Document generated on 07/22/2024 4:21 p.m.

Géographie physique et Quaternaire

Végétation tardiglaciaire et postglaciaire au sud-est du parc des Laurentides, Québec
Lateglacial and Postglacial vegetation, southeast of Parc des Laurentides, Québec
Spät- un post-glaziale Vegetation im Südosten des Parc-des-Laurentides, Québec

Claude Labelle and Pierre J.H. Richard

Volume 35, Number 3, 1981

URI: https://id.erudit.org/iderudit/1000544ar
DOI: https://doi.org/10.7202/1000544ar

See table of contents

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)
1492-143X (digital)

Explore this journal

Cite this article

Labelle, C. & Richard, P. J. (1981). Végétation tardiglaciaire et postglaciaire au sud-est du parc des Laurentides, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, *35*(3), 345–359. https://doi.org/10.7202/1000544ar

Article abstract

Pollen analysis of the sediments of three lakes located southeast of the Laurentides provincial Park served to reconstruct different stages in the post-Wisconsinan vegetational history. Those stages proved to be widespread within the studied area. The first stage (subzone 1a) corresponds to a very open landscape, but the scarce vegetation cover already consisted in many herb and shrub taxa. After a transitional stage (subzone 1b), a very rich tundra-like vegetation occurred (subzone 1c), followed by a shrub-dominated vegetation in which *Betula glandulosa* played an important role (subzone 1d). *Populus* cf. *tremuloïdes* initiated the afforestation stage (subzone 2a), followed by *Picea mariana*. The afforestation was completed by the immigration of many tree species (*Betula papyrifera, Pinus* cf. *divaricata, Abies balsamea, Picea glauca* and *Larix laricina*) during the next stage (subzone 2b). The pollen of *Alnus* cf. *crispa* shows maximum abundance within subzone 2b. The dating of these stages is hampered by thp lack of chronological control of the largely inorganic sediments to which they belong. However, at least one thousand years passed between ice retreat and the immigration of *Populus* cf. *tremuloïdes*. The forest vegetation history (zone 3) that followed afforestation has been quite monotonous. Only minor changes of the abundance of species like *Pinus strobus, Picea mariana* and *Pinus* cf. *divaricata* are revealed by the pollen diagrams. Most of the tree species were present very early in the Holocene.

Tous droits réservés © Les Presses de l'Université de Montréal, 1981

This document is protected by copyright law. Use of the services of Érudit (including reproduction) is subject to its terms and conditions, which can be viewed online.

https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/

érudit

This article is disseminated and preserved by Érudit.

Érudit is a non-profit inter-university consortium of the Université de Montréal, Université Laval, and the Université du Québec à Montréal. Its mission is to promote and disseminate research.

https://www.erudit.org/en/

Géographie physique et Quaternaire, 1981, vol. XXXV, n° 3, p. 345-359, 7 fig., 2 tabl.

VÉGÉTATION TARDIGLACIAIRE ET POSTGLACIAIRE AU SUD-EST DU PARC DES LAURENTIDES, QUÉBEC

Claude LABELLE et Pierre J.H. RICHARD, Département de géographie, université de Montréal, c.p. 6128, succursale «A», Montréal, Québec H3C 3J7.

RÉSUMÉ L'analyse pollinique des sédiments de trois lacs situés au sud-est du parc des Laurentides a permis de retracer les étapes de la recolonisation végétale post-wisconsinienne. Celle-ci s'est effectuée selon un schéma assez constant à travers le secteur à l'étude. Au début, la végétation était très ouverte, mais tout de même relativement riche en taxons herbacés et arbustifs. Cette phase initiale de végétation (sous-zone **1a**) fut suivie, après une période de transition (sous-zone **1b**), par une végétation luxuriante de type toundra (sous-zone **1c**). Celle-ci fut à son tour remplacée par une végétation de type toundra arbustive (sous-zone **1d**) où l'on voit s'accroître l'importance de *Betula glandulosa* et d'autres éléments arbustifs. Avec un certain métachronisme entre les sites, l'afforestation s'est amorcée par l'installation du *Populus* cf. *tremuloïdes* (sous-zone **2a**) et s'est poursuivie par l'arrivée de *Picea mariana* (fin de la sous-zone **2a**) puis, par celle d'une série d'arbres tels *Betula papyrifera, Pinus* cf. *divaricata, Abies balsamea, Picea glauca* et *Larix laricina* (sous-zone **2b**). Pendant cette dernière phase de l'afforestation, l'abondance du pollen d'*Alnus* cf. *crispa* dans les spectres est maximale. Il semble qu'au moins mille ans se soient écoulés avant l'arrivée des arbres autres que le *Populus* cf. *tremuloïdes*. Par la suite, l'histoire de la végétation forestière (zone **3**) a été plutôt monotone. Bien que les diagrammes révèlent des périodes de plus grande abondance de certains taxons *(Pinus strobus, Picea mariana, Pinus* cf. *divaricata)*, la majorité des arbres, présents actuellement dans la région, ont migré très tôt à l'Holocène.

ABSTRACT *Lateglacial and Postglacial vegetation, southeast of Parc des Laurentides, Québec.* Pollen analysis of the sediments of three lakes located southeast of the Laurentides provincial Park served to reconstruct different stages in the post-Wisconsinan vegetational history. Those stages proved to be widespread within the studied area. The first stage (subzone **1a**) corresponds to a very open landscape, but the scarce vegetation cover already consisted in many herb and shrub taxa. After a transitional stage (subzone **1b**), a very rich tundra-like vegetation occurred (subzone **1c**), followed by a shrub-dominated vegetation in which *Betula glandulosa* played an important role (subzone **1d**). *Populus* cf. *tremuloïdes* initiated the afforestation stage (subzone **2a**), followed by *Picea mariana*. The afforestation was completed by the immigration of many tree species *(Betula papyrifera, Pinus* cf. *divaricata, Abies balsamea, Picea glauca* and *Larix laricina)* during the next stage (subzone **2b**). The pollen of *Alnus* cf. *crispa* shows maximum abundance within subzone **2b**. The dating of these stages is hampered by the lack of chronological control of the largely inorganic sediments to which they belong. However, at least one thousand years passed between ice retreat and the immigration of *Populus* cf. *tremuloïdes*. The forest vegetation history (zone 3) that followed afforestation has been quite monotonous. Only minor changes of the abundance of species like *Pinus strobus, Picea mariana* and *Pinus* cf. *divaricata* are revealed by the pollen diagrams. Most of the tree species were present very early in the Holocene.

ZUSAMMENFASSUNG *Spät- un postglaziale Vegetation im Südosten des Parc-des-Laurentides, Québec.* Die Pollenanalyse der Sedimente von drei im süd-östlichen Parc-des-Laurentides gelegenen Seen, haben uns erlaubt die Wiederansiedlung von der post-wisconsin Vegetation zu beobachten. Diese hat sich, über das ganze Forschungsgebiet, nach einem ziemlich beständigen Schema vollzogen. Zu Beginn war die Vegetation sehr offen, aber doch schon verhältnismässig reich an Grässer- und BuschTaxonen. Dieser Anfangsphase der Vegetation (Subzone **1a**), folgte nach einer Übergangszeit (Subzone **1b**) eine mehr üppige Vegetation vom Tundratyp (Subzone **1c**). Diese wurde ebenfalls durch eine Vegetation vom Typ Buschtundra ersetzt (Subzone **1d**), wo man eine wachsende Menge von *Betula glandulosa* und andere Busch-Elemente beobachten kann. Mit einem gewissen Metachronismus unter den Gebieten hat die Bewaldung durch die Ansiedlung von *Populus* cf. *tremuloides* (Subzone **2a**) angefangen und hat sich durch die Ansiedlung von *Picea mariana* (Ende der Subzone **2a**) fortgesetzt, gefolgt von mehreren Baumarten wie *Betula papyrifera, Pinus* cf. *divaricata, Abies balsamea, Picea glauca* et *Larix laricina* (Subzone **2b**). In dieser letzten Phase der Bewaldung, ist die Häufigkeit von *Alnus* cf. *crispa* — Pollen in den Spektren auf ihrem Höhepunkt angelangt. Später erweist sich die Geschichte der Waldvegetation (Zone **3**) als ziemlich monoton. Wenn auch die Diagramme eine grössere Fülle gewisser Taxone *(Pinus strobus, Picea mariana, Pinus* cf. *divaricata)* zeigen, so sind doch die meisten Bäume, die man heute in der Region findet, seit dem frühen Holozän migriert.

INTRODUCTION

Cet article présente les résultats de l'analyse pollinique des sédiments de trois lacs situés au sud-est du parc des Laurentides (fig. 1). L'étude contribue à nos connaissances sur l'histoire postglaciaire de la végétation et, en particulier, sur les étapes de la colonisation végétale dès le retrait de l'inlandsis. À ce chapitre, notre travail montre que la nature et la succession des zones polliniques aux trois sites ne sont pas le fruit de situations strictement locales, mais représentent bien un schéma constant de colonisation végétale dans le secteur à l'étude.

LOCALISATION ET DESCRIPTION DES SITES

Les lacs à l'Ange et à la Fourche sont localisés au nord-ouest de Baie-Saint-Paul, respectivement à 18 et 10 km environ au sud du complexe morainique de Saint-Narcisse. Le lac Marcotte se trouve pour sa part à une trentaine de kilomètres au nord de Québec et à quelque 25 km au sud du complexe morainique. Tous sont situés au-dessus de la limite marine maximale atteinte par la mer de Goldthwait (près de 200 m, région de Baie-Saint-Paul ; RONDOT, 1974), à la marge d'une zone où les altitudes dépassent généralement 700 m. Les principaux caractères des sites paraissent au tableau I. Ce sont des lacs de faible taille, moins de 0,06 km² chacun. Le lac Marcotte est le plus petit, ne couvrant que les deux tiers de la superficie des autres lacs. De plus, il contient, dans sa partie la plus profonde, moins de 1,30 m d'eau. Le lac Marcotte est le seul, cependant, qui possède un affluent d'importance notable. Ces paramètres de morphométrie des lacs sont à retenir, puisqu'ils sont susceptibles d'influencer la représentation pollinique, notamment au niveau des influx. Nous y reviendrons.

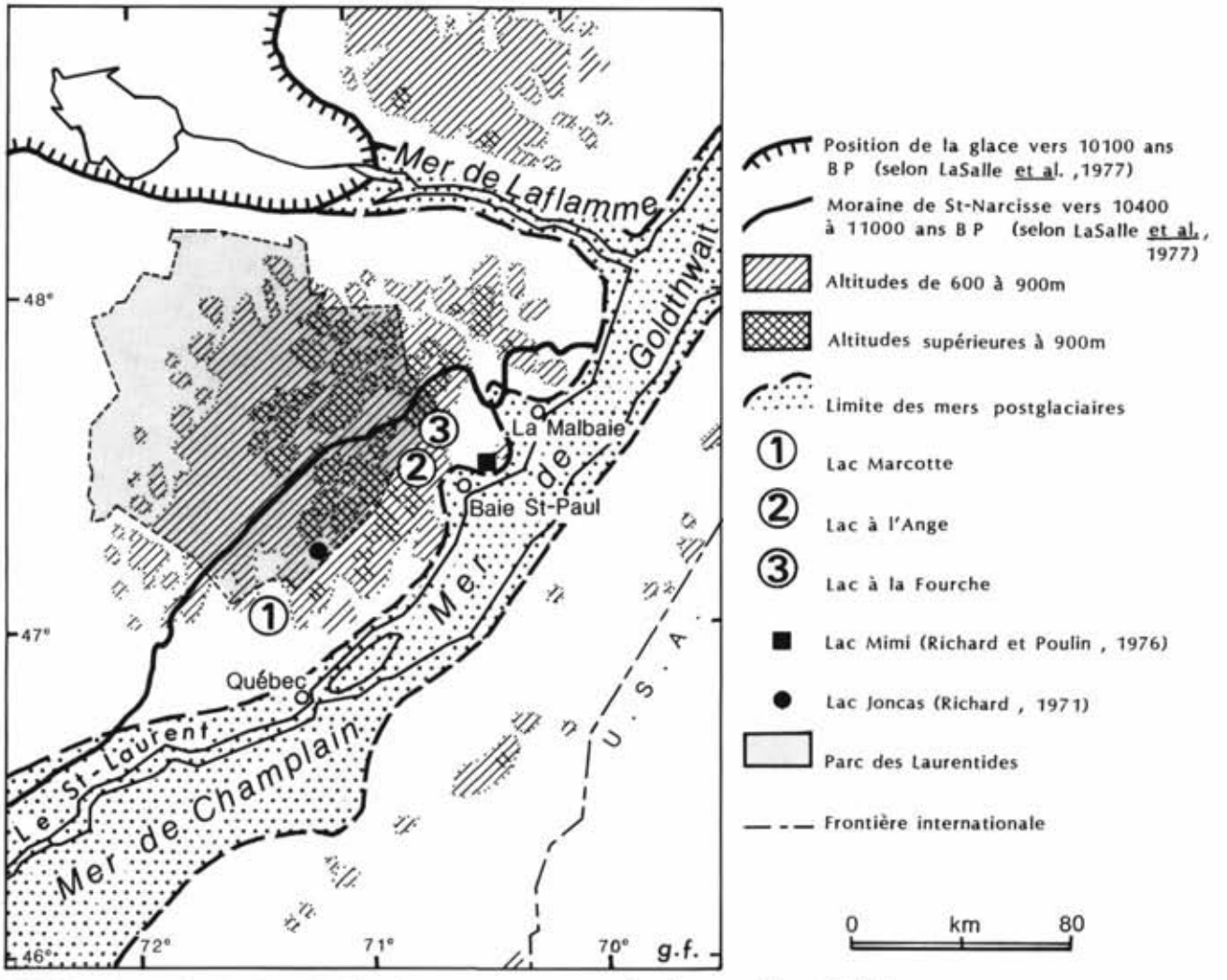


FIGURE 1. Localisation des lacs échantillonnés. *Location map of the studied sites.*

TABLEAU I

Caractères des lacs échantillonnés

Nom	Lac à l'Ange	Lac à la Fourche	Lac Marcotte
Coordonnées géographiques	47°28'54" lat. N. 70°41'05" long. O	47°36'35" lat. N. 70°36'57" long. O	47°04'40" lat. N 71°25'24" long. O
Altitude	640 m	305 m	503 m
Forme	polygonale (un effluent)	triangulaire (un effluent)	rectangulaire (un effluent et un affluent)
Superficie	0,005 km²	0,058 km²	0,038 km²
Superficie du bassin-versant lacustre	0,61 km²	0,71 km²	1,51 km²
Profondeur d'eau	3,00 m	4,38 m	1,26 m
Épaisseur des sédiments	5,67 m	5,36 m	3,72 m
Épaisseur des sédiments inorganiques	0,55 m	0,29 m	0,37 m

La bordure méridionale du Bouclier canadien présente un intérêt particulier du point de vue de la paléophytogéographie tardiglaciaire. Au Québec, lors de la déglaciation du nord du Saint-Laurent à l'époque de la mise en place du système morainique de Saint-Narcisse, le secteur étudié formait enclave entre l'inlandsis au nord et les mers de Champlain et de Goldthwait au sud. La colonisation végétale s'est donc opérée au début selon les limitations qu'imposait ce cadre paléogéographique particulier, la glace et les eaux marines pouvant agir chacune à leur manière comme des barrières à l'établissement de la végétation. Les sites retenus sont susceptibles d'enregistrer, de par leur altitude, certaines des plus vieilles séquences polliniques en dehors de la limite des mers postglaciaires, au nord du Saint-Laurent.

Le choix des sites a été grandement limité par des difficultés d'accès. Ce problème explique que les lacs à l'Ange et à la Fourche aient été retenus malgré la faible distance (16 km) qui les sépare l'un de l'autre. En revanche, ceci permet d'évaluer la portée régionale des résultats tirés de chaque site.

CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU PHYSIQUE

Il existe un fort gradient climatique entre le Saint-Laurent et le massif du parc des Laurentides. Localisés à la marge sud-est de ce massif, les sites à l'Ange, à la Fourche et Marcotte bénéficient de conditions légèrement plus clémentes que celles qui sévissent au centre. Que l'on considère les moyennes annuelles des températures, les moyennes de janvier ou de juillet, le nombre de jours sans gel ou le total des précipitations, toute la région demeure néanmoins l'une des plus froides, des plus pluvieuses et des plus neigeuses du Québec méridional (FERLAND et GAGNON, 1974).

Laissant percer quelques affleurements rocheux, les dépôts meubles sont principalement représentés par le till sous forme de moraines de fond et d'ablation, et par des dépôts fluvio-glaciaires et glacio-lacustres qui tapissent les fonds de vallées. S'ajoute à cela, le complexe morainique de Saint-Narcisse qui traverse le massif du parc des Laurentides et en constitue le trait majeur de l'histoire et du paysage glaciaires (DIONNE *et al.*, 1968 ; LASALLE *et al.*, 1972 ; RONDOT, 1974).

Le secteur des lacs à l'Ange et à la Fourche se situe sur la bordure méridionale de la région forestière boréale, plus précisément dans la section Laurentides-Onatchiway (B.1a) (ROWE, 1972). Selon la zonation de GRANDTNER (1966), cette végétation appartient au domaine climacique de la sapinière. Ce sont des formations conifériennes où dominent le sapin baumier *(Abies balsamea)*, l'épinette noire *(Picea mariana)* ainsi que le bouleau blanc *(Betula papyrifera)* comme principal feuillu. Ce dernier peut constituer de véritables bétulaies par endroits. L'épinette blanche *(Picea glauca)* est présente mais en faible quantité. Le peuplier faux-tremble *(Populus tremuloïdes)*, le pin gris *(Pinus divaricata)* et le bouleau blanc *(Betula papyrifera)* forment après les feux des peuplements caractéristiques. D'autres essences apparaissent plus rarement ; ce sont le pin blanc *(Pinus strobus)*, le mélèze laricin *(Larix laricina)*, le peuplier baumier *(Populus balsamifera)*, l'orme d'Amérique *(Ulmus americana)* et le cèdre blanc *(Thuja occidentalis)*.

Au sud de ces formations, le bouleau jaune *(Betula alleghaniensis)* prend de l'importance et les meilleures stations abritent l'érable à sucre *(Acer saccharum)*. En effet, des enclaves de l'érablière se maintiennent le long du Saint-Laurent, comme à Baie-Saint-Paul et à La Malbaie.

Le secteur du lac Marcotte est situé à la marge septentrionale de la section laurentienne (L.4a) de la région forestière des Grands Lacs et du Saint-Laurent (ROWE, 1972). Selon GRANDTNER (1966), cette marge appartient au domaine climacique de l'érablière à bouleau jaune. Les forêts y ont un caractère nettement plus décidu et sont composées de l'érable à sucre *(Acer saccharum)*, du bouleau jaune *(Betula alleghaniensis)* et du hêtre américain *(Fagus grandifolia)*. Le sapin baumier *(Abies balsamea)*, le bouleau blanc *(Betula papyrifera)* et l'érable rouge *(Acer rubrum)* sont aussi particulièrement abondants. Le pin blanc *(Pinus strobus)* et l'épinette blanche *(Picea glauca)* participent à la végétation, mais en moindre quantité. La pruche *(Tsuga canadensis)* et l'ostryer *(Ostrya virginiana)* sont présents à la frange sud de ces forêts; d'ailleurs, plusieurs essences *(Tilia americana, Juglans cinerea, Quercus rubra)* atteignent ici la limite septentrionale de leur aire.

ÂGE DE LA DÉGLACIATION

Il est difficile d'évaluer avec justesse l'âge de la déglaciation à nos sites. Selon les données disponibles, la partie méridionale du massif du parc des Laurentides aurait été libérée des glaces entre 12 800 — 11 600 ans BP, époque de déglaciation de la côte, et 11 000 — 10 400 ans BP environ, âge présumé du complexe morainique de Saint-Narcisse (LASALLE *et al.*, 1977). Vers 10 100 ans BP, l'inlandsis était disparu de la région, mais stationnait encore à la hauteur des basses terres du lac Saint-Jean.

Les sédiments du site à l'Ange et ceux du site Mimi (RICHARD et POULIN, 1976) (fig. 1) ont respectivement fourni, à la base des carottes, des dates de 10 710 ± 215 (GX-5328) et de 11 050 ± 460 ans BP (QU-70). Ces repères chronologiques fournissent une date minimale pour la déglaciation et pour les premières migrations végétales. L'impossibilité de dater le matériel inorganique à la base des séquences sédimentaires, et la large fourchette des dates de déglaciation interdisent la mesure de la durée des stades initiaux des migrations végétales, révélés par les diagrammes polliniques. Seule une durée globale peut être estimée.

MÉTHODES ET RÉSULTATS

Les lacs ont été échantillonnés au cours de l'été de 1977 au moyen d'une sonde à piston de type LIVINGSTONE (1955). Les sédiments ont subi au laboratoire les traitements chimiques routiniers pour l'extraction du pollen, selon une méthode établie par FAEGRI et IVERSEN (1975) et adaptée par RICHARD (1977a). Le calcul des concentrations polliniques (nombre de grains/cm^3) a été inspiré de la technique de JØRGENSEN (1967). La perte au feu représente le pourcentage du poids sec d'un échantillon (1 cm^3) après carbonisation à 600° C pendant 30 minutes. La somme pollinique de chaque spectre oscille généralement entre 400 et 700 grains et inclut le pollen des végétaux vasculaires, sauf les plantes aquatiques et les Ptéridophytes. Des notations spéciales, « cf. » ou « type », ont servi à souligner les imprécisions au niveau de l'identification des taxons. La notation « type » indique un degré d'incertitude plus fort que la notation « cf. ». Ainsi, type *Juniperus* implique qu'il s'agit possiblement du génévrier, mais aussi bien de tout autre taxon dont le pollen ou la spore lui ressemble. Dans le cas de *Pinus* cf. *divaricata*, il s'agit sûrement d'un pin et probablement du pin gris. La qualité des collections de référence et l'état de conservation des fossiles président au choix de la notation. Les clés d'identification de KAPP (1969), de RICHARD (1970) et de McANDREWS *et al.* (1973) ont été les plus couramment utilisées.

Six diagrammes polliniques ont été dressés (fig. 3 à 7). Il y a d'abord un diagramme de pourcentages pour chacun des sites. Les sédiments de la base du lac à l'Ange ont été étudiés suivant un intervalle d'échantillonnage très serré, soit 43 analyses réparties sur les 80 derniers centimètres; ces données font particulièrement l'objet d'un quatrième diagramme. Enfin, la qualité relativement bonne du contrôle chronologique aux sites à l'Ange et Marcotte a permis la construction des deux diagrammes simplifiés d'influx pollinique. Par ailleurs, dans la colonne sédimentaire du lac Marcotte, la tranche comprise entre 2,50 et 3,24 m a été analysée pour son contenu en macrofossiles. Les résultats seront intégrés au texte lors de l'interprétation des diagrammes.

La stratigraphie des sédiments se trouve en marge des diagrammes de pourcentages. Elle révèle la séquence suivante: à la base, 30 à 60 cm de matière inorganique, essentiellement du sable, du limon et de l'argile en proportion variable; une zone de transition, parfois très étalée (53 cm au lac Marcotte), marquée par un enrichissement en matière organique, le tout étant coiffé de 3 à 5 m de gyttja dont la perte au feu voisine 30%.

La section inorganique au site à l'Ange présente de fines laminations de 0,5 à 2 mm d'épaisseur, définies par des variations de couleur et de texture du matériel (ces laminations ne sont pas illustrées sur les deux diagrammes du site); elle se termine par une strate de 3 cm d'épaisseur (509 à 512 cm) riche en Diatomées assez mal conservées, dont surtout *Melosira arenaria* Moore et *Melosira teres* Brun.

Quatorze datations radiocarbones (tabl. II) ont été utilisées pour dresser les courbes de l'âge des sédiments en fonction de la profondeur (fig. 2). Le lac Marcotte présente un ralentissement sensible de l'accumulation

TABLEAU II

Les données chronologiques

Sites	niveaux datés (cm)	dates (ans BP)	n° du laboratoire de datation
à l'Ange	090-100	885 ± 160	GX-5321
	190-200	2575 ± 165	GX-5322
	290-300	4365 ± 170	GX-5323
	390-400	6410 ± 215	GX-5324
	485-492	9605 ± 350	GX-5326
	490-500*	9855 ± 305	GX-5325
	492-499*	9560 ± 245	GX-5327
	499-507	10710 ± 215	GX-5328
Marcotte	090-100	4040 ± 80	WIS-1064
	185-195	6920 ± 85	WIS-1066
	270-280	8940 ± 90	WIS-1065
	290-297	8935 ± 280	GX-5329
	297-304	9885 ± 230	GX-5330
à la Fourche	499-505	9490 ± 230	GX-5331

* Les niveaux 490 à 500 cm et 492 à 499 cm du site à l'Ange ont été prélevés sur deux carottes différentes, mais présentant les mêmes repères stratigraphiques.

nette des sédiments depuis environ 7000 ans; à peu près 4000 ans ont été nécessaires pour que s'ajoute le dernier mètre tandis qu'au lac à l'Ange, près de 3 m de sédiments se sont accumulés au cours de la même période. Dans le cas du lac à la Fourche, il ne s'agit que d'un tracé de courbe aléatoire ne s'appuyant que sur une seule date radiocarbone.

DESCRIPTION ET INTERPRÉTATION DES ZONES POLLINIQUES

Les diagrammes polliniques (fig. 3 à 7) révèlent trois grandes phases de végétation : à la base des profils, une phase non forestière (zone **1**), suivie d'une phase d'afforestation (zone **2**) et finalement, d'une phase forestière (zone **3**). Les deux premières phases couvrent la période tardiglaciaire au sens palynologique du terme (WEST, 1968 ; TERASMAE, 1973 ; RICHARD, 1977b), et la troisième correspond à la période postglaciaire caractérisée par une couverture arboréenne continue. Le diagramme des niveaux inférieurs du site à l'Ange (fig. 4),

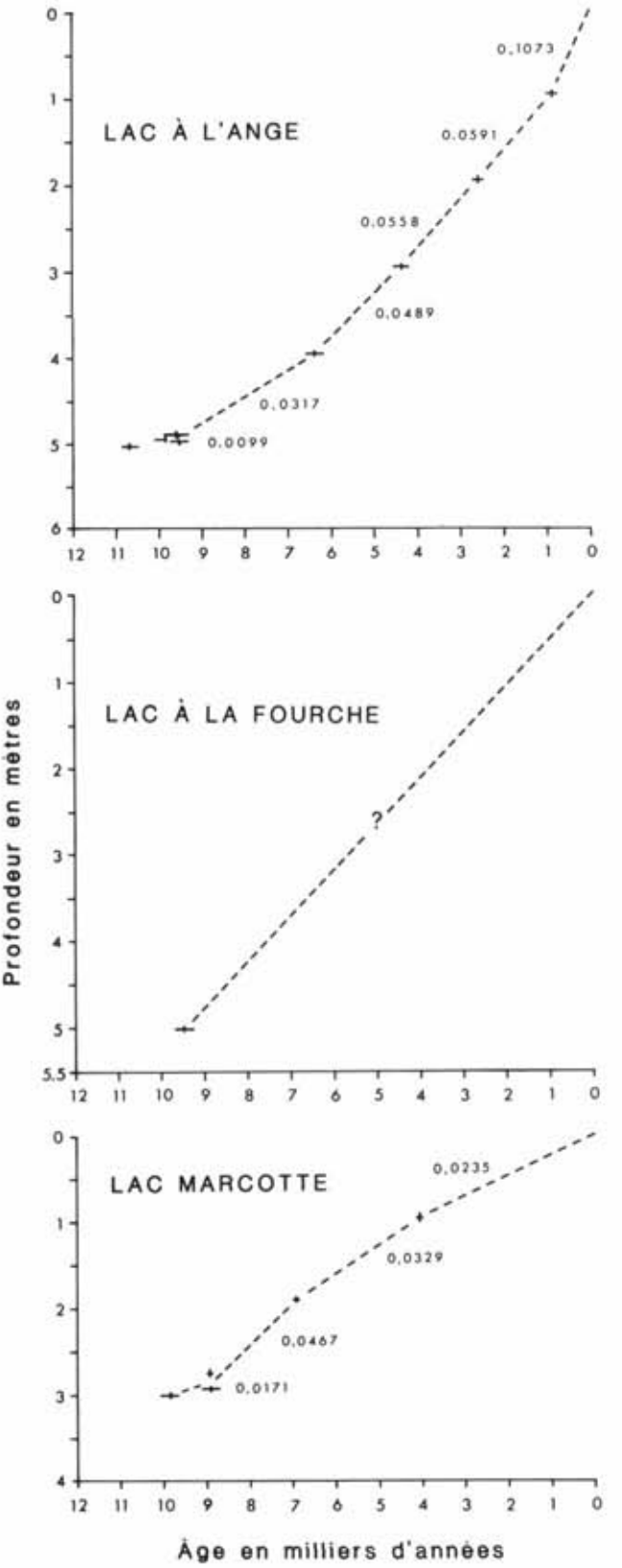


FIGURE 2. Courbes de l'âge des sédiments en fonction de la profondeur et taux net de sédimentation en cm/an. Les croix représentent les datations radiocarbones.

The age/depth curves of the sediments and net sedimentation rate in cm/yr. Crosses represent ^{14}C dates.

permet de suivre dans le menu détail l'évolution des courbes polliniques qui a présidé à la zonation tardiglaciaire (zones **1** et **2**). En effet, au site à l'Ange, 43 spectres ont été établis sur les sédiments tardiglaciaires. C'est la première fois qu'autant de niveaux, à la fois aussi rapprochés et nombreux, sont analysés pour distinguer des assemblages polliniques tardiglaciaires du Québec méridional. Le diagramme traduit finement la structure de ces assemblages, d'où une meilleure perception de la nature et du comportement de la végétation.

PHASE DE VÉGÉTATION NON FORESTIÈRE (zone **1**)

La zone **1** est interprétée dans son ensemble comme étant le reflet d'une végétation de type toundra. En effet, c'est avec les spectres polliniques de la toundra actuelle que s'apparentent le mieux les spectres de la zone **1**. Néanmoins, nous ne conférons pas à la toundra tardiglaciaire tous les caractères climatiques sous-entendus dans une définition générale de la toundra, soit des conditions données de température, de précipitations, de longueur de saison végétative, etc. La zone **1**, représentée essentiellement par les herbes et les arbustes, a été divisée en quatre sous-zones (**1a, 1b, 1c, 1b**) qui s'individualisent par des assemblages polliniques particuliers et qui marquent des stades d'évolution différents dans la densification de la végétation.

Sous-zone **1a**

La sous-zone **1a** identifie le premier stade de la recolonisation végétale dans le secteur à l'étude. Les herbes et les arbustes constituaient vraisemblablement les principaux éléments de la végétation. La flore était composée entre autres de Cypéracées, de Graminées, de Rosacées, de Légumineuses, de Caryophyllacées, d'Onagracées, de Renonculacées, de Composées tubuliflores, d'armoises, de saules, et d'Éricacées.

Les concentrations polliniques ne dépassent pas 10 000 grains/cm^3, suggérant ainsi de faibles influx polliniques et l'absence totale ou quasi totale d'arbres dans la région. Pourtant les rapports PA/T (pollen arboréen sur le total des grains inclus dans la somme pollinique) sont très élevées (70% au site Marcotte). La végétation régionale devait être très éparse, produisant au total peu de pollen, permettant ainsi une forte représentation des taxons exotiques arboréens tels le pin, l'épinette, le bouleau et le chêne. Il y a moins de 10% de matière organique dans les sédiments, ce qui indique de faibles apports de matériel issu de la végétation terrestre et des organismes aquatiques. De plus, la présence de sédiments inorganiques serait l'indice d'un humus discontinu, d'où l'érosion des dépôts glaciaires environnants et le transport des particules vers les bassins lacustres.

La sous-zone **1a** a été décrite pour la première fois au site Joncas (fig. 1) par RICHARD (1971) qui l'attribua à un désert périglaciaire. Elle représente le plus vieil assemblage pollinique de palynostratigraphie standard du Québec méridional (RICHARD, 1977b). À nos sites, les résultats s'accordent avec l'idée d'un paysage végétal ouvert à caractère plutôt désertique. Ils mettent cependant en évidence une certaine richesse floristique. Déjà, dans les diagrammes, sont représentés de nombreux taxons dont certains ont été mentionnés plus haut. Or, les herbes et les arbustes sont en général peu représentés en pollen dans un milieu de dépôt lacustre, contrairement à ce qui se produit dans une tourbière, par exemple. De plus, leur pollen ne se déplace qu'à de faibles distances du point d'émission. Sa présence dans les diagrammes renseigne surtout sur la flore locale et extra-locale et offre moins d'intérêt pour le contexte régional. Enfin, la plupart des taxons n'ont été identifiés qu'au niveau de la famille. Il est donc permis de croire qu'un nombre relativement important d'espèces participait déjà à la végétation de cette époque.

Sous-zone **1b**

Le rapport PA/T diminue et fait place à de forts pourcentages de pollen de saule ; au lac Marcotte, la représentation de ce taxon s'élève à 30%. Les pourcentages des herbes tendent à augmenter. Plusieurs plantes à distribution centrée en milieu arctique-alpin apparaissent dans les diagrammes : ce sont *Salix* type *herbacea* aux sites à l'Ange et à la Fourche, *Saxifraga* type *oppositifolia* aux sites à l'Ange et Marcotte, cf. *Oxyria digyna*, cf. *Oxytropis maydelliana* et *Polygonum viviparum* au site Marcotte ainsi qu'*Armeria maritima* et cf. *Dryas integrifolia* au site à l'Ange.

Les données polliniques attestent d'une certaine densification de la végétation herbacée et arbustive. L'ampleur de la densification est toutefois difficile à évaluer. Celle-ci a pu être de faible intensité car les concentrations polliniques n'ont guère évolué par rapport à la sous-zone **1a** (sites à l'Ange et à la Fourche) ; cependant, elles ont plus que quintuplé au site Marcotte. En fait, ces valeurs doivent être interprétées avec prudence dans l'établissement d'une relation entre densité de pollen et densité de végétation, les concentrations polliniques dépendant largement du taux d'accumulation nette des sédiments. Mais si les apports arboréens ont peu ou pas varié entre les sous-zones **1a** et **1b**, seule une occupation plus importante par les herbes et les arbustes, dont un plus grand nombre d'individus du genre *Salix*, peut expliquer la baisse des pourcentages du pollen arboréen.

La sous-zone **1b** suggère une période de réorganisation des plantes dans l'espace, provoquée aussi bien par l'installation de nouveaux taxons que par l'augmentation en nombre absolu des plantes déjà présentes dans la végétation correspondant à la sous-zone **1a**.

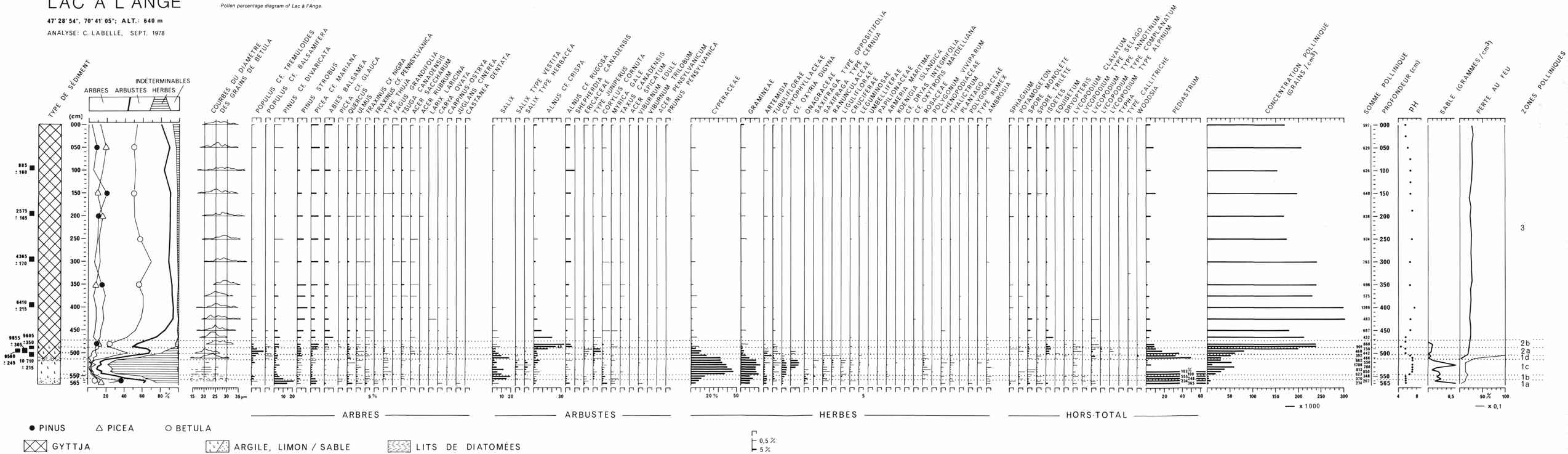
LAC À L'ANGE

47° 28' 54", 70° 41' 05"; ALT.: 640 m

ANALYSE: C. LABELLE, SEPT. 1978

FIGURE 3. Diagramme des pourcentages polliniques du lac à l'Ange.

Pollen percentage diagram of Lac à l'Ange.



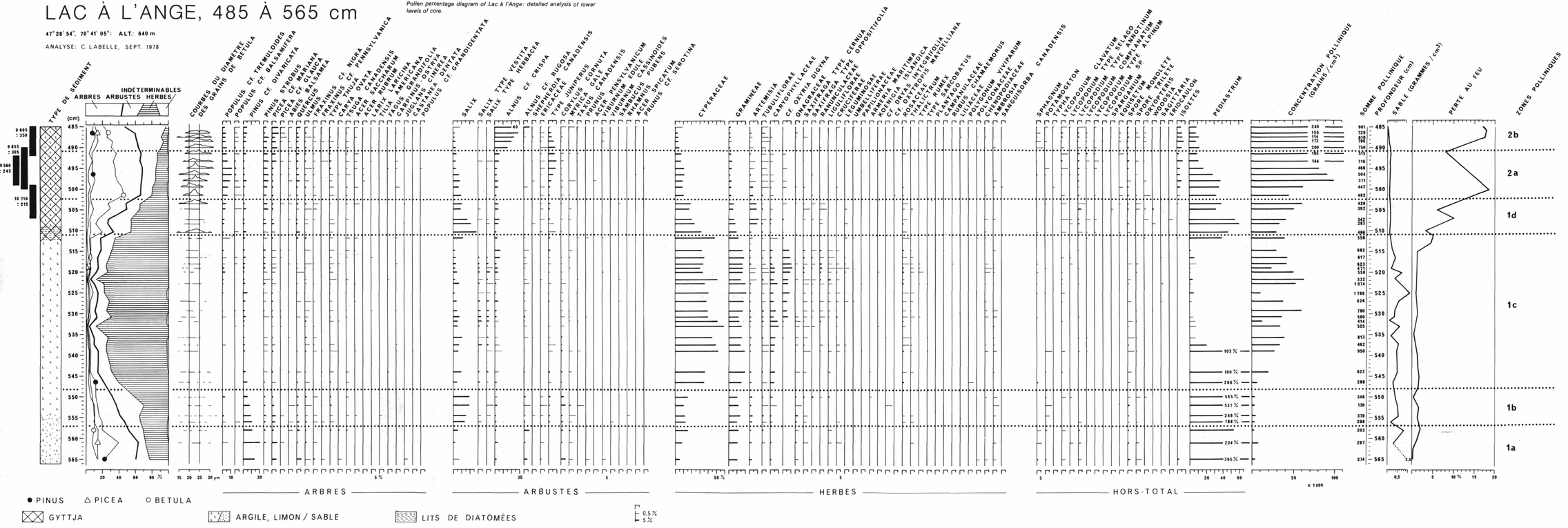
LAC À L'ANGE, 485 À 565 cm

47°28' 54", 70°41' 05": ALT.: 640 m

ANALYSE: C. LABELLE, SEPT. 1978

FIGURE 4. Diagramme des pourcentages polliniques du lac à l'Ange; analyse détaillée des niveaux inférieurs de la carotte.

Pollen percentage diagram of Lac à l'Ange: detailed analysis of lower levels of core.



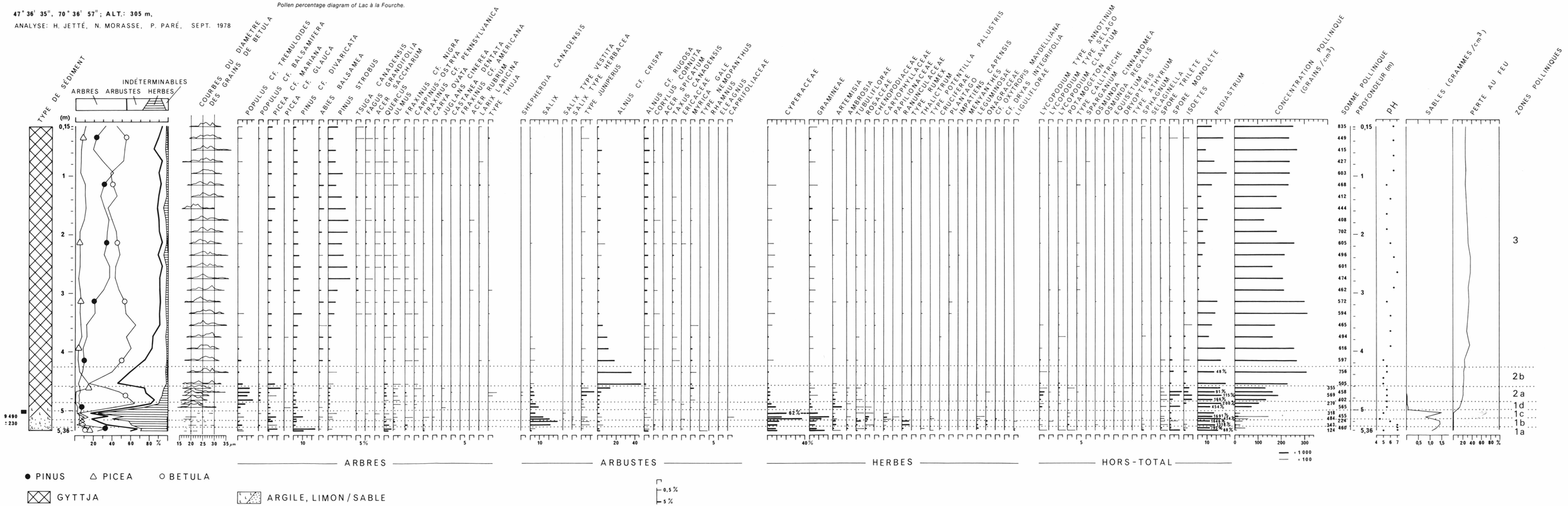
LAC A LA FOURCHE

47° 36' 35", 70° 36' 57"; ALT.: 305 m,

ANALYSE: H. JETTÉ, N. MORASSE, P. PARÉ, SEPT. 1978

FIGURE 5. Diagramme des pourcentages polliniques du lac à la Fourche.

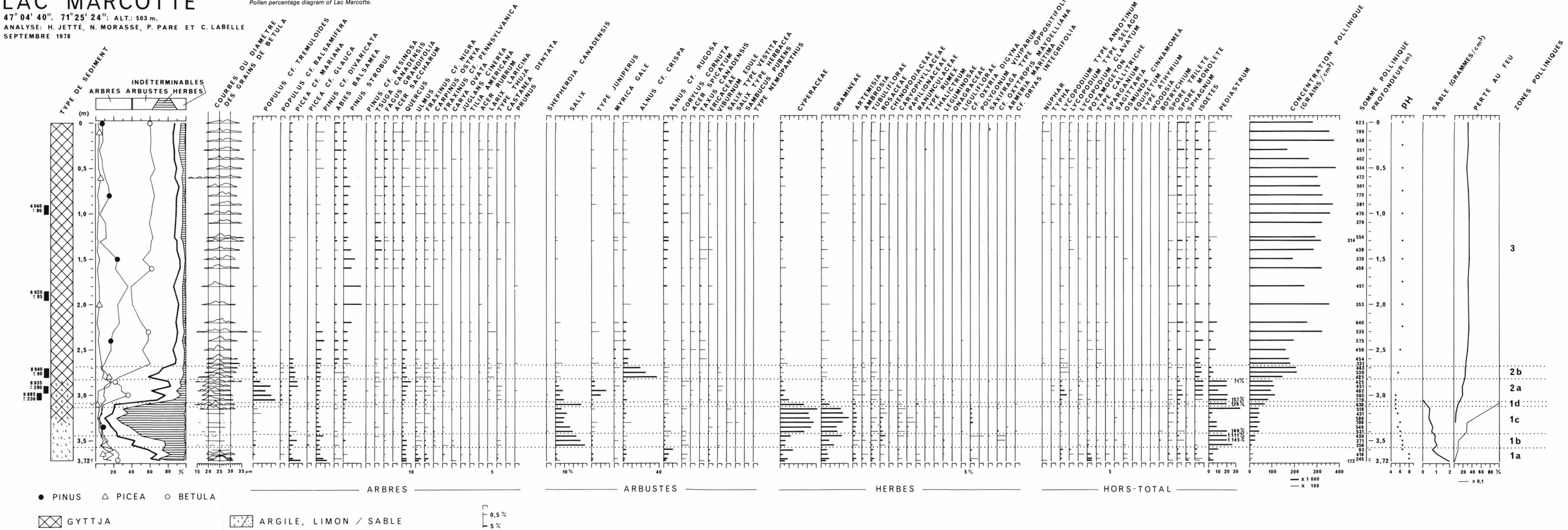
Pollen percentage diagram of Lac à la Fourche.



LAC MARCOTTE

47° 04' 40", 71° 25' 24"; ALT.: 503 m,
ANALYSE: H. JETTÉ, N. MORASSE, P. PARE ET C. LABELLE
SEPTEMBRE 1978

FIGURE 6. Diagramme des pourcentages polliniques du lac Marcotte.
Pollen percentage diagram of Lac Marcotte.



La structure de la sous-zone **1b** occupe une position intermédiaire entre celles des sous-zones **1a** et **1c**, marquant les tendances à la hausse des pourcentages des herbes et à la baisse pour ceux des arbres.

Sous-zone **1c**

La sous-zone **1c** se définit surtout par les faibles rapports PA/T, minimaux pour la période tardiglaciaire; parfois les arbres ne contribuent qu'à 10% seulement des spectres (sites à l'Ange et Marcotte). Les herbes constituent plus de 70% des taxons enregistrés. Les Cypéracées et les Graminées dominent largement, avec des valeurs atteignant respectivement 60% au site à la Fourche et 30% au site Marcotte. De plus, au site à l'Ange en particulier, la flore tend vers une grande diversité et une abondance accrue des herbes; on y retrouve fréquemment les Crucifères, les Renonculacées, les Légumineuses, les Composées liguliflores, les Caryophyllacées, ainsi que *Saxifraga* type *oppositifolia* et cf. *Oxyria digyna*. Ce dernier taxon atteint des pourcentages de l'ordre de 5 à 10%, phénomène intéressant car il est rare que l'*Oxyria digyna*, également présent au site Marcotte (2 à 4%), soit rencontré en aussi grande quantité dans les sédiments tardiglaciaires québécois. Enfin, un grand nombre de plantes arctiques-alpines participe à la sous-zone **1c**; tous les taxons de ce type énumérés dans la sous-zone **1b** ainsi que *Koenigia islandica* ont été identifiés au site à l'Ange. Toujours par rapport à la sous-zone **1b**, les pourcentages des arbustes ont régressé à cause principalement de la baisse de ceux du genre *Salix*. Le pollen de *Salix* type *herbacea* et de *Salix* type *vestita* est toutefois maximal dans la sous-zone **1c**.

Malgré des concentrations polliniques relativement élevées aux sites à l'Ange et Marcotte (jusqu'à 60 000 grains/cm^3), la faible représentation du pollen arboréen implique l'absence d'arbres ou, du moins, de populations arboréennes importantes dans la région. L'expression pollinique de la flore herbacée évoque une végétation locale et extra-locale dense et luxuriante. La sous-zone **1c** correspond à la toundra herbacée de RICHARD (1977b).

Sous-zone **1d**

La sous-zone **1d** se caractérise par une diminution des pourcentages des herbes et par une augmentation de ceux de *Salix* ou de *Betula*; au site à l'Ange, on constate un maximum pollinique de *Salix* au début de la sous-zone, tandis que les pourcentages de *Betula* atteignent près de 40% à la fin de celle-ci. De plus, la limite inférieure de la sous-zone coïncide avec l'apparition de pourcentages de *Lycopodium annotinum* supérieurs à 1. Les concentrations polliniques s'élèvent à 100 000 grains/cm^3 aux sites à la Fourche et Marcotte mais demeurent aux alentours de 50 000 grains/cm^3 au site à l'Ange. La proportion de matière organique dans les sédiments devient plus importante.

La flore herbacée reste néanmoins largement représentée (40% aux sites à l'Ange et Marcotte); en fait, on retrouve le même type d'herbes que celui rencontré dans les sous-zones précédentes, dont plusieurs taxons arctiques-alpins (*Saxifraga* type *cernua*, *Saxifraga* type *oppositifolia*, cf. *Oxyria digyna* et cf. *Oxytropis maydelliana* au site à l'Ange). Des graines de *Carex*, de *Ranunculus trichophyllus*, de *Potentilla* et de Cruciferae (type *Draba*) ont été identifiées dans les sédiments du lac Marcotte (310 à 324 cm).

La végétation arbustive était composée d'Ericaceae, de *Juniperus*, de *Myrica gale*, de *Shepherdia canadensis*, de *Salix* type *vestita* ainsi que de *Betula* sp. et *Salix* sp.. D'après le diamètre des grains de bouleaux, il s'agirait d'éléments arbustifs (20 à 25 μm). L'analyse macrofossile a d'ailleurs révélé l'existence du bouleau glanduleux (graines) de même que celle de *Salix* sp. (écaille de bourgeons).

Finalement, les pourcentages du peuplier faux-tremble, présents en quantité négligeable dans les sous-zones précédentes, s'accroissent avec la sous-zone **1d**. Ce comportement pourrait refléter la présence du taxon dans le paysage, ou désigner des apports polliniques lointains.

La sous-zone **1d**, par ses caractères, correspond encore à un paysage très ouvert, dans lequel les herbes sont dominantes, mais où les éléments arbustifs tendent à s'exprimer de plus en plus, la tendance étant particulièrement nette dans le cas du bouleau ou du saule, selon les sites. La sous-zone traduit possiblement une phase arbustive de la toundra tardiglaciaire (RICHARD et POULIN, 1976; RICHARD, 1977b). Elle forme transition entre une phase herbacée (sous-zone **1c** et l'afforestation proprement dite (zone **2**).

PHASE D'AFFORESTATION (zone **2**)

La zone **2** correspond à l'implantation progressive des arbres dans la végétation. La grande quantité de pollen qu'ils émettent masque le pollen des arbustes et surtout celui des herbes dans les diagrammes de pourcentages. À partir de cette zone, les données d'influx (fig. 7) seront mises à contribution pour l'interprétation des diagrammes. Deux sous-zones ont été reconnues. La sous-zone **2a** représente l'installation du peuplier faux-tremble, et la sous-zone **2b**, la colonisation par un ensemble d'arbres tels *Betula* sp., *Picea mariana*, *Pinus* cf. *divaricata*, *Abies balsamea* et *Larix laricina*.

Sous-zone **2a**

La sous-zone **2a** est centrée sur le maximum pollinique (%) de *Populus* cf. *tremuloïdes*. Cet arbre fut sans doute le premier à immigrer dans la région. Pourtant

considéré comme un taxon peu représenté polliniquement (FAEGRI et IVERSEN, 1975; LICHTI-FEDEROVICH et RITCHIE, 1965; MOTT, 1978), ses pourcentages s'élèvent néanmoins à 24% au site Marcotte. Cela correspond à des influx atteignant 400 grains/cm²/an au site Marcotte et 100 grains/cm²/an au site à l'Ange. L'influx actuel du *Populus tremuloïdes* dans le centre de la Saskatchewan où il constitue l'espèce arborescente dominante, est compris entre 965 et 4 560 grains/cm²/an (MOTT, 1978). Il apparaît donc que les représentants de cette espèce étaient moins nombreux qu'ils ne le sont de nos jours en Saskatchewan. Ils devaient néanmoins constituer, au début de l'afforestation, l'élément arborescent majeur du paysage végétal, une sorte de tremblaie-parc très ouverte (RICHARD, 1977b).

Le peuplier faux-tremble fut suivi de l'épinette noire dont les pourcentages, et même les influx au site Marcotte, augmentent à la fin de la sous-zone **2a**. L'identification de graines d'épinette noire dans les sédiments du lac Marcotte (280 à 295 cm) confirme la présence du taxon aux abords du site.

Un maximum pollinique de *Juniperus* accompagne toujours le maximum de *Populus* cf. *tremuloïdes*, bien qu'avec un léger retard. L'influx des arbustes se situe entre 200 et 500 grains/cm²/an. Les arbustes représentés sont, outre le *Juniperus, Betula glandulosa* (présence de graines et de bractées femelles), *Salix, Myrica gale, Corylus cornuta, Shepherdia canadensis* et les Ericaceae.

La diminution des pourcentages polliniques des herbes dans la sous-zone **2a** est forte. Les influx sont d'environ 200 grains/cm²/an dans cette sous-zone. Seules les Graminées, les Cypéracées et *Artemisia* offrent parfois des pourcentages supérieures à 1, mais on peut encore rencontrer le pollen de plusieurs types d'herbes (Caryophyllaceae, Compositae tubuliflorae, *Ambrosia*, Rosaceae, Onagraceae, etc.) ainsi que quelques représentants arctiques-alpins dont cf. *Oxyria digyna* (sites à l'Ange et Marcotte), cf. *Oxytropis maydelliana* et *Saxifraga* type *oppositifolia* (site à l'Ange).

Un changement dans le type de sédiment se produit avec l'arrivée de la sous-zone **2a**; une gyttja homogène s'y distingue clairement et la proportion de matière organique a plus que doublé par rapport à celle des sous-zones **1c** et **1d**, passant de 2-8% à 8-18% en poids sec.

La structure des assemblages polliniques pourrait évoquer une végétation à caractère plutôt forestier. Les spectres sont en effet dominés par le pollen de *Betula* dont les pourcentages sont de l'ordre de 40. Or, l'influx du taxon (inférieur à 500 grains/cm²/an), la courbe du diamètre de ses grains et l'analyse macrofossile au lac Marcotte témoignent de la présence de bouleaux arbustifs. Ainsi, les bouleaux arborescents devaient être assez rares ou absents. L'influx total, voisinant 2 000 grains/cm²/an ou moins, démontre aussi la rareté des grands producteurs de pollen que sont les arbres en général.

Sous-zone **2b**

La sous-zone **2b** représente une période d'immigration et de densification intense de la végétation. Elle se caractérise par une augmentation sensible de l'influx de plusieurs taxons arborescents et de l'aulne crispé. Les concentrations polliniques deviennent supérieures à 150 000 grains/cm³, correspondant à des influx d'au moins 6 000 grains/cm²/an.

D'après les données polliniques, la flore arborescente était alors composée d'épinettes noires, de pins gris, de sapins baumiers, de peupliers faux-trembles et de bouleaux. La courbe du diamètre des grains de *Betula* évoque un mélange d'éléments arbustifs et arborescents dans la végétation. L'analyse macrofossile a révélé la présence de *Betula papyrifera, Picea mariana, Abies balsamea, Picea glauca* et *Larix laricina*. Ainsi, le mélèze laricin et l'épinette blanche, tout en étant faiblement représentés polliniquement (moins de 1%), n'en étaient pas moins présents autour du lac Marcotte dès 8800 ans avant l'actuel.

La sous-zone **2b** revêt un caractère particulier parce que de forts pourcentages d'aulne crispé apparaissent subitement. Ils voisinent 45% avec des influx de l'ordre de 2 000 grains/cm²/an, environ 10 fois plus que dans la sous-zone précédente. Une telle concentration d'aulne est propre à la sous-zone **2b**, dans laquelle se reflète pourtant une fermeture progressive de la voûte forestière. La présence de ce taxon ainsi que celle du peuplier faux-tremble *(Populus tremuloïdes)* nous incite à interpréter la sous-zone **2b** comme un paysage végétal encore ouvert par endroits, malgré le caractère nettement forestier qui se dégage globalement des spectres.

L'uniformité des spectres polliniques attribués aux sous-zones **1a**, **1b**, **1c**, **1d**, **2a** et **2b** dans les trois diagrammes de pourcentages, milite en faveur d'un découpage palynostratigraphique unique pour la description et l'étude des données pollenanalytiques. La prise en considération des données chronologiques, notamment au niveau des influx (fig. 7), permet toutefois de nuancer l'interprétation. À l'époque de la mise en place de la sous-zone **2a** au site Marcotte, entre 10 000 et 9000 BP, les influx polliniques au site à l'Ange étaient déjà beaucoup plus grands; durant la même période, le site à l'Ange enregistrait en effet les assemblages de la sous-zone **2b**. Le diachronisme de ces sous-zones d'assemblage pollinique pourrait expliquer les influx plus élevés des arbres au site Marcotte par rapport au site à l'Ange, notamment chez *Populus* et *Quercus*. Même *Juniperus* est affecté. Des apports polliniques extrarégionaux sont sans doute responsables de ces écarts,

les influx totaux au site Marcotte étant encore faibles jusque vers 9000 ans avant l'actuel, traduisant ainsi la faible densité du couvert forestier dans cette région. Dans un tel scénario, il est cependant difficile d'expliquer pourquoi les pourcentages et les influx de l'aulne crispé, dans la sous-zone **2a** au site Marcotte, ne sont pas plus élevés. Une des raisons serait que l'aulne crispé avait une répartition très locale, autour des lacs en particulier, limitant ainsi les apports polliniques de longue distance.

PHASE FORESTIÈRE (zone **3**)

L'existence de forêts fermées occupant les régions des lacs à l'Ange, à la Fourche et Marcotte est déduite de la dominance du pollen arboréen. En effet, le rapport PA/T atteint 85%, les concentrations polliniques sont élevées et, traduites en influx, atteignent des valeurs allant de 7 000 à 12 000 grains/cm²/an. La limite inférieure de la zone **3** correspond à la remontée de la courbe du bouleau et à la chute de celle de l'aulne crispé.

La reconstitution de la végétation forestière, à partir des diagrammes de pourcentages polliniques, s'appuie d'abord sur une comparaison avec les spectres polliniques produits par la végétation actuelle du Québec (RICHARD, 1976, principalement) et sur une connaissance des processus entraînant des distorsions quantitatives ou qualitatives dans la représentation des plantes par leur pollen (RICHARD, 1979).

Au sein de la zone **3**, les pourcentages polliniques d'*Abies balsamea* sont suffisamment élevés pour en déduire la dominance du sapin dans les trois régions. C'est en effet avec les spectres polliniques actuels de la sapinière que ceux de cette zone des diagrammes correspondent le mieux. On sait, par ailleurs, que le sapin baumier est fortement sous-représenté polliniquement, même lorsqu'il comprend 80% du volume ligneux (RICHARD, 1968).

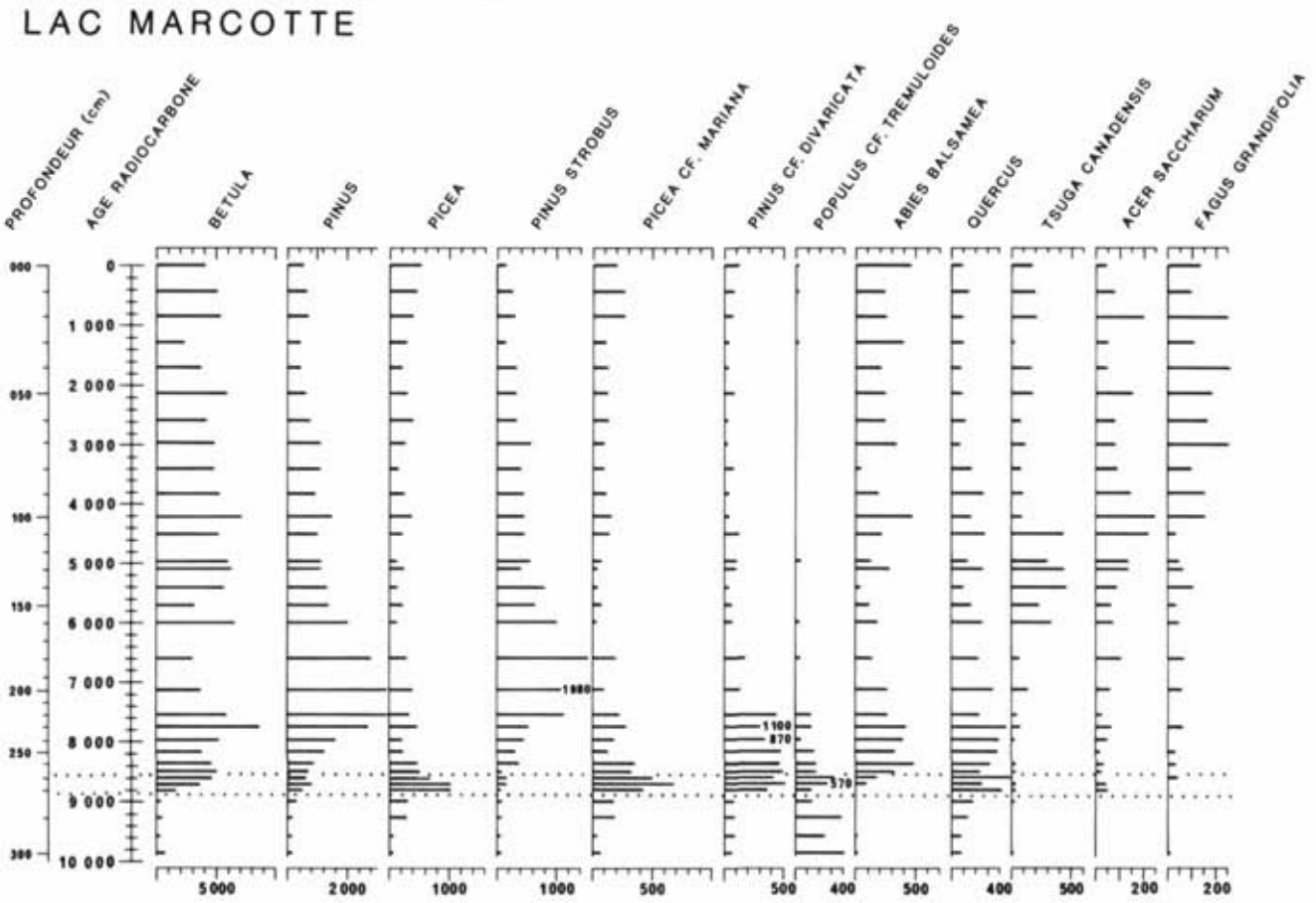
Au site à l'Ange, entre les niveaux 475 et 360 cm (9000 à 5700 ans BP), il semble que la sapinière à bouleau blanc, accompagnée par de l'épinette noire en peuplements purs ou mêlée aux sapins, dominait le paysage. C'est du moins l'interprétation que suggèrent les courbes du diamètre équatorial des grains de *Betula*, dont les valeurs correspondent à l'espèce *papyrifera*. Le paysage végétal autour du site à l'Ange est demeuré relativement stable par la suite. L'épinette noire a toutefois pris de l'ampleur depuis environ 5700 ans, et il n'est pas exclu que le bouleau jaune ait pu faire partie des sapinières sises sur les meilleures stations entre 5700 et 2300 BP (niveaux 360 à 175 cm).

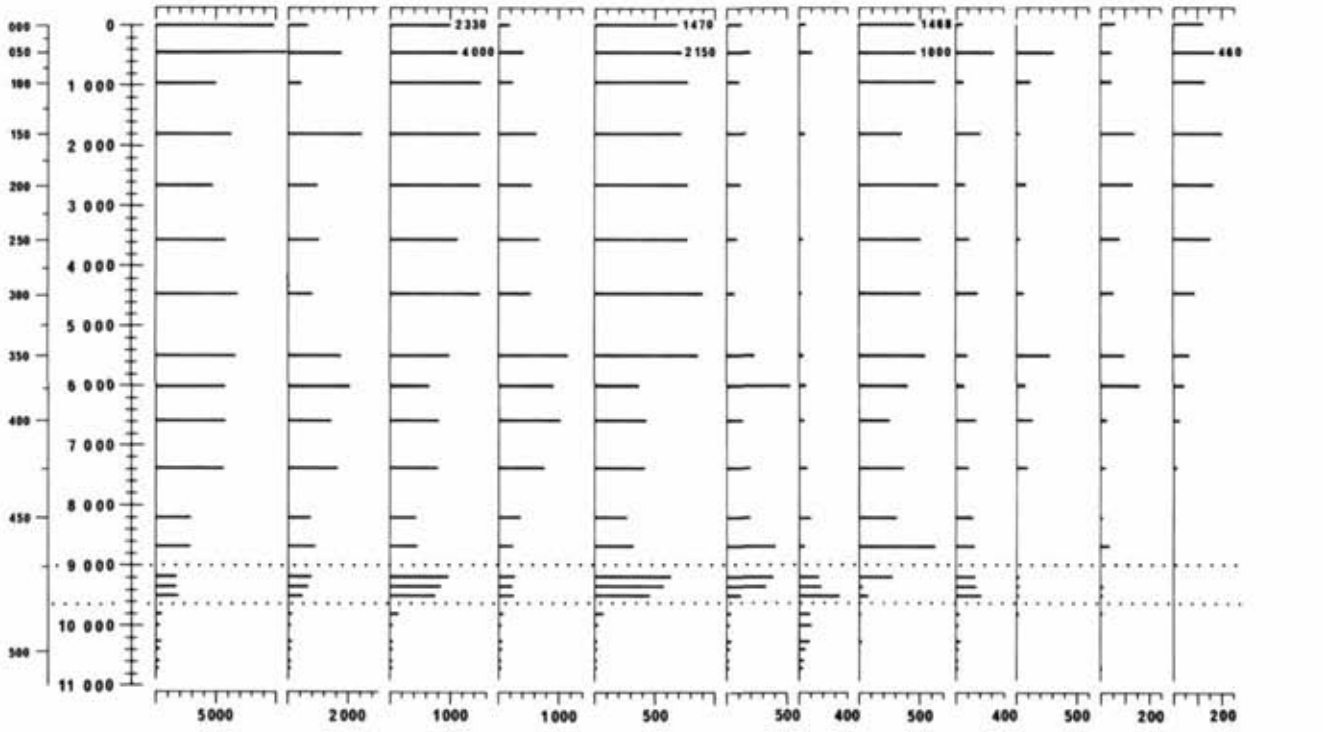
Au lac à la Fourche situé, rappelons-le, à environ 18 km au nord-est du lac à l'Ange mais à une altitude plus de deux fois moindre, le schéma général de l'histoire de la végétation forestière est semblable. Les sapinières ont toujours dominé le paysage régional, mais l'épinette noire y a été moins abondante. Par contre, entre 5500 et 2400 BP (âge estimé des niveaux 290 à 130 cm), le pin blanc a occupé la région dans une plus grande proportion que de nos jours. Il se peut toutefois que ce maximum pollinique du pin blanc résulte d'apports lointains, reflétant ainsi l'histoire de l'espèce en Laurentie, et non autour du site à la Fourche (RICHARD, 1977a). Dans cette éventualité, on comprendrait mal toutefois que des apports polliniques extra-régionaux venant du sud et du sud-ouest n'aient pas affecté aussi le site à l'Ange, ou si peu. Ainsi, il est probable que le pin blanc ait migré dans la région du lac à la Fourche vers 6100 BP et s'y soit maintenu plus abondant que de nos jours de 5500 à 2400 ans BP. Le pin gris est mieux représenté dans les spectres polliniques du site à la Fourche que dans ceux du site à l'Ange et ce, durant toute la phase forestière. Ses valeurs sont toutefois faibles et l'espèce n'a jamais dû être abondante dans la région du lac à la Fourche. Quant au bouleau jaune, d'après les courbes du diamètre équatorial des grains de pollen de *Betula*, il a pu être présent depuis au moins 6800 BP (niveau 360 cm) dans cette région.

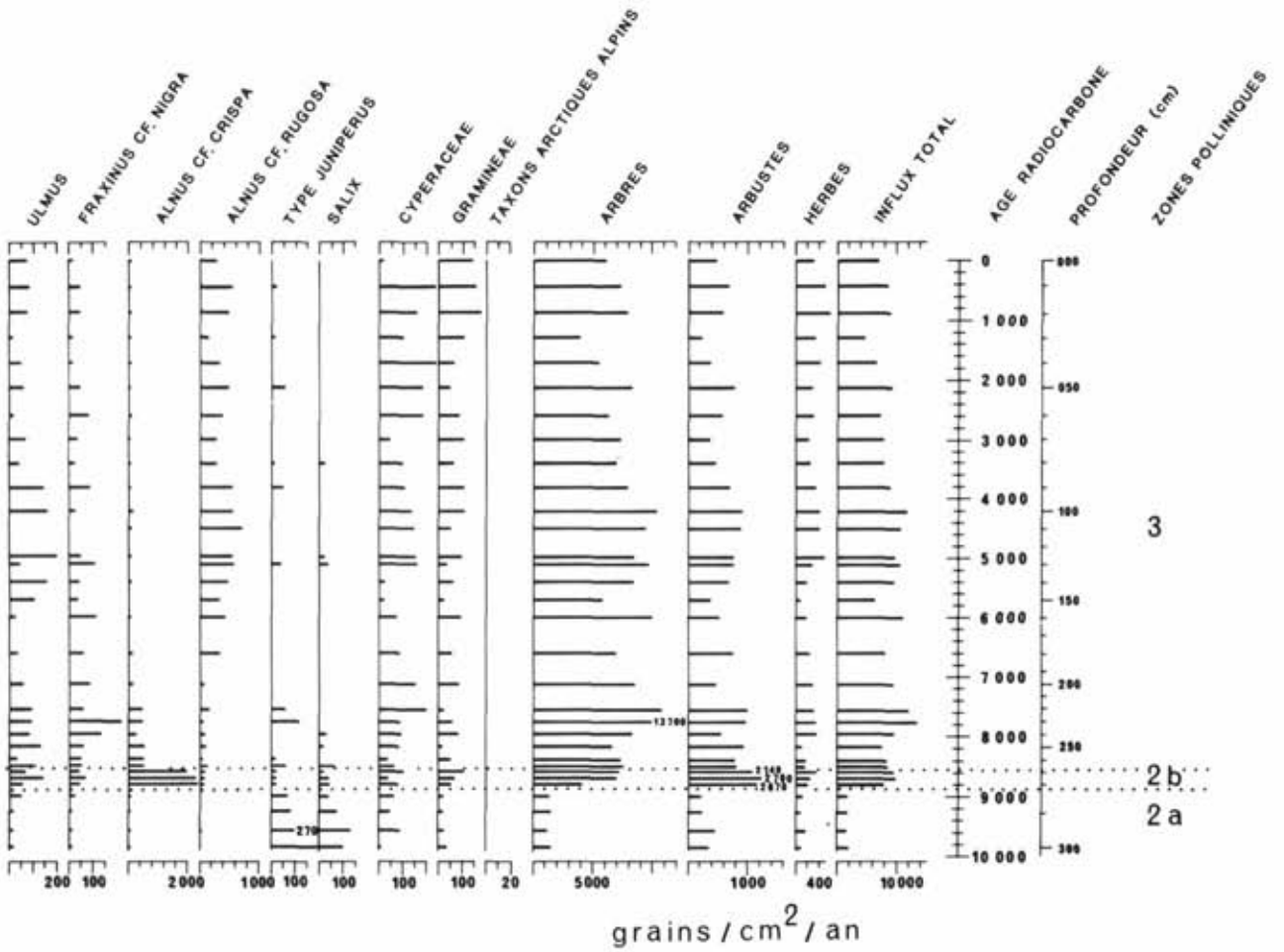
Le site Marcotte, le plus méridional et le plus rapproché du domaine de l'érablière à bouleau jaune, présente le diagramme pollinique le plus diversifié. C'est en effet dans ce diagramme que les arbres thermophiles comme *Tsuga canadensis, Quercus, Fagus grandifolia* et *Acer sacharum* sont le mieux représentés. Leurs pourcentages polliniques restent faibles, mais les courbes sont plus continues. Ces taxons ne dominent d'ailleurs jamais les spectres polliniques, même au sud-ouest du Québec. Au début et à la fin de la zone **3**, les pourcentages polliniques d'*Abies balsamea* sont suffisamment élevés pour qu'on en déduise la dominance des sapinières dans le paysage régional. Entre 8400 et 7600 BP (niveaux 265 à 225 cm), la sapinière à bouleau blanc a dû être présente; entre 5700 et aujourd'hui (niveaux 150 à 000 cm), c'est la sapinière à bouleau jaune qui a dû dominer, en mosaïque avec des peuplements d'érable à sucre; les pourcentages polliniques d'*Acer saccharum*, voisinant 1,5%, traduisent en effet la présence de l'espèce dans la région du lac Marcotte (RICHARD, 1976). La période intermédiaire, correspondant aux niveaux 225 à 150 cm (de 7600 à 5700 BP environ), est caractérisée par un maximum pollinique du pin blanc traduisant sans doute l'immigration de cette essence dans la région. La chute des pourcentages polliniques d'*Abies balsamea* peut être en partie attribuée à ce maximum du pollen de pin blanc, qui agit sur les autres taxons par le jeu des pourcentages. *Acer saccharum*, faiblement représenté durant cette période (0,5%) peut donc avoir été présent dès 7600 BP pour la même

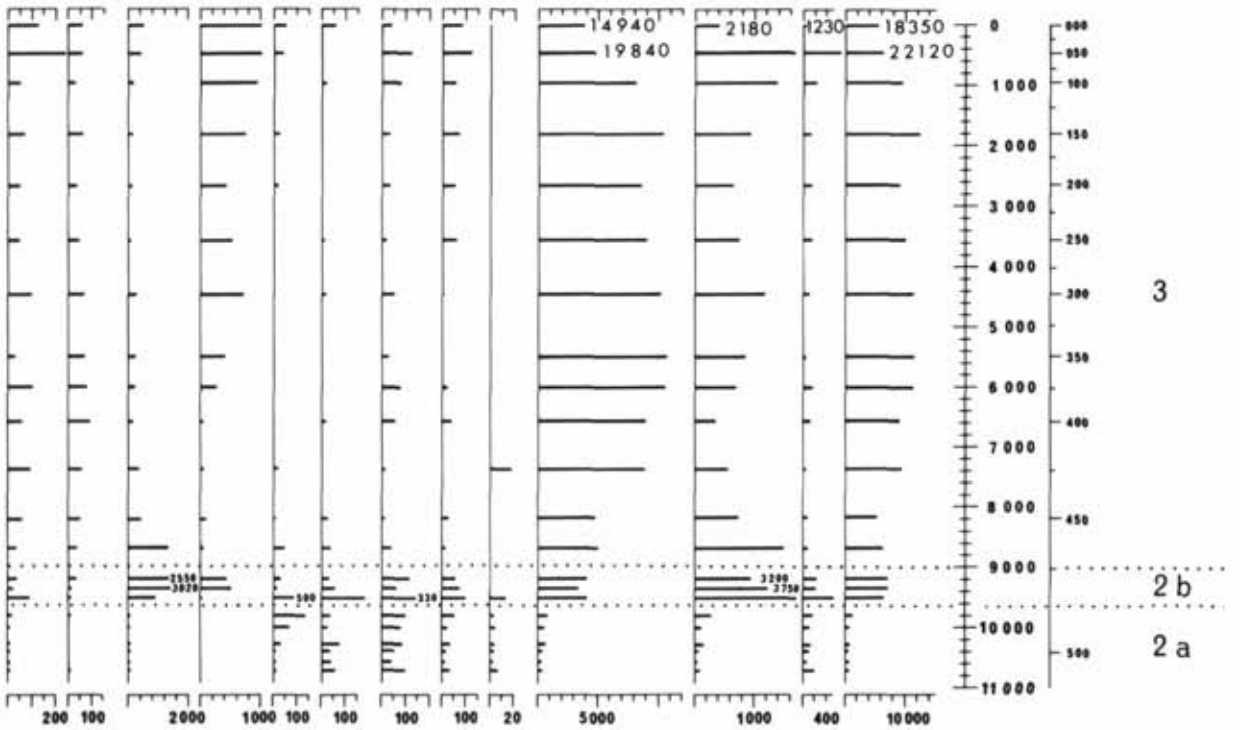
FIGURE 7. Diagramme des influx polliniques des lacs Marcotte et à l'Ange

Pollen influx diagram of Lac Marcotte and Lac à l'Ange.






ULMUS
FRAXINUS CF. NIGRA
ALNUS CF. CRISPA
ALNUS CF. RUGOSA
TYPE JUNIPERUS
SALIX
CYPERACEAE
GRAMINEAE
TAXONS ARCTIQUES ALPINS
ARBRES
ARBUSTES
HERBES
INFLUX TOTAL
AGE RADIOCARBONE
PROFONDEUR (cm)
ZONES POLLINIQUES
3
2 b
2 a
grains / cm2 / an


14940
19840
2180
1230
18350
22120
3
2 b
2 a

raison. Vers 6000 BP (160 cm), la pruche s'installe dans la région, sans abonder toutefois. Il en va sans doute de même du hêtre américain depuis environ 4400 BP (110 cm). Ces deux dernières espèces verront leur abondance fluctuer jusqu'à aujourd'hui.

La reconstitution de la couverture forestière à partir des diagrammes de pourcentages polliniques est quelque peu gênée par l'interdépendance des courbes polliniques. Ces dernières ne reflètent les variations dans l'abondance réelle du pollen des différents taxons que dans le cas où le taux net d'accumulation des sédiments et la concentration pollinique totale sont restés constants, ce qui n'est pas le cas (fig. 2 et diagrammes). Le calcul des influx polliniques et la construction de diagrammes où l'échelle verticale représente le temps permettent d'obtenir des courbes d'influx pollinique uniformes et indépendantes pour chaque taxon (fig. 7).

La qualité des données d'influx repose sur la précision du contrôle chronologique et de la détermination des concentrations polliniques des niveaux analysés. Pour que la courbe d'influx d'un taxon reflète les variations de son abondance dans la végétation, il faut que les processus de transport et d'incorporation du pollen aux sédiments aient été constants durant la période considérée. Il faut aussi que la production pollinique par individu n'ait pas varié dans le temps. Enfin, la représentation pollinique différentielle des taxons reste active dans les données d'influx. Là aussi, une calibration pollen-végétation est nécessaire, notamment pour reconnaître les apports extra-régionaux.

Même si plusieurs de ces prémisses ne sont pas tout à fait satisfaites, les diagrammes d'influx des principaux taxons des lacs à l'Ange et Marcotte livrent des résultats intéressants.

D'abord, les diagrammes montrent que les principaux arbres présentent une augmentation brusque et simultanée de leurs influx, vers 9500 BP au lac à l'Ange, et vers 8900 BP au lac Marcotte. Cela reflète le front de migration de la forêt, représentée essentiellement par *Betula*, *Picea*, *Pinus* cf. *divaricata*, *Abies balsamea* et peut-être même certains taxons thermophiles comme *Quercus* et *Ulmus*. D'ailleurs, quelques arbres semblent avoir été plus abondants qu'à tout autre moment dans le paysage, tôt à l'Holocène. C'est le cas notamment de *Picea mariana*, entre 8900 et 8500 ans BP et de *Pinus* cf. *divaricata*, entre 8900 et 7400 ans BP, au site Marcotte.

Ensuite, les diagrammes montrent que l'aulne crispé ne déplace pas les autres taxons, notamment les arbres. Cela infirme l'hypothèse de RICHARD et POULIN (1976) selon laquelle la maximum des pourcentages polliniques d'*Alnus crispa* reflèterait un retour à des conditions climatiques plus froides. D'ailleurs, ce maximum étant métachrone, il ne peut traduire une oscillation climatique. L'aulne crispé a tout simplement migré avec les arbres au moment de l'afforestation (sous-zone **2b**), du moins aux sites Marcotte et Ange.

Enfin, la courbe d'influx de chaque taxon reflète plus ou moins fidèlement les variations de leur abondance dans le temps, dans chacune des régions. En général, ces données confirment les reconstitutions déjà présentées, effectuées à partir des diagrammes de pourcentages. C'est notamment le cas pour *Abies balsamea*, *Picea mariana* et *Pinus strobus*. Les augmentations brusques de *Picea mariana* vers 5600 ans BP, et de *Betula* sp., d'*Abies balsamea* et de *Picea mariana* vers 500 ans BP au site à l'Ange sont des traits notables qui demeurent néanmoins inexpliqués. Si elles étaient dues à un changement sédimentologique, elles devraient affecter indifféremment tous les taxons, ce qui n'est pas le cas. Les courbes des diagrammes d'influx présentent des graduations variables selon les taxons, mais on notera que *Betula* totalise environ 60% des influx des arbres, *Pinus*, 20% et *Picea*, 10%. Ainsi, malgré leur importance graphique, toutes les autres essences ne comptent que pour 10% des influx arboréens (voir les diagrammes d'influx).

Par ailleurs, les influx des taxons au site à l'Ange peuvent être comparés à ceux des mêmes taxons au site Marcotte, à des époques correspondantes. Cet exercice doit toutefois être effectué avec prudence, car DAVIS *et al.* (1973) ont montré la grande variabilité des influx dans divers lacs d'une même unité régionale de végétation au Michigan. Les influx varient d'abord au sein d'un même lac, mais les écarts ne dépassent pas le triple. Ils varient généralement jusqu'au quadruple entre les lacs d'une même région, bien que des variations de six fois aient été enregistrées. Ces écarts sont dûs surtout à la taille et à la forme des lacs, et à la présence ou l'absence de petits affluents qui ajoutent un apport pollinique fluviatile important à l'apport strictement éolien.

Les influx totaux des sites à l'Ange et Marcotte sont remarquablement semblables : depuis 9000 ans, si on excepte les 500 dernières années, les valeurs oscillent autour de 10 000 grains/cm^2/an. Les influx totaux du lac à l'Ange sont toutefois légèrement plus élevés que ceux du lac Marcotte. L'écart devient à peine plus important lorsqu'on ne considère que les influx totaux des arbres. Cette grande similitude des valeurs d'influx total étonne pour deux raisons. D'abord, le lac Marcotte devrait présenter des influx supérieurs à ceux du lac à l'Ange, en raison de sa plus petite taille et de la présence d'un affluent qui procure sans doute des apports polliniques fluviatiles non négligeables. En rapport avec ce dernier point, notons que le lac Marcotte possède de plus un bassin-versant lacustre plus grand que celui du lac à l'Ange. Ensuite, la région du lac Mar-

cotte est entourée d'une végétation dont l'influx moderne est supérieur à celui de la région du lac à l'Ange. DAVIS *et al.* (1973) ont montré que l'influx de la forêt boréale, essentiellement coniférienne, était inférieur à celui de la forêt mixte. Dans notre cas, le bouleau, qui est le principal producteur de pollen, est beaucoup moins abondant dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc entourant le lac à l'Ange que dans la mosaïque d'érablières et de sapinières à bouleau jaune occupant la région du lac Marcotte. Au total, donc, les influx polliniques enregistrés au lac Marcotte sont fortement sous-évalués par rapport à ceux du lac à l'Ange. La présence d'un affluent et la faible profondeur d'eau (1,26 m) au lac Marcotte en est sans doute la cause. Il est probable en effet qu'une partie du pollen atteignant le lac en ressorte, dû au brassage plus continu des eaux. Ce n'est pas le cas au lac à l'Ange où la profondeur d'eau (3 m) et l'absence d'affluents créent un milieu de sédimentation plus calme. Bien qu'il soit difficile de chiffrer cette sous-représentation des influx du site Marcotte, il faudra la garder à l'esprit dans la comparaison des sites.

Cette comparaison montre d'abord que les taxons boréaux *(Picea mariana, Abies balsamea)* sont plus abondants au site à l'Ange qu'au site Marcotte. Bien sûr, la sous-représentation des influx au site Marcotte vient exagérer les écarts, mais comme ces conifères sont actuellement beaucoup plus abondants dans la végétation autour du site à l'Ange, cette sous-représentation ne peut dépasser un facteur de trois environ, c'est-à-dire des influx d'*Abies balsamea* au site Marcotte égaux à ceux du site à l'Ange. Elle montre ensuite que, compte tenu des pertes polliniques qu'enregistrent les sédiments du site Marcotte, les influx des taxons méridionaux *(Pinus strobus, Quercus, Acer saccharum, Fagus grandifolia, Ulmus, Fraxinus nigra)* sont plus abondants au site Marcotte qu'au site à l'Ange. À cette dernière station, ils représentent certainement des apports polliniques extra-régionaux, surévalués pour les raisons précitées.

Les influx d'*Acer saccharum* au site Marcotte varient de 20 à 50 grains/cm^2/an, la moyenne se situant toutefois autour de 100. Dans des lacs comparables du sud-ouest du Québec tant en Laurentie que dans les basses Laurentides montréalaises, dans des régions dominées par l'érable à sucre, les influx récents moyens de cette espèce sont toujours le double des influx moyens au site Marcotte, atteignant 470 grains par cm^2 par an dans les sédiments d'un lac du mont Yamaska (données inédites). Le site Marcotte se compare à plusieurs sites du parc de la Mauricie, pour ce qui est des influx de l'érable à sucre. Ainsi, cette essence a pu être présente autour du lac Marcotte depuis environ 8800 ans, dans divers peuplements en mosaïque avec les sapinières, mais elle a été plus abondante entre 5000 et 3800 ans BP, et peut-être aussi vers 2200 et 1000 ans BP, d'après les maxima d'influx.

Les influx de *Fagus grandifolia* au site Marcotte, avant 4400 BP, représentent sans doute des apports lointains en provenance de la Laurentie, essentiellement. Ils voisinent en effet 50 grains/cm^2/an, ce qui est de 10 à 24 fois moins qu'en Laurentie, et de 2 à 10 fois moins qu'en Mauricie, durant les derniers millénaires avant aujourd'hui. Vers 4400 BP, les influx atteignent brusquement des valeurs dépassant 150 qui reflètent la migration du hêtre dans la région du lac Marcotte, où il restera un élément assez mineur du couvert végétal jusqu'à nos jours.

La prise en compte des influx éclaire l'interprétation tirée des diagrammes de pourcentages polliniques. Pour *Fagus grandifolia*, elle confirme la date de migration régionale ; pour *Acer saccharum*, elle illustre la sous-représentation pollinique du taxon face aux autres espèces, dans les spectres de pourcentages, et repousse à 8800 ans BP la date du début de l'installation de l'érable à sucre dans la région du lac Marcotte. Ces conclusions ne sont toutefois pas définitives, car nous disposons de trop peu de données sur les relations entre l'abondance des espèces dans le couvert végétal et leurs influx polliniques dans divers types de lacs et de tourbières. Néanmoins, les influx polliniques, rarement utilisés dans les études pollenanalytiques québécoises (COMTOIS, 1979 ; MOTT, 1976), représentent une voie féconde qu'il faudra explorer à fond dans l'avenir.

CONCLUSION

Les diagrammes polliniques des sédiments des lacs à l'Ange, à la Fourche et Marcotte livrent l'histoire de la végétation de la marge méridionale du Bouclier canadien dans la région de la ville de Québec, à la suite du retrait des glaces wisconsiniennes.

La similitude remarquable des assemblages polliniques initiaux des trois stations traduit l'existence de stades bien individualisés et largement répandus géographiquement dans la colonisation végétale tardiglaciaire. Ces stades sont particulièrement bien illustrés au lac à l'Ange grâce à une analyse pollinique très serrée des sédiments (fig. 4). L'augmentation des niveaux analysés permet de mieux évaluer la position relative des divers maxima et minima polliniques entre eux et précise évidemment les détails de la tendance de la courbe des taxons. Nous proposons donc que le diagramme des niveaux inférieurs du site à l'Ange devienne le diagramme pollinique de référence pour le tardiglaciaire de la région. Aussi, croyons-nous que dans l'étude d'une région nouvelle, au moins un diagramme devrait être soumis à une analyse pollinique fine afin d'établir un standard régional.

L'âge radiocarbone des premiers sédiments organiques datables montre que le site à l'Ange, à 640 m d'altitude, était libre de glace vers 10 700 BP, 1200 ans avant le site à la Fourche, voisin mais plus bas, et 800 ans avant le lac Marcotte localisé à 70 km au sud-ouest. Ce sont évidemment des âges minimaux. Si on tient compte d'un âge d'environ 11 400 ans BP (LASALLE *et al.*, 1977) pour la déglaciation de la marge des Laurentides, 400 (site Marcotte) à 1400 (site à l'Ange) ans se seraient écoulés avant l'afforestation (zone **2**) de la région. La durée de la zone **2a** est de 1 000 ans environ et celle de la zone **2b**, varie de 300 à 600 ans. La colonisation végétale de ces sites est donc caractérisée par la lenteur. Ces stades de végétation préforestière s'étendent sur une durée telle, que l'existence d'un climat froid semble devoir être invoquée. Le froid aurait freiné l'immigration des arbres, ce qui aurait favorisé l'établissement de stades de végétation herbacée et arbustive relativement pérennes, et qui se seraient alors succédé lentement. Par ailleurs, d'autres facteurs auraient pu contribuer à ce schéma de colonisation, entre autres la succession végétale elle-même qui, indépendamment du climat, a pu se dérouler très lentement (COMTOIS, 1979).

Mis à part le tremble, c'est très subitement, et en bloc, que les espèces de la forêt boréale se sont installées dans la région, vers 9500 ans BP au site à l'Ange, et vers 8900 ans BP au site Marcotte et au site à la Fourche (âge estimé, dans ce dernier cas). Ce comportement contraste fortement avec les phases ouvertes de colonisation végétale. Si la chronologie est fiable, on ne peut invoquer un réchauffement climatique global comme facteur ayant permis l'immigration des arbres, puisque le phénomène n'est pas synchrone. Le diachronisme entre les sites à l'Ange et à la Fourche, très rapprochés, est très gênant. Il interdit de pousser plus avant les reconstitutions de la provenance, de l'âge et du sens de la migration forestière dans les basses Laurentides au nord de la ville de Québec, tant que d'autres données chronologiques ne seront pas disponibles. Actuellement, seul le site du lac Mimi, au mont des Éboulements (RICHARD et POULIN, 1976), situé plus à l'est (fig. 1), est disponible pour comparaison. Le front de migration des arbres (correspondant à la transition entre les sous-zones **2a** et **2b**) y daterait de 9900 ans BP. Ainsi, malgré son caractère saugrenu, on peut retenir à titre d'hypothèse l'idée d'un front de migration forestière venant du nord-est, le long de la côte de Charlevoix (et de la Basse-Côte-Nord ?). Reste à expliquer alors comment les arbres ont pu traverser la mer de Goldthwait.

En considérant l'ensemble des données disponibles pour la marge sud du Bouclier dans notre région, le problème de la phytocinétique tardiglaciaire se pose de deux façons : ou ce sont les imprécisions dans le contrôle chronologique à la base des diagrammes qui provoquent des diachronismes aléatoires, ou cette phytocinétique a été réellement très diversifiée dans l'espace et dans le temps. Dans les deux cas, seule la multiplication des travaux pollenanalytiques détaillés et minutieux permettra de trancher. Il se peut que les problèmes inhérents à la méthode, incluant les problèmes de datation, fixent une limite à l'échelle des reconstitutions de la répartition spatio-temporelle de la végétation, mais l'époque des reconstitutions à petite échelle, portant sur des territoires immenses, est certainement révolue. Celle des études régionales est déjà commencée.

REMERCIEMENTS

Notre gratitude s'adresse à Mmes Hélène Jetté, Nicole Morasse et à M. Pierre Paré pour leur assistance dans la confection des diagrammes polliniques. Nous remercions également MM. Alayn Larouche et Guy Lortie qui ont respectivement dirigé l'analyse macrofossile et identifié les diatomées. Mme Danielle Pilon et MM. Claude Bernard et Pierre Bail ont fait profiter le premier auteur d'intéressantes discussions. Mme Dominique Richard a effectué la dactylographie du texte.

Les travaux ont été réalisés grâce à des subventions du Conseil de recherche en sciences naturelles et génie (CRSNG : A-0442) et du ministère de l'Éducation (FCAC-OSR), accordées au deuxième auteur.

RÉFÉRENCES

COMTOIS, P. (1979) : *Histoire holocène du climat et de la végétation à Lanoraie, Québec*, Mém. M. Sc., Dép. de géographie, Univ. de Montréal, 322 p.

DAVIS, M.B., BRUBAKER, L.B. et WEBB III, T. (1973) : Calibration of absolute pollen influx, p. 9-25, *in* Birks, H.J.B. et West, R.G., édit., *Quaternary Plant Ecology*, Blackwell, Oxford, 326 p.

DIONNE, J.-C., JURDANT, M. et BEAUBIEN, J. (1968) : Moraines frontales dans le parc des Laurentides et régions avoisinantes, *Ann. ACFAS*, vol. 35, p. 130-131.

FAEGRI, K. et IVERSEN, K. (1975) : *Textbook of pollen analysis*, 3e éd., Munksgaard, Copenhagen, 237 p.

FERLAND, M.-G. et GAGNON, R.-M. (1974) : Climat du Québec méridional, Min. Rich. nat., publ. M.P.-13, 93 p.

GRANDTNER, M.M. (1966) : *La végétation forestière du Québec méridional*, Presses Univ. Laval, Québec, 216 p.

JORGENSEN, S. (1967) : A method of absolute pollen counting, *New Phytol*, vol. 66, p. 489-493.

KAPP, R.O. (1969) : How to know pollen and spores, W.M.C. Brown Co., Iowa, 249 p.

LASALLE, P., MARTINEAU, F. et CHAUVIN, I. (1977) : *Morphologie, stratigraphie et déglaciation dans la région de Beauce — Monts Notre-Dame — Parc des Laurentides*, Min. Rich. nat., Québec, DPV-516, 74 p.

LASALLE, P., HARDY, L. et POULIN, Ph. (1972) : *Une position du front glaciaire au nord et nord-est de la ville de Québec*, Min. Rich. nat., Québec, S-135, 8 p.

LICHTI-FEDEROVICH, S. et RITCHIE, J.C. (1965) : Contemporary pollen spectra in central Canada, II. The forest-grassland transition in Manitoba, *Pollen et Spores*, vol. 7, n° 1, p. 63-87.

LIVINGSTONE, D.A. (1955) : Notes and comments. A lightweight piston sampler for lake deposits, *Ecology*, vol. 36, n° 1, p. 137-139.

MOTT, R.J. (1976) : A Holocene pollen profile from the Sept-Îles area, Québec, *Naturaliste can.*, vol. 103, n° 5, p. 457-467.

—— (1978) : Populus in late-Pleistocene pollen spectra, *Can. J. Bot.*, vol. 56, n° 8, p. 1021-1031.

McANDREWS, J.H., BERTI, A.A. et NORRIS, G. (1973) : Key to the Quaternary pollen and spores of the Great Lakes region, *Life Sci. Misc. Publ.*, Roy. Ont. Mus., 61 p.

RICHARD, P. (1968) : Un spectre pollinique type de la sapinière à bouleau blanc pour la forêt Montmorency, *Naturaliste can., vol. 95, p. 565-576.*

—— (1970) : Atlas pollinique des arbres et de quelques arbustes indigènes du Québec, *Naturaliste can.*, vol. 97, p. 1-34, 97-161 et 241-306.

—— (1971) : Two pollen diagrams from the Quebec city area, Canada, *Pollen et Spores*, vol. 13, n° 4, p. 523-559.

—— (1976) : Relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique au Québec, *Naturaliste can.*, vol. 103, p. 53-66.

—— (1977a) : *Histoire post-wisconsinienne de la végétation du Québec méridional par l'analyse pollinique*, Serv. de la rech., Dir. gén. des for., Min. des Ter. et For., Québec, tome 1, 312 p., tome 2, 142 p.

—— (1977b) : Végétation tardiglaciaire au Québec méridional et implications paléoclimatiques, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 31, nos 1-2, p. 161-176.

—— (1979) : L'interprétation du diagramme pollinique en termes de végétation au Québec : une approche d'inspiration sigmatiste, *Phytocoenologia*, vol. 7, p. 127-141.

RICHARD, P. et POULIN, Ph. (1976) : Un diagramme pollinique au mont des Éboulements, région de Charlevoix, Québec, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 13, n° 1, p. 145-156.

RONDOT, J. (1974) : L'épisode glaciaire de Saint-Narcisse dans Charlevoix, Québec, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 28, n° 4, p. 375-388.

ROWE, J.S. (1972) : *Les régions forestières du Canada*, Publ. Serv. can. des for., Min. de l'Envir., 1300 F, 172 p.

TERASMAE, J. (1973) : Notes on late Wisconsin and early Holocene history of vegetation in Canada, *Arct. Alp. Res.*, vol. 5, n° 3, p. 201-222.

WEST, R.G. (1968) : *Pleistocene geology and biology*, Longmans, Green and Co., Londres, 377 p.