 1987. Le couvert végétal du Québec-Labrador et son histoire postglaciale. Notes et Documents 87 01, Université de Montréal, 74 p.
- 1994. Postglacial palaeophytogeography of the Eastern St-Lawrence River watershed and the climatic signal of the pollen record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109 : 137-163.
- Risi, J., Brunette, C.-E., Spence, D. et Girard, H., 1953. A chemical study of the peats of Québec. Ministère des Richesses naturelles, Québec, n° 282, 41 p.
- Sjors, H., 1961. Surface patterns in boreal peatland. *Endeavour*, 19 : 217-224.
- Van Geel, B., 1978. A palaeoecological study of holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25 : 1-120.
- Warner, B.G. et Chengalath, R., 1991. *Habrotricha angusticollis* (Bdelloida, Rotifera) : A new paleoecological indicator in Holocene peat deposits in Canada. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie*, 24 : 2738-2740.
- Webb, R.S., Anderson, K.H. et Webb III, T., 1993. Pollen response-surface estimates of Late-Quaternary changes in the moisture balance of the northeastern United States. *Quaternary Research*, 40 : 213-227.
- Wilson, C.V., 1971. Le climat du Québec. Étude climatologique n° 11, 116 p.
- Winkler, M.G., 1988. Effect of climate on development of two *Sphagnum* bogs in south-central Wisconsin. *Ecology*, 69 : 1032-1043.