

Fluctuations holocènes de la limite des forêts de mélèzes, rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec : une analyse macrofossile en milieu tourbeux

Holocene fluctuations of the limit of tamarack forests, Rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec: macrofossil analysis in organic deposits

Schwankungen der Larchenwaldgrenze im Holozän am Riviere aux Feuilles Fluss, Neues Québec: eine makrofossile Analyse des Torfmilieus

Réjean Gagnon et Serge Payette

Volume 35, numéro 1, 1981

Quatrième Colloque sur le Quaternaire du Québec

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1000378ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1000378ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Gagnon, R. & Payette, S. (1981). Fluctuations holocènes de la limite des forêts de mélèzes, rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec : une analyse macrofossile en milieu tourbeux. *Géographie physique et Quaternaire*, 35(1), 57–72. <https://doi.org/10.7202/1000378ar>

Résumé de l'article

A l'aide de macrofossiles ligneux récoltés dans les fens, situés de part et d'autre de la limite moderne des forêts, nous avons reconstitué les déplacements de la limite des forêts au cours de l'Holocène, dans la région de la rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec (ca 58°15' N, 72° O). Cette reconstitution des fluctuations de la limite des forêts est basée sur une récolte exhaustive de plus de 700 macrofossiles ligneux, dont 67 spécimens ont été datés par la méthode du ¹⁴C. Les mélèzes étaient présents dans la région il y a 4500 ans BP. Depuis cette date, les mélèzes ont transgressé au moins à deux reprises la limite moderne des forêts, soit entre 3500 et 2700 ans BP, où s'est faite l'expansion maximale de la limite des forêts vers le nord, et entre 2000 et 1600 ans BP, où une seconde remontée, de moins grande ampleur, a été notée. Très peu de macrofossiles datant des périodes de 2700-2400, 2100-2000, 1600-1300 ans BP ont été récoltés, ce qui suggère une régression des populations arborescentes durant ces périodes. Après 1300 ans BP, aucun déplacement de la limite des forêts vers le nord n'a été enregistré, bien qu'une expansion locale des populations de mélèzes se soit fait entre 1000 et 600 ans BP, ainsi qu'une régression entre 550 et 250 ans BP. Malgré une recherche intensive, aucun macrofossile de mélèze n'a été récolté à plus de 5 km au nord de la limite moderne des forêts.

FLUCTUATIONS HOLOCÈNES DE LA LIMITE DES FORÊTS DE MÉLÈZES, RIVIÈRE AUX FEUILLES, NOUVEAU-QUÉBEC : UNE ANALYSE MACROFOSSILE EN MILIEU TOURBEUX

Réjean GAGNON et Serge PAYETTE, respectivement Département des sciences fondamentales, université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec G7H 2B1 et Département de phytologie et Centre d'études nordiques, université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ À l'aide de macrofossiles ligneux récoltés dans les fens, situés de part et d'autre de la limite moderne des forêts, nous avons reconstitué les déplacements de la limite des forêts au cours de l'Holocène, dans la région de la rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec (ca 58°15' N, 72° O). Cette reconstitution des fluctuations de la limite des forêts est basée sur une récolte exhaustive de plus de 700 macrofossiles ligneux, dont 67 spécimens ont été datés par la méthode du ¹⁴C. Les mélèzes étaient présents dans la région il y a 4500 ans BP. Depuis cette date, les mélèzes ont transgressé au moins à deux reprises la limite moderne des forêts, soit entre 3500 et 2700 ans BP, où s'est faite l'expansion maximale de la limite des forêts vers le nord, et entre 2000 et 1600 ans BP, où une seconde remontée, de moins grande ampleur, a été notée. Très peu de macrofossiles datant des périodes de 2700-2400, 2100-2000, 1600-1300 ans BP ont été récoltés, ce qui suggère une régression des populations arborescentes durant ces périodes. Après 1300 ans BP, aucun déplacement de la limite des forêts vers le nord n'a été enregistré, bien qu'une expansion locale des populations de mélèzes se soit faite entre 1000 et 600 ans BP, ainsi qu'une régression entre 550 et 250 ans BP. Malgré une recherche intensive, aucun macrofossile de mélèze n'a été récolté à plus de 5 km au nord de la limite moderne des forêts.

ABSTRACT *Holocene fluctuations of the limit of tamarack forests, Rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec: macrofossil analysis in organic deposits.* The aim of this project was to outline the fluctuations of the limit of tamarack forests during the Holocene, based on wood macrofossil evidence collected in organic deposits at Rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec (ca. 58°15' N, 72° W). The history of postglacial forest-line is based on an exhaustive collection of more than 700 macrofossils, from which a sampling of 67 macrofossils were radiocarbon-dated. Results indicate that the tamarack was present in the area in 4500 years BP. Since then the tamarack transgressed at least twice the position of the modern forest-lines: 1) between 3500 and 2700 years BP, when the maximum forest-line expansion towards the north took place; and 2) between 2000 and 1600 years BP, when a less extensive northward displacement was registered. Very few macrofossils dated around 2650-2400, 2100-2000, 1600-1300 years BP were collected. This is interpreted as a regression of tree populations during these periods. After 1300 years BP no forest-line displacement was registered; however, there were local expansions of tamarack populations between 1000 and 600 years BP, and regressions between 550 and 250 years BP. In spite of an intensive search in organic deposits, no tamarack macrofossil was collected further north than 5 km of the modern forest-line.

ZUSAMMENFASSUNG *Schwankungen der Lärchenwaldgrenze im Holozän am Rivière aux Feuilles Fluss, Neues Québec: eine makrofossile Analyse des Torfmilieus.* Der Zweck dieses Projekts war es, einen Umriss der Schwankungen in der Bewaldungsgrenzen der Lärchen zu zeigen. Die Grundlage bildeten Holz-Makrofossile welche aus den organischen Ablagerungen des Rivière aux Feuilles Flusses, nördliches Québec (ca 58°15' N, 72°W) gesammelt wurden. Die Geschichte der postglazialen Waldgrenze ist auf eine ausschöpfende Sammlung von mehr als 700 Makrofossilien begründet, von welcher eine Probe von 67 Makrofossilien durch Radio-Karbon datiert wurde. Die Resultate zeigen dass Lärchen in der Gegend 4500 Jahre v.u.Z. anwesend waren. Seit dem haben die Lärchen die Position der heutigen Waldesgrenzen mindestens zweimal überschritten, 1) zwischen 3500 und 2700 Jahren v.u.Z., wenn die nördlichste Ausdehnung der Waldgrenze stattfand und 2) zwischen 2000 und 1600 Jahren v.u.Z., wenn eine weniger ausgedehnte nordwärts Verschiebung aufgezeichnet wurde. Sehr wenige Makrofossile mit Daten um 2650-2400, 2100-2000, 1600-1300 Jahren v.u.Z. wurden gefunden. Das wird als ein Rückschritt der Bewaldung in diesen Zeiten gedeutet. Später als 1300 v.u.Z. wurde keine Waldlinien Verschiebung mehr aufgezeichnet, es gab aber lokale Ausdehnungen der Lärchenbevölkerung zwischen 1000 und 600 Jahren v.u.Z. und Rückschritte zwischen 550 und 250 Jahren v.u.Z., Trotz intensiver Untersuchungen in den organischen Ablagerungen, wurde kein Lärchenmakrofossil gefunden, das mehr als 5km nördlich der heutigen Waldgrenze lag.

INTRODUCTION

Des récoltes de macrofossiles (macrorestes ligneux ou subfossiles) d'espèces arborescentes situées à des altitudes et des latitudes supérieures à la limite moderne des arbres ont été signalées en Europe (ERONEN, 1979; KARLÉN, 1976; KULLMAN, 1980) et en Amérique du Nord (DENTON et KARLÉN, 1977; NICHOLS, 1976; RITCHIE et HARE, 1971). Ces données macrofossiles sont interprétées par les quaternaristes comme étant les restes d'anciennes formations arborescentes, mises en place lors de périodes climatiques plus chaudes que l'actuelle, et correspondant à la limite historique des forêts (HUSTICH, 1966, 1979). Cependant, dans la plupart des travaux mentionnés plus haut, sauf celui de KULLMAN (1980), les macrofossiles utilisés pour retracer les fluctuations de la limite des forêts ont été récoltés d'une manière subjective et incomplète; de plus, quelques spécimens seulement ont été datés au ^{14}C . L'information recueillie sur les déplacements de la limite des forêts par cette méthode est nécessairement incomplète et peut présenter une image simplifiée de la réalité. C'est pourquoi le présent travail a pour but de retracer les fluctuations holocènes de la limite des forêts dans la région de la rivière aux Feuilles (ca $58^{\circ}15' \text{ N}$, 72° O), à partir d'une méthode originale d'échantillonnage et d'analyse de macrofossiles. Nous avons voulu vérifier l'hypothèse de travail suivante: au contact de la toundra forestière et de la toundra arbustive, les caractéristiques des macrofossiles ligneux (répartition, nature, âge, etc.) retrouvés à l'air libre et situés à l'extérieur des formations arborescentes devraient refléter l'ensemble des déplacements passés de la limite des forêts. Pour vérifier cet énoncé, une cartographie détaillée des formations conifériennes arborescentes et arbustives a été entreprise au cours des étés 1976-77-78 et a été suivie d'une récolte exhaustive de tous les macrofossiles conifériens de surface, situés le long d'un transect chevauchant la limite moderne des forêts. Le présent travail traitera plus particulièrement des macrofossiles récoltés dans les fens (ou tourbières minérotrophes) de cette région et de leur signification paléoclimatique, en termes de changement de position de la limite des forêts et de variations du couvert forestier au cours de l'Holocène.

MÉTHODE

RÉCOLTE DE MACROFOSSILES

Les macrofossiles ont été récoltés dans les fens situés à l'extérieur des formations conifériennes, à une altitude ou à une latitude supérieures à la limite moderne des forêts. Seuls les macrofossiles de surface ont fait l'objet d'un échantillonnage exhaustif. Chaque macrofossile a été cartographié, numéroté, mesuré et

classé selon une typologie originale. La classification des types de macrofossile repose sur deux critères distincts: 1) la partie anatomique du spécimen récolté, soit la tige, la souche ou la racine; 2) l'état d'altération du spécimen, soit non altéré ou complet, en section ou en fragment. Un macrofossile dont la circonférence et la longueur originelles sont conservées intactes est classé comme complet, celui ayant seulement la circonférence intacte comme section et, enfin, celui ne possédant plus ses dimensions originelles comme fragment.

Les spécimens datés au ^{14}C ont été choisis à l'aide d'un échantillonnage stratifié en fonction du type et de la position du macrofossile dans le fen (au centre, partie médiane, pourtour du fen); ce choix a donc été fait au hasard au sein de chaque strate. Le nombre de spécimens soumis à la datation ^{14}C représente un échantillon d'environ 10% de l'ensemble des macrofossiles récoltés. Ces radiodatations ont été faites sur les parties externes de l'arbre chez les spécimens de grand diamètre et sur tout le macrofossile chez les petits spécimens.

IDENTIFICATION DES MACROFOSSILES

Chaque macrofossile daté est identifié à l'aide de coupes anatomiques minces (15μ d'épaisseur) dans le xylème secondaire. Même si le mélèze et l'épinette appartiennent à deux genres différents, ces deux espèces sont très voisines sur le plan microanatomique du bois. Une série de coupes anatomiques provenant des différentes parties (racine, souche, tige) de mélèze et d'épinette noire vivants, récoltés à la rivière aux Feuilles, a servi de matériel de référence. Les principaux critères anatomiques de différenciation retenus (GRE-GUSS, 1955; BROWN et al., 1949) sont: 1) en coupe radiale, le parenchyme axial en position terminale, ce dernier étant toujours absent chez *Picea* et généralement présent chez *Larix*; 2) en coupe tangentielle, la forme des cellules de rayon, étant généralement deux fois plus longues que larges chez *Picea*; chez *Larix*, le rapport longueur/largeur est inférieur à 2; 3) en coupe transversale, la transition entre le bois de printemps et le bois d'été est plutôt graduelle chez *Picea* et abrupte chez *Larix*; ce dernier critère s'est révélé un peu plus aléatoire au niveau des racines.

MODE DE CONSTRUCTION DES HISTOGRAMMES

Chaque radiodotation est représentée par un histogramme ayant une distribution normale standard et un écart type de 2. L'histogramme est centré sur la date ^{14}C émise par le laboratoire et la largeur de sa base est le double de la moyenne des écarts types de l'ensemble des datations ^{14}C utilisées dans cette étude, soit 200 ans. Chaque histogramme est décomposé en classes de 50 ans (la demie d'un écart type) et un poids statistique est calculé pour chaque intervalle à partir

des tables de probabilités (FREUND, 1967) pour une distribution normale standard. Les valeurs de probabilités obtenues sont arrondies de telle sorte que la somme des poids statistiques pour une date ^{14}C égale 1 (tabl. I). L'histogramme des fréquences statistiques des datations ^{14}C est le résultat de la somme des poids statistiques pour chaque classe de 50 ans (modifié d'après OCHIETTI et HILLAIRE-MARCEL, 1977). La moyenne des modes de l'histogramme est calculée graphiquement et l'écart type est égal à la largeur du mode mesuré à mi-hauteur.

TABLEAU 1

Probabilités d'une variable aléatoire ayant une distribution normale standard et calcul du poids statistique

Valeur de l'écart type	Probabilités (FREUND, 1967, p. 381)	Poids statistique utilisé
0-0,5	0,1915	0,2
0,5-1	0,1498	0,15
1-1,5	0,0919	0,1
1,5-2	0,0440	0,05

INDICATEUR PALÉOCLIMATIQUE

Le mélèze se présente comme un meilleur indicateur climatique que l'épinette noire. En effet, il se reproduit principalement par graine, adopte presque toujours un port arborescent et, contrairement à l'épinette noire, se reproduit peu par marcottage dans cette région. Ce dernier mode de reproduction semble moins sensible aux fluctuations du climat, n'étant pas soumis aux aléas de la production de graines et de la germination; il permet à l'espèce de se maintenir sur place malgré une détérioration des conditions climatiques. Les épinettes noires arbustives présentes au nord de la limite moderne des arbres seraient, selon certaines hypothèses (LARSEN, 1965, 1972; NICHOLS, 1975, 1976; ELLIOT, 1979; PAYETTE, 1976; PAYETTE et GAGNON, 1979; SAVILE, 1972), des formations reliques installées lors de périodes climatiques plus clémentes que l'actuelle et qui se maintiendraient sur place par voie végétative. Du fait que ces formations présentent un problème particulier d'échantillonnage et d'interprétation, et compte tenu des réserves énoncées précédemment, le présent travail décrit et interprète plus particulièrement les déplacements de la limite des forêts de mélèzes.

Lors de la récolte d'un macrofossile, notamment d'une racine, il est souvent impossible de faire la différence entre les individus ayant un port arborescent ou rampant, de même qu'entre les individus issus de graines ou du marcottage. Pour le mélèze, cependant, les macrofossiles peuvent être interprétés comme repré-

sentant les restes d'individus ayant généralement un port arborescent et issus de graines lors de périodes favorables à la reproduction sexuée. La disparition des populations de mélèzes, au contraire, semble être la résultante d'un refroidissement du climat, inhibant toute reproduction sexuée.

LE TERRITOIRE ÉTUDIÉ

La région étudiée se situe dans la partie continentale du Nouveau-Québec (58°15' N, 72° O), à la limite des forêts, à mi-chemin entre la mer d'Hudson et la baie d'Ungava, le long du cours moyen de la rivière aux Feuilles, soit à environ 160 km au nord-ouest de Kuujuaq (Anc. Fort-Chimo). Le territoire forme un rectangle dont les côtés les plus longs, orientés nord-nord-ouest, sont perpendiculaires à la rivière aux Feuilles. Le quadrilatère s'étend sur une distance de 15 km sur environ 1 km de largeur et couvre le versant est de la rivière Émérillon, jusqu'à environ 2 km au nord du lac des Indiens (fig. 1). La partie centrale du territoire n'a pas été échantillonnée.

D'après la carte isochrone de la déglaciation (PREST, 1969), la région fut déglacée entre 7000-6500 ans BP. Lauriol (comm. pers.) estime que la déglaciation de la région s'est faite entre 6500-6000 ans BP. Les plus vieux sédiments lacustres et tourbeux de la région sont datés respectivement à 5235 ± 185 ans BP (GX-4961 in RICHARD, 1981) et à 4960 ± 80 ans BP (QU-791). Ces deux datations donnent un âge minimal pour la déglaciation du territoire étudié. Pendant le retrait de l'inlandsis laurentidien, la vallée de la rivière aux Feuilles, de même que les vallées adjacentes, auraient été envahies par un lac proglaciaire dont le niveau maximal aurait atteint 225-230 m (PAYETTE et SÉGUIN, 1979). La topographie du plateau ungavien, formé de roches granito-gneissiques d'âge archéen, est légèrement ondulée au nord du lac des Indiens. L'altitude varie entre 210 m et 250 m. Dans la partie sud, le relief est plus accentué, notamment dans la vallée de la rivière aux Feuilles. Les plus hauts sommets atteignent une altitude de 260 m, soit environ 160 m au-dessus du niveau de la rivière aux Feuilles. Quant aux dépôts meubles, les tills remaniés sont les plus importants et occupent principalement les flancs des interfluves. Au nord du lac des Indiens, on retrouve des drumlins et, plus au sud, un esker orienté est-ouest; des terrasses fluviales bordent de part et d'autre la rivière aux Feuilles. La présence d'ostioles, de buttes minérales cryogènes (PAYETTE et SÉGUIN, 1979), de paises, de coulées de gélifluction et de polygones, indiquent une activité périglaciaire intense dans tout le territoire. La région se situe dans la zone de pergélisol discontinu (BROWN, 1970). L'épaisseur du pergélisol est estimée à 35 m dans les terrasses de la rivière aux Feuilles (PAYETTE et SÉGUIN, 1979).

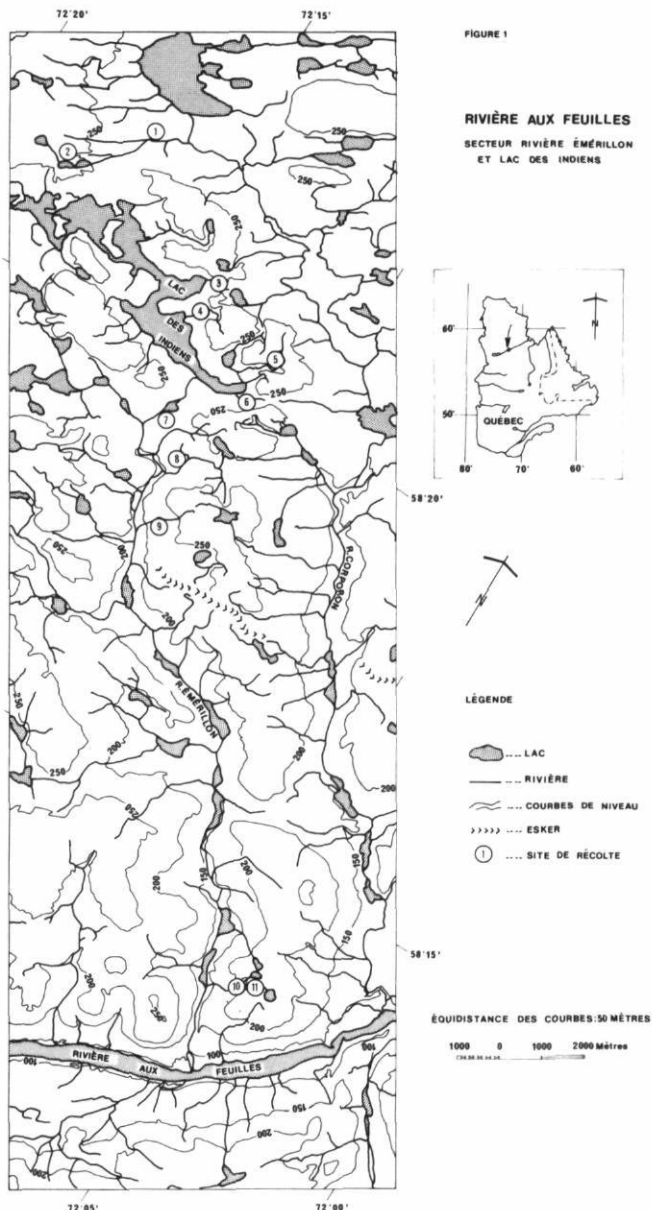


FIGURE 1. Carte de localisation des sites de récolte de macrofossiles.
Location map of the sites where macrofossils were collected.

Les principaux types de sols rencontrés dans la région sont des brunisols dystriques dégradés et des podzols humo-ferriques. Ces sols sont caractérisés par la géliturbation des horizons de surface et la présence de charbons de bois dans l'horizon organique au contact de l'horizon minéral.

LA VÉGÉTATION

La partie sud du territoire étudié fait partie de la zone de la toundra forestière, sous-zone arbustive, domaine

écoclimatique du mélèze (*Larix laricina* (DuRoi) K. Koch) et de l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP.), tandis que la partie nord se situe dans la zone de la toundra arbustive (PAYETTE, 1976). La nomenclature et les définitions des termes utilisés pour décrire la végétation sont celles de PAYETTE (1974 et 1976).

Les formations végétales de la région de la rivière aux Feuilles ont été étudiées par Couillard (tourbières, en prép.), Dubreuil (forêts, en prép.), GODMAIRE et PAYETTE (1981), Gilbert (formations arbustives, 1979), Morin (forêts et toundra, en prép.), PAYETTE et GAGNON (forêts et toundra, 1979) et PAYETTE et LAJEUNESSE (combes à neige, 1980).

Les formations conifériennes de la rivière aux Feuilles s'alignent le long d'un gradient climatique modulé principalement par l'altitude, la latitude et l'exposition aux vents érosifs hivernaux. Par son orientation nord-sud et son profil topographique régulier, s'élevant de la rivière aux Feuilles vers le lac des Indiens, la vallée de la rivière Émérillon permet l'étagement graduel des formations conifériennes. Du sud vers le nord, les principales formations sont: 1) les forêts d'épinettes noires et de mélèzes (altitude 100-150 m); 2) les groupements de mélèzes formant la limite écologique des forêts (altitude 150-190 m); 3) les krummholz-verticilles de mélèzes accompagnés de krummholz d'épinettes noires et 4) les krummholz d'épinettes noires atteignant leur limite nord à environ 40 km au nord de la limite des arbres. Cette dernière limite est formée par le mélèze et se situe juste au nord du lac des Indiens. La limite écologique des forêts, le long de la vallée de la rivière Émérillon, se situe à 3,5 km au sud du lac des Indiens. Grâce à ces caractéristiques, la vallée de l'Émérillon permet d'étudier sur une courte distance les déplacements éventuels de la limite des forêts au cours de l'Holocène.

RÉSULTATS

Tous les fens où sont récoltés les macrofossiles sont soumis à l'action périglaciaire. On observe la présence de palses, de fentes de gel, de grandes lentilles de glace de ségrégation soulevant et déchirant le tapis de tourbe. La géliturbation du matériel organique remet en surface une partie des macrorestes ligneux enfouis et bien conservés dans les sédiments tourbeux. Tous ces macrofossiles de surface ont été récoltés aux fins de l'échantillonnage stratifié.

RIVIÈRE ÉMÉRILLON SUD (sites nos 10 et 11; fig. 1)

Le fen du site n° 10 a une forme grossièrement triangulaire dont deux des extrémités correspondent à l'arrivée de ruisseaux et l'autre à l'exutoire. Quelques mélèzes accompagnés de krummholz d'épinettes noires sont

présents en périphérie du fen. Au site n° 11, le fen est linéaire et s'élargit à l'une des extrémités pour ceinturer un petit lac. Dans ces deux sites, 423 macrofossiles ont été récoltés, dont 34 datés au radiocarbone. Le plus grand nombre de macrofossiles a été récolté dans la partie centrale du fen près de la zone de ruissellement. Dans cette population, 21 spécimens sont des macrofossiles de mélèzes et 13 sont des épinettes noires. Les moyennes d'âge ^{14}C des épinettes varient entre 3575 et 300 ans BP (fig. 2). Les dates se regroupent autour de quatre périodes majeures (poids statistiques $> 0,25$), soit 3575 ± 125 , 2950 ± 125 , 2375 ± 125 , 1425 ± 150 ans BP et trois périodes mineures (poids statistiques $< 0,25$): 1725 ± 100 , 800 ± 100 , 300 ± 100 ans BP. L'âge minimal de l'installation de l'épinette dans ce site est de 3590 ± 100 BP (QU-686). Les moyennes d'âge ^{14}C des mélèzes se regroupent autour de cinq périodes majeures, soit 4525 ± 125 , 2275 ± 125 , 1200 ± 125 , 800 ± 200 , 125 ± 125 ans BP et d'une période mineure, 3150 ± 100 ans BP (fig. 2). L'abondance du mélèze a diminué dans ces deux sites entre 4400 – 2500, 1800 – 1300, et 500 – 350 ans BP.

RIVIÈRE ÉMÉRILLON NORD (sites nos 7-8-9; fig. 1)

Ces trois sites sont localisés au nord de la limite moderne des forêts. Les seules formations conifériennes présentes dans cette région sont des krummholz d'épinettes noires. Les mélèzes sont peu abondants et se dispersent en bordure de la rivière Émérillon. Un total de 131 macrofossiles ont été récoltés dans les trois sites, dont 17 ont été datés au ^{14}C . L'épinette est présente dans le territoire depuis au moins 4010 ± 90 ans BP (QU-619). Les moyennes des datations ^{14}C des spécimens d'épinette noire se regroupent autour de deux périodes majeures, soit 2050 ± 100 et 1725 ± 250 ans BP et de trois périodes mineures, soit 4000 ± 100 , 2450 ± 100 , 250 ± 100 ans BP (fig. 3). L'absence de macrofossiles d'épinette entre les périodes mineures et majeures ne signifie pas que cette espèce ait disparu de la région. Cette situation peut s'expliquer en raison du type d'habitat où sont récoltés les macrofossiles. Les moyennes d'âge ^{14}C des mélèzes se regroupent autour d'une seule période majeure, soit 1850 ± 200 ans BP et de cinq périodes mineures, soit 4350 ± 100 , 3300 ± 100 , 2700 ± 100 , 2250 ± 100 , 150 ± 100 ans BP.

BASSIN DU LAC DES INDIENS (sites nos 3-4-5-6) ET RÉGION AU NORD DU LAC DES INDIENS (sites nos 1, et 2, fig. 1)

Le relief du plateau ungavien au nord du lac des Indiens est peu accentué. Les fens et les lacs sont nombreux. Les dépôts minéraux meubles sont colonisés par des krummholz d'épinettes noires et des lichénais arbustives. L'épinette atteint sa limite septentrionale dans l'axe de la rivière Émérillon, à environ 40 km au

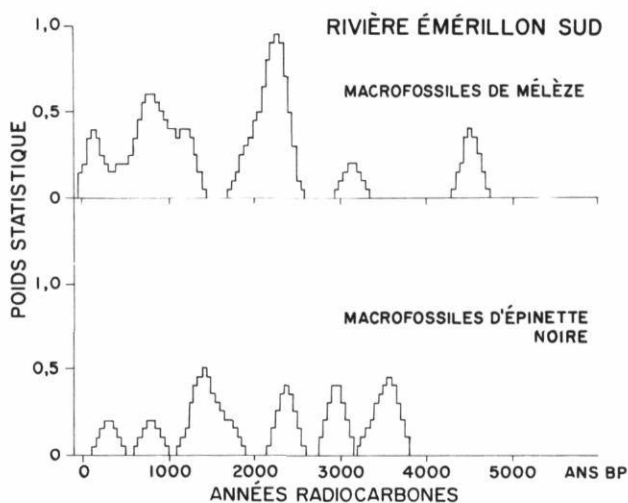


FIGURE 2. Fréquences des datations ^{14}C des macrofossiles de mélèze et d'épinette noire, région de la rivière Émérillon sud.
Radiocarbon dates frequencies of tamarack and black spruce macrofossils, south Émérillon River area.

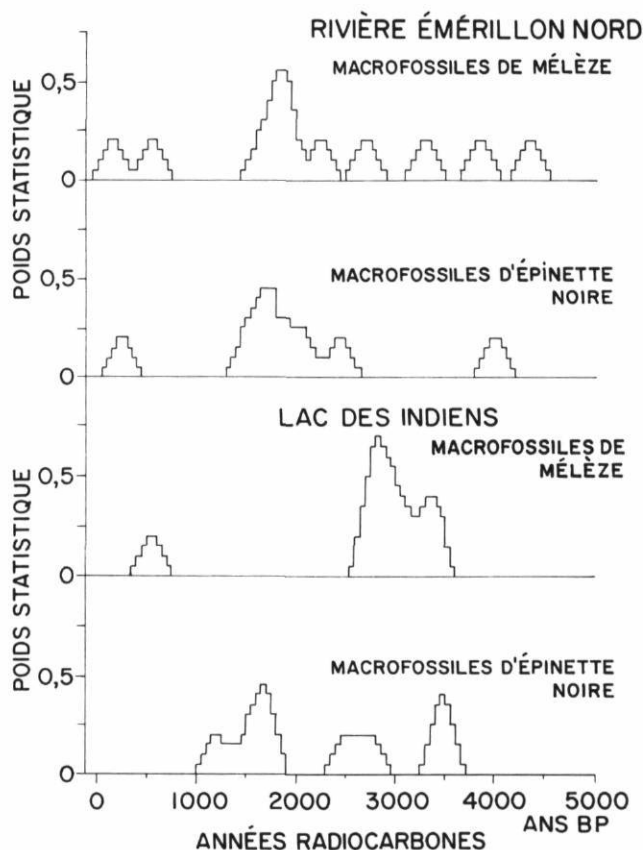


FIGURE 3. Fréquences des datations ^{14}C des macrofossiles de mélèze et d'épinette noire, régions de la rivière Émérillon nord et du lac des Indiens.
Radiocarbon dates frequencies of tamarack and black spruce macrofossils, north Émérillon River and Lac des Indiens areas.

nord du lac des Indiens. De très rares clones érodés de mélèzes vivants ont été localisés dans le bassin du lac des Indiens.

Un total de 169 macrofossiles ont été récoltés, dont 7 spécimens de mélèze et 8 d'épinette ont été datés au radiocarbone (fig. 3). Les moyennes d'âge ^{14}C des épinettes se regroupent en deux périodes majeures, soit 3475 ± 125 et 1675 ± 125 ans BP et en deux périodes mineures, soit 2750 ± 100 et 2500 ± 100 ans BP. L'âge minimal de l'implantation de l'épinette dans la région est de 3510 ± 120 ans BP (QU-580). Un des spécimens daté à 2505 ± 155 ans BP (GX-5287) porte des traces de feu sur la tige. L'âge du feu est probablement contemporain de celui de l'épinette.

Les moyennes d'âge radiocarbone des mélèzes se regroupent autour de trois périodes majeures, soit 3350-100, 3050 ± 100 et 2825 ± 125 ans BP et d'une période mineure, soit 550 ± 100 ans BP.

Lors d'une reconnaissance faite jusqu'à 60 km au nord de la limite moderne des arbres, plusieurs macrofossiles de mélèzes ont été retrouvés dans un petit lac de fen situé à 0,5 km au nord du lac des Indiens, à 250 m d'altitude. Actuellement, on ne retrouve aucun mélèze vivant dans cette région et on note la présence de krummholz d'épinettes noires. Une tige droite de mélèze mesurant près de 3 m de hauteur a été datée à 2820 ± 70 ans BP (QU-581). Un deuxième macrofossile daté à 3350 ± 70 ans BP (QU-582) a aussi été récolté dans une mare de fen à l'est de QU-581. Malgré une fouille intensive, aucun macrofossile de mélèze n'a été retrouvé au nord des sites nos 1 et 2.

DISCUSSION

Les fluctuations climatiques au cours de l'Holocène ont fait l'objet d'un grand nombre de travaux de recherche. Les principaux travaux choisis pour des fins de comparaison traitent principalement des paléoclimats de l'Amérique du Nord basés sur la palynologie, la position de la limite des arbres et les fluctuations des glaciers alpins. Quelques travaux européens sur les fluctuations climatiques ont aussi été retenus (fig. 4). Cependant, dû aux différentes méthodes, à la nature du matériel et aux techniques de datation utilisées, il est souvent difficile d'établir des corrélations directes entre toutes ces données. C'est pourquoi les résultats du présent travail (appendice) ont été regroupés en périodes définies, en fonction de la position et de la fréquence des datations ^{14}C des macrofossiles.

PÉRIODE DE 5000 – 3500 ANS BP

Les données macrofossiles indiquent un âge minimal de 4550 ± 100 ans BP (QU-659) pour la présence de

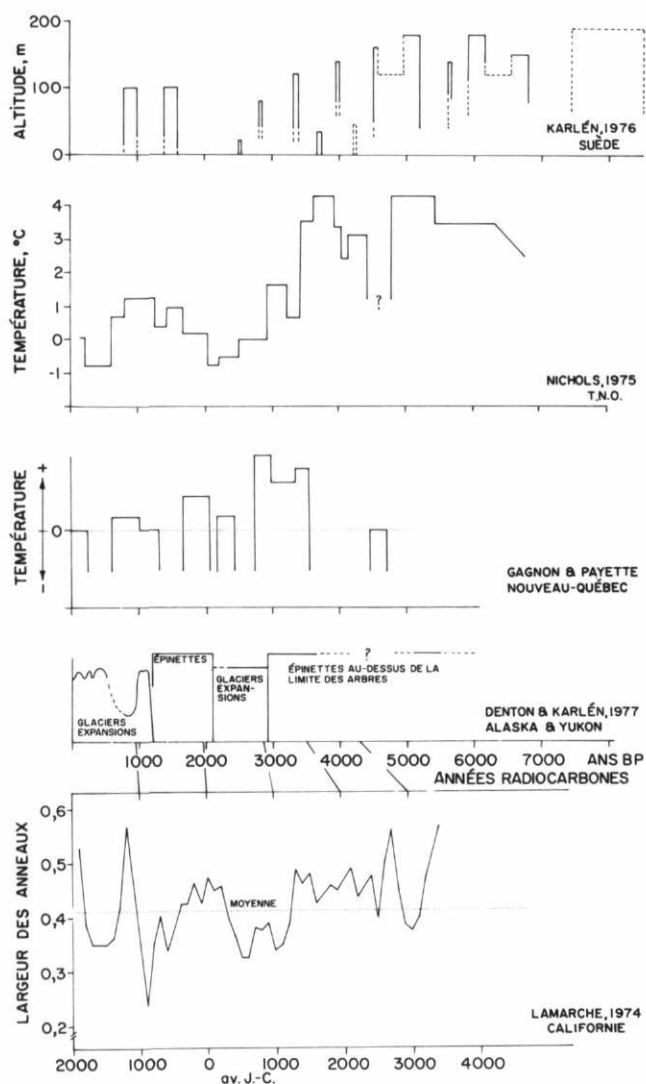


FIGURE 4. Données comparatives sur les fluctuations climatiques au cours de l'Holocène

Comparative data on the climatic fluctuations during the Holocene.

mélèzes dans le territoire étudié. C'est là un âge minimal, puisque des macrorestes de feuilles de mélèzes ont été trouvés dans un échantillon de tourbe âgé de 4960 ± 90 ans BP (QU-791) au site n° 10 (Larouche *in* RICHARD, 1981). En se basant sur deux diagrammes polliniques, l'un provenant de la tourbière du site n° 10 et l'autre d'un lac situé à 300 m au nord-ouest du site n° 11, RICHARD (1981) situe l'arrivée du mélèze vers 5300 ans BP.

Très peu de macrofossiles datant de cette période ont été récoltés à la rivière aux Feuilles. DENTON et KARLÉN (1977) ont noté la même tendance en Alaska et au Yukon. En Suède (KARLÉN, 1976), le nombre de macrofossiles de pin récoltés au-dessus de la limite mo-

derne des arbres diminue après 4500 ans BP. L'absence de macrofossiles à la rivière aux Feuilles au cours de cette période peut être reliée à des conditions écologiques défavorables à la croissance des conifères ou au manque de conditions propices à la conservation des macrorestes ligneux. En consultant les données palynologiques, la première hypothèse a été retenue. En effet, les études polliniques faites au Nouveau-Québec et au Labrador suggèrent la présence d'une végétation de toundra au cours de cette période (McANDREWS et SAMSON, 1977; RICHARD, 1981; SHORT et NICHOLS, 1977).

Les données sur le début de la colonisation forestière post-glaciaire des Territoires-du-Nord-Ouest diffèrent de celles de l'Est du Canada. Des maximums d'extension vers le nord de la limite forêt-toundra sont enregistrés dans l'Ouest canadien entre 5000 – 3500 ans BP (BRYSON *et al.*, 1965; KAY, 1978; NICHOLS, 1967, 1975; SORENSON *et al.*, 1971; SORENSON, 1977).

NICHOLS (1975) note une régression de la limite des forêts entre 4800 – 4300 ans BP. Il semble que les conditions écologiques aient été différentes de part et d'autre de la mer d'Hudson au cours de cette période. Du côté est de la mer, une déglaciation tardive, la présence de lacs proglaciaires et une colonisation forestière post-hypsithermale peuvent expliquer l'installation tardive de la végétation coniférienne par rapport à celle des Territoires-du-Nord-Ouest.

Du côté ouest de la mer d'Hudson, la colonisation forestière s'est effectuée durant l'Hypsithermal. Une fois installées, les espèces conifériennes ont pu se maintenir sur place par voie végétative durant les périodes défavorables, en autant que les feux n'étaient pas trop fréquents, et connaître des expansions locales par voie sexuée lors de périodes climatiques plus clémentes. Ce mode de reproduction différentielle pourrait expliquer les déplacements «apparents» rapides, sur de grandes distances, de la limite des forêts mentionnés par NICHOLS (1975), les espèces arborescentes demeurant sur place et seul le mode de reproduction changeant. De même, la présence de charbons de bois (BRYSON, *et al.*, 1965; SORENSON *et al.*, 1971) peut provenir du krummholz d'épinettes et indiquer une détérioration des conditions écologiques du milieu.

PÉRIODE DE 3500 – 2700 ANS BP

À la rivière aux Feuilles, les données sur les macrofossiles de mélèze suggèrent une période majeure d'extension postglaciaire de la limite nord de cette espèce, centrée autour de deux maximums, soit 3350 ± 100 et 2825 ± 125 ans BP. Ces deux maximums sont confirmés par la position la plus septentrionale des macrofossiles des sites nos 1 et 2. De même, les épinettes noires auraient possiblement atteint leur limite nord au

début de cette période, vers 3475 ± 125 ans BP. Cette extension de la limite des forêts est appuyée par d'autres travaux, montrant une transgression de la limite des arbres au cours de cette période. En Alaska et au Yukon (DENTON et KARLÉN, 1977), la limite des épinettes se situe au-dessus de la limite moderne des arbres entre 3500 et 2900 ans BP. En Suède (KARLÉN, 1976), des macrofossiles de pin âgés de 3300 ans BP (quatre dates) et de 2700 ans BP (deux dates) sont récoltés au-dessus de la limite moderne des arbres. À la rivière aux Feuilles, des maximums d'influx du pollen d'épinette noire sont enregistrés entre 4000 et 2500 ans BP (RICHARD, 1981). Ce dernier auteur y voit les indices d'une remontée de la limite des arbres autour de 3600 ans BP. Au Nouveau-Québec, McANDREWS et SAMSON (1977) signalent un maximum d'arbres, d'abord du mélèze, puis de l'épinette, vers 3000 ans BP. Au Labrador, les épinettes atteignent un maximum de densité postglaciaire entre 4000 – 3000 ans BP (SHORT et NICHOLS, 1977). Sur l'île de Baffin (DAVIS et ANDREWS, 1979), un maximum des températures est signalé entre 3500 – 3300 ans BP.

Dans les Territoires-du-Nord-Ouest, les données sur la position holocène des arbres diffèrent de celles du Nouveau-Québec pour cette période. Entre 3500 et 2700 ans BP, NICHOLS (1975) note une baisse rapide de la limite des forêts, avec une légère remontée entre 3300 et 3000 ans BP.

En résumé, cette période post-hypsithermale aurait été l'une des plus favorables à la croissance des conifères en Amérique du Nord, et plus particulièrement au Nouveau-Québec, où des maximums d'extension postglaciaire de la limite des forêts ont été notés. Cependant, à cause de conditions écologiques particulières, feu panrégional (NICHOLS, 1975), la partie centrale du territoire canadien n'aurait pas enregistré les mêmes tendances.

PÉRIODE DE 2700 – 2050 ANS BP

Les populations de mélèzes ont régressé dans le territoire étudié au cours de cette période. Elles ont pratiquement disparu de la région au nord du lac des Indiens. Cependant, dans la partie sud de la rivière Émérillon, les mélèzes ont connu une expansion locale centrée autour de 2275 ± 125 ans BP. Cette diminution des populations de mélèzes au nord de la limite moderne des forêts à la rivière aux Feuilles est interprétée comme un refroidissement climatique.

Cette période se serait caractérisée par des températures plus froides qu'aujourd'hui. En effet, en Alaska et au Yukon (DENTON et KARLÉN, 1977), de même qu'en Suède (KARLÉN, 1976), la limite altitudinale des conifères descend sous la limite moderne des arbres. D'après ces auteurs, cette tendance correspondrait à

l'expansion des glaciers alpins entre 2900–2100 ans BP en Alaska et au Yukon et entre 2800–2200 ans BP en Suède. Le paysage devient plus ouvert à partir de 2500 ans BP à la rivière aux Feuilles (RICHARD, 1981), de 3000 ans BP au Labrador (SHORT et NICHOLS, 1977) et de 2700 ans BP au lac de la Hutte Sauvage (McANDREWS et SAMSON, 1977). Dans les Territoires-du-Nord-Ouest, la limite forêt-toundra descend en-dessous de la limite moderne des arbres vers 2900 ans BP selon SORENSON *et al.* (1971) et entre 3000 et 2000 ans BP selon NICHOLS (1975). DAVIS et ANDREWS (1979) estiment que les températures baissent après 2500 ans sur l'île de Baffin. Cette détérioration générale des conditions climatiques est signalée dans d'autres travaux (WENDLAND et BRYSON, 1974; LaMARCHE, 1974, 1978; TERASMAE, 1973; PAYETTE et SEGUIN, 1979; PAYETTE et LAJEUNESSE, 1980; U.S., C.G.A.R.P., 1975).

PÉRIODE DE 2050 – 1300 ANS BP

À la rivière aux Feuilles, cette période est marquée par un déplacement vers le nord de la limite des forêts de mélèzes jusque dans la partie méridionale du lac des Indiens (2050–1650 ans BP), suivie d'une régression des populations (1650–1300 ans BP). Les épinettes sont au-dessus de la limite moderne des arbres (2100–1230 ans BP) en Alaska et au Yukon (DENTON et KARLÉN, 1977). En Suède (KARLÉN, 1976), aucun macrofossile de pin n'a été récolté au-dessus de la limite des arbres entre 2000–1600 ans BP. Cependant, des macrofossiles sont présents au-dessus de la limite moderne des arbres entre 1600–1350 ans BP. L'ouverture du paysage à la rivière aux Feuilles s'accélère à partir de 2000 ans BP (RICHARD, 1981), si on en juge par la chute marquée des influx polliniques.

Dans les Territoires-du-Nord-Ouest, SORENSON *et al.* (1971) signalent une baisse de la limite forêt-toundra par rapport à la limite moderne vers 2100–1500 ans BP et une remontée vers 1500–1000 ans BP, tandis que NICHOLS (1975) note une remontée de la limite forêt-toundra entre 2000–1500 ans BP et une baisse autour de 1400 ans BP. La courbe dendrochronologique de LaMARCHE (1974) s'élève au-dessus de la moyenne entre 2100–1600 ans BP. La plupart des travaux présentent la date de 2000 ans BP comme le début d'une période climatique plus favorable que l'actuelle; cependant, on ne s'entend pas sur la date finale, ce qui peut être dû à une instabilité sur le plan climatique ou à l'action prépondérante de facteurs écologiques locaux.

PÉRIODE DE 1300 – 125 ANS BP

Les données macrofossiles à la rivière aux Feuilles ne suggèrent aucune transgression de la limite moderne des forêts par le mélèze au cours de cette période.

Toutefois, il semble qu'une régression des populations de mélèzes ait été enregistrée entre 600–250 ans BP. La dernière expansion locale des populations de mélèzes est confirmée par une étude démographique des populations vivantes de mélèzes à la rivière aux Feuilles (PAYETTE et GAGNON, 1979). En Alaska et au Yukon (DENTON et KARLÉN, 1977), aucun macrofossile n'a été récolté au-dessus de la limite moderne des arbres pendant cette période. Par ailleurs, des réavancées de glaciers alpins avec un léger retrait entre 950–550 ans BP ont été rapportées. En Suède (KARLÉN, 1976), les macrofossiles de pin sont présents au-dessus de la limite moderne des conifères entre 1000–800 (une date); en dehors de ces intervalles, aucun macrofossile n'a été observé. Les données palynologiques donnent peu de détail sur la végétation en place au cours de cette période, dû à un faible taux de sédimentation, interprété comme une baisse générale de la productivité biologique (RICHARD, 1981; SHORT et NICHOLS, 1977).

Dans les Territoires-du-Nord-Ouest, la limite forêt-toundra se situe au-dessus de la limite moderne des arbres entre 1200–600 ans BP selon NICHOLS (1975) et entre 1500–100 ans BP selon SORENSON *et al.* (1971). La limite forêt-toundra descend vers le sud entre 600–200 ans BP, pour finalement remonter, depuis 200 ans BP, jusqu'à la limite moderne des arbres (NICHOLS, 1975).

À partir des données disponibles dans tous ces travaux, on peut diviser cette période en deux parties: une première, favorable à la croissance des arbres à la limite des forêts se situant au début du dernier millénaire et un deuxième défavorable à la croissance des arbres entre 600–250 ans BP. Le deuxième intervalle appelé le Petit Âge glaciaire (*Little Ice Age*) est considéré comme une période froide. Les données macrofossiles de la rivière aux Feuilles traduisent les mêmes tendances et correspondent en particulier aux données de LAMB (1966).

DÉPLACEMENTS POSTGLACIAIRES DE LA LIMITE SEPTENTRIONALE DES FORÊTS DE MÉLÈZES ET CORRÉLATIONS CLIMATIQUES (fig. 5 et 6)

À partir des hypothèses de KÖPPEN (1900) et de BRYSON (1966), les données climatiques (principalement des températures durant la période de croissance des plantes) peuvent être extrapolées en se basant sur la position géographique (altitude et latitude) et la fréquence des âges (poids statistiques) des macrofossiles récoltés à la rivière aux Feuilles. La phase d'afforestation (5000–3500 ans BP) aurait eu lieu après l'Hypsithermal. Les températures estimées entre 5000–3500 ans BP seraient égales ou plus basses que les

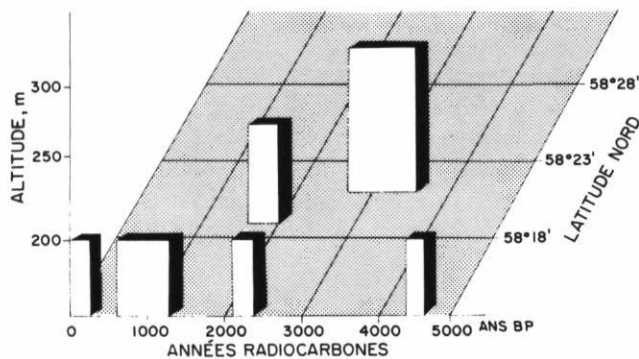


FIGURE 5. Déplacements holocènes de la limite des forêts de mélèzes, rivière aux Feuilles.

Forest limit displacements of the tamarack forests during the Holocene, Rivière aux Feuilles.

températures actuelles. Durant l'optimum du mélèze (3500 – 2700 ans BP), les températures estivales estimées auraient été plus élevées qu'aujourd'hui. Deux maximums de température postglaciaire centrées autour de 2825 ± 125 et 3350 ± 150 ans BP sont enregistrés. On note un léger fléchissement des températures entre ces deux maximums. Après cet optimum, la tendance générale des températures serait à la baisse jusqu'à aujourd'hui. Entre 2700 et 2050 ans BP, les températures auraient été inférieures à celles d'aujourd'hui, à l'exception d'un intervalle centré autour de 2275 ± 125 ans BP, où les températures auraient été égales ou légèrement plus élevées. Après la période relativement froide de 2700 ± 2050 ans BP, les températures se seraient relevées pour atteindre des moyennes supérieures à celle d'aujourd'hui, soit autour de 1850 ± 200 ans BP. Depuis 1650 ans BP, les températures seraient égales (1225 ± 125 et 125 ± 125 ans BP), inférieures ($1650 - 1300$ et $600 - 250$ ans BP) et légèrement supérieures (800 ± 200 ans BP) à celles d'aujourd'hui.

CONCLUSION

L'homogénéité du matériel utilisé (bois uniquement) dans ce travail se reflète dans la faible variation des écarts types entre chaque radiodation. De plus, le mode de compilation statistique des datations, tenant compte des marges d'erreur des dates ^{14}C et du degré de précision (plus de 0,25 comme poids statistique) utilisé, permet de faire ressortir les déplacements des populations arborescentes, tout en éliminant le bruit de fond causé par les conditions écologiques locales. Ce mode de compilation permet ainsi l'établissement d'une chronologie des déplacements de la limite des forêts de mélèzes et la reconstitution des conditions climatiques

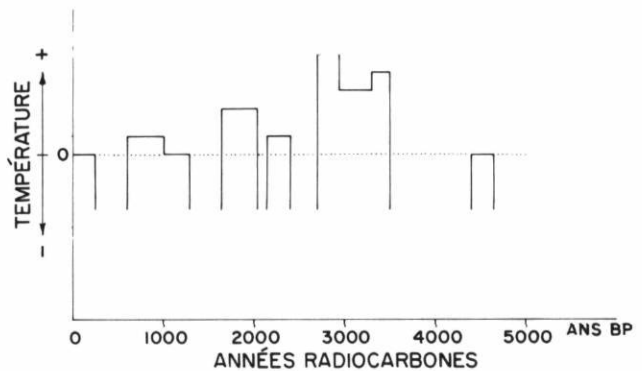


FIGURE 6. Fluctuations holocènes des températures estivales basées sur l'analyse macrofossile, rivière aux Feuilles.

Summer temperature fluctuations during the Holocene, based on macrofossil analysis, Rivière aux Feuilles.

post-hypsithermales dans la région de la rivière aux Feuilles.

Les principales conclusions qui se dégagent de la présente étude peuvent être résumées ainsi :

- 1) L'analyse de tous les macrofossiles de surface retrouvés dans les fens s'avère significative pour retracer les transgressions passées de la limite des forêts.
- 2) La colonisation forestière du territoire étudié s'est faite après l'Hypsithermal.
- 3) Le mélèze semble être la première espèce à s'être installée dans la région après le retrait de l'inlandsis (sous réserve).
- 4) Grâce à son mode de reproduction sexué, le mélèze paraît être un meilleur indicateur paléoclimatique que l'épinette noire dans la région étudiée.
- 5) Durant l'optimum du mélèze (3500 – 2700 ans BP), les moyennes des températures estimées ont été supérieures aux moyennes actuelles. Depuis cette période, la tendance des températures est à la baisse.
- 6) Les macrorestes ligneux, récoltés à la surface des fens, sont métachrones par rapport à la stratigraphie des sédiments tourbeux et apparaissent donc comme de mauvais indicateurs de la chronologie stratigraphique ; ERONEN (1979) a noté le même phénomène.
- 7) Finalement, les données macrofossiles suggèrent un très faible déplacement (moins de 10 km) des formations de mélèzes au cours de l'Holocène dans la région de la rivière aux Feuilles.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Pierre LaSalle, Louis Barrette et Richard Morasse du Laboratoire de géochronologie, Centre de recherches minérales, ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, pour avoir

généreusement accepté de faire les datations ^{14}C . Sans l'assistance dévouée sur le terrain de Roxane Lajeunesse, Alberte L. Duhaime, Jean Deshayé et André Bouchard, ce travail n'aurait pu être mené à bonne fin. L'étude a bénéficié de l'appui financier du Centre d'études nordiques de l'université Laval, du Conseil national de la recherche du Canada (Sciences naturelles et génie) et du ministère de l'Éducation du Québec (Programme FCAC). Alberte L. Duhaime a produit les figures.

BIBLIOGRAPHIE

- BROWN, H.P., PANSHIN, A.J. et FORSAITH, C.C. (1949): *Text-book of Wood Technology*, McGraw-Hill, New York.
- BROWN, R.J. (1970): *Permafrost in Canada*, Univ. Toronto Press, Toronto, 234 p.
- BRYSON, R.A. (1966): Air masses, streamlines, and the boreal forest, *Geogr. Bull.*, 8: 228-269.
- BRYSON, R.A., IRVING, W.N. et LARSEN, J.A. (1965): Radiocarbon and soils evidence of former forest in the Southern Canadian tundra, *Science*, 147: 46-48.
- COUILLARD, L. et PAYETTE, S. (1981): *Chronographie d'une tourbière à plateau paisique, rivière aux Feuilles*, 4^e colloque sur le Quaternaire du Québec, Univ. Laval.
- DAVIS, P.T. et ANDREWS, J.T. (1979): A 3600 years predicted temperature record from Windy Lake, Pagnirtung Pass, Baffin Island, *Eighth annual Eastern Canadian Arctic Workshop*, INSTAAR, Univ. Colorado, Boulder, Col.
- DENTON, G.H. et KARLÉN, W. (1977): Holocene glacial and tree-line variations in the White River Valley and Skolai Pass, Alaska and Yukon Territory, *Quat. Res.*, 7: 63-111.
- ELLIOTT, D.L. (1979): The current regenerative capacity of the Northern Canadian trees, Keewatin, N.W.T., Canada: some preliminary observations, *Arct. Alp. Res.*, 11: 243-251.
- ERONEN, M. (1979): The retreat of pine forest in Finnish Lapland since the Holocene climatic optimum: a general discussion with radiocarbon evidence from subfossil pines, *Fennia*, 157(2): 93-114.
- FREUND, J.E. (1967): *Modern Elementary Statistics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 432 p.
- GODMAIRE, A. et PAYETTE, S. (1981): Dynamique spatio-temporelle d'une bande forestière près de la limite des forêts, rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec, *Géogr. phys. Quat.*, 35 (1-2): 73-86.
- GREGUSS, P. (1955): *Identification of living gymnosperms on the basis of Xylotomy*, Akademiai, Budapest.
- HUSTICH, I. (1966): On the forest-tundra and the northern tree-lines, *Ann. Univ. Turku A II*, 36: 7-47.
- (1979): Ecological concepts and biogeographical zonation in the North: the need for a generally accepted terminology, *Holarct. Ecol.*, 2: 208-217.
- KARLÉN, W. (1976): Lacustrine sediments and tree-limit variations as indicators of Holocene climatic fluctuations in Lapland: Northern Sweden, *Geogr. Ann.*, 58: 1-34.
- KAY, P.A. (1979): Multivariate statistical estimates of Holocene vegetation and climate, forest-tundra transition zone, NWT, Canada, *Quat. Res.*, 11: 125-140.
- KÖPPEN, W. (1900): Versuch einer klassifizierung der klimate, vorzugsweise nach ihren beziehungen zur pflanzenwelt, *Geogr. G.*, 6: 593-611, 657-679.
- KULLMAN, L. (1980): Radiocarbon dating of subfossil Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Southern Swedish Scandes, *Boreas*, 9: 101-106.
- LaMARCHE, V.C., Jr. (1974): Paleoclimatic inferences from long tree-ring records, *Science*, 183: 1043-1048.
- (1978): Tree-ring evidence of past climatic variability, *Nature*, 276: 334-338.
- LAMB, H.H. (1966): *The changing climate*, Methuen, Londres, 236 p.
- LARSEN, J.A. (1965): The vegetation of the Ennada Lake area, NWT: studies in subarctic and arctic bioclimatology, *Ecol. Monogr.*, 35: 37-59.
- (1972): Growth of spruce at Dubawnt Lake, NWT, *Arctic*, 25: 59.
- McANDREWS, J.J. et SAMSON, G. (1977): Analyse pollinique et implications archéologiques et géomorphologiques, Lac de la Hutte Sauvage (Mushuau Nipi), Nouveau-Québec, *Géogr. phys. Quat.*, 31: 177-183.
- NICHOLS, H. (1967): Pollen diagrams from sub-arctic central Canada, *Science*, 155: 1665-1668.
- (1975): *Palynology and paleoclimatic study of the late Quaternary displacement of the boreal forest-tundra ecotone in Keewatin and Mackenzie, NWT, Canada*, Occ. Pap. n° 15 INSTAAR, Univ. Colorado, 87 p.
- (1976): Historical aspects of the Northern Canadian treeline, *Arctic*, 29: 38-47.
- OCCHIETTI, S. et HILLAIRES-MARCEL, C. (1977): Chronologie ^{14}C des événements paléogéographiques du Québec depuis 14 000 ans, *Géogr. phys. Quat.*, 31: 123-133.
- PAYETTE, S. (1974): Classification écologique des formes de croissance de *Picea glauca* (Moench) Voss. et de *Picea mariana* (Mill) BSP en milieux subarctiques et subalpins, *Naturaliste can.*, 101: 393-903.
- (1976): Les limites écologiques de la zone héli-arctique entre la mer d'Hudson et la baie d'Ungava, Nouveau-Québec, *Cah. Géogr. Qué.*, 200: 347-367.
- PAYETTE, S. et GAGNON, R. (1979): Tree-line dynamics in Ungava Peninsula, Northern Quebec, *Holarct. Ecol.*, 2: 239-248.
- PAYETTE, S. et LAJEUNESSE, R. (1980): Les combes à neige de la rivière aux Feuilles (Nouveau-Québec): indicateurs paléoclimatiques holocènes, *Géogr. phys. Quat.*, 34: 209-220.
- PAYETTE, S. et SEGUIN, M.K. (1979): Les buttes minérales cryogènes dans les basses terres de la rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec, *Géogr. phys. Quat.*, 33: 339-358.
- PREST, V.K. (1969): *Retreat of Wisconsin and recent ice in North America*, Geol. Surv. Can., carte n° 1257a.

- RICHARD, P. (1981): *Paléophytogéographie postglaciaire en Ungava*, Paléo-Québec, n° 13, 153 p.
- RITCHIE, J.C. et HARE, F.K. (1971): Lake Quaternary vegetation and climate near the arctic tree-line of Northwestern North America, *Quat. Res.*, 1: 331-342.
- SAVILLE, D.B.O. (1972): *Arctic adaptations in plants*, Can. Dep. Agric. Res. Br., Monogr., n° 6, 81 p.
- SHORT, J.K. et NICHOLS, H. (1977): Holocene pollen diagrams from subarctic Labrador-Ungava: vegetational history and climatic change, *Arct. Alp. Res.*, 9: 265-290.
- SORENSEN, C.J. (1977): Reconstructed Holocene bioclimates, *Ann. Ass. Amer. Geogr.*, 67: 214-222.
- SORENSEN, C.J., KNOW, J.C., LARSEN, J.A. et BRYSON, R.A. (1971): Paleosols and the forest border in Keewatin, N.W.T., *Quat. Res.*, 1: 468-473.
- TERASMAE, J. (1973): Notes on late Wisconsin and early Holocene history of vegetation in Canada, *Arct. Alp. Res.*, 5: 201-222.
- U.S. COMMITTEE FOR THE GLOBAL ATMOSPHERIC RESEARCH PROGRAM (1975): *Understanding climatic change: a program for action*, Nat. Acad. Sci., Washington, D.C., 239 p.
- WENDLAND, W.M. et BRYSON, R.A. (1974): Dating climatic episodes of the Holocene, *Quat. Res.*, 4: 9-24.

APPENDICE

Radiodatations des macrofossiles récoltés en surface dans les fens.

N° de laboratoire	Âge ¹⁴ C BP	Localisation coordonnées altitude (m)	Type de matériel longueur × diamètre	Position stratigraphique et interprétation
RÉGION DU LAC DES INDIENS				
QU-582	3 300 ± 70	Site n° 1 58° 22' 15" N 72° 16' 30" O 235 m	Section de tige Mélèze 90 cm × 4 cm	Sur le fond tourbeux d'un petit lac de fen recouvert de 0,5 m d'eau. Récolte la plus nordique d'un macrofossile de mélèze. Date le début de la période d'expansion maximale des mélèzes vers le nord. Actuellement les mélèzes sont absents de cette région.
QU-581	2 820 ± 70	Site, n° 2 58° 21' 30" N 72° 18' 00" O	Section de tige Mélèze 300 cm × 7 cm	Sur le fond tourbeux et rocheux d'un petit lac de fen. Macrofossile mis à nu sous l'action érosive d'un petit tributaire. Date la fin de la période optimale du mélèze.
QU-594	2 980 ± 100	Site n° 3 58° 21' 00" N 72° 13' 30" O 245 m	Section de tige Mélèze 35 cm × 3 cm	En surface dans un fen, au pied d'un hummock de sphagnum. Macrofossile remonté en surface par l'action du gel.
QU-595	3 400 ± 100	Site n° 3 58° 21' 00" N 72° 13' 30" O 245 m	Section de tige Mélèze 37 cm × 2 cm	Dans l'eau sur le fond tourbeux d'un petit étang de fen. Plus vieux macrofossile de mélèze pour ce site.
QU-596	1 750 ± 100	Site n° 3 58° 21' 00" N 72° 13' 30" O 245 m	Fragment de racine Épinette 45 cm × —	Au centre d'un fen dans une zone de ruissellement.
QU-597	2 750 ± 100	Site n° 3 58° 21' 00" N 72° 13' 30" O 245 m	Fragment de bois Mélèze 60 cm × —	En surface sur le pourtour d'un fen. Plus jeune macrofossile de mélèze pour ce site.
QU-598	2 820 ± 100	Site n° 3 58° 21' 00" N 72° 13' 30" O 245 m	Fragment de tige Mélèze 100 cm × —	En surface au centre d'un fen dans une zone de ruissellement.
QU-589	2 730 ± 110	Site n° 4 58° 20' 30" N 72° 13' 30" O 245 m	Fragment de tige Épinette 35 cm × —	Au centre d'un fen partiellement enfoui au pied d'une butte de sphagnum.

N° de laboratoire	Âge ¹⁴ C BP	Localisation coordonnées altitude (m)	Type de matériel longueur × diamètre	Position stratigraphique et interprétation
QU-590	2 940 ± 110	Site n° 4 58° 20' 30" N 72° 13' 30" O 245 m	Fragment de souche Mélèze 30 cm × —	Remis en surface par l'action du gel, au centre d'un fen. Plus jeune macrofossile de mélèze pour ce site.
QU-591	1 710 ± 110	Site n° 4 58° 20' 30" N 72° 13' 30" O 245 m	Section de tige Épinette 35 cm × 3 cm	Sur le fond tourbeux d'une mare de fen.
QU-592	3 440 ± 110	Site n° 4 58° 20' 30" N 72° 13' 30" O 245 m	Fragment de souche Épinette 45 cm × —	Au fond d'une mare de fen recouverte de quelques centimètres d'eau.
QU-593	3 140 ± 100	Site n° 4 58° 20' 30" N 72° 13' 30" O 245 m	Fragment de tige Mélèze 50 cm × —	<i>Idem</i> QU-592.
QU-583	1 520 ± 70	Site n° 5 58° 20' 15" N 72° 11' 30" O 245 m	Section de tige Épinette 90 cm × 6 cm	Sur le fond d'un petit étang de fen.
QU-586	540 ± 90	Site n° 5 58° 20' 15" N 72° 11' 30" O 245 m	Section de tige Mélèze 55 cm × 8 cm	En surface au centre d'un fen.
QU-599	1 220 ± 100	Site n° 5 58° 20' 15" N 72° 11' 30" O 245 m	Section de racine Épinette 30 cm × 3 cm	Au centre d'un fen; poussé en surface par l'action du gel.
GX-5287	2 505 ± 155	Site n° 6 58° 20' 00" N 72° 11' 00" O 245 m	Fragment de bois Épinette 15 cm × —	Dans un fen; poussé en surface par l'action du gel. Macrofossile partiellement brûlé avec charbon sur une section latérale.
QU-580	3 510 ± 120	Site n° 6 58° 20' 00" N 72° 11' 00" O 245 m	Fragment de bois Épinette 30 cm × —	Partiellement enfoui au centre d'un fen. Poussé en surface sous l'action du gel.
RÉGION NORD DE LA RIVIÈRE ÉMÉRILLON				
GX-5286	1 670 ± 125	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Section de tige Mélèze 80 cm × 10 cm	En surface sur le pourtour d'un fen dans les sphaignes. Plus jeune macrofossile de mélèze récolté dans ce site.
QU-611	1 800 ± 90	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Fragment de racine Mélèze 30 cm × —	Sur le fond tourbeux d'une petite mare de fen recouvert de quelques centimètres d'eau.
QU-612	1 850 ± 100	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Section de tige Mélèze 38 cm × 2,5 cm	<i>Idem</i> QU-611.
QU-613	3 310 ± 90	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Fragment de racine Mélèze 25 cm × —	En surface sur le pourtour d'un fen. Plus vieux macrofossile de mélèze récolté pour ce site.

N° de laboratoire	Âge ¹⁴ C BP	Localisation coordonnées altitude (m)	Type de matériel longueur × diamètre	Position stratigraphique et interprétation
QU-614	1 860 ± 90	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Section de racine Mélèze 30 cm × 2 cm	En surface sur le pourtour d'un fen.
QU-615	2 470 ± 90	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Fragment de racine Épinette 40 cm × —	Sur des hummocks de sphaignes dans un fen.
QU-616	1 760 ± 90	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Fragment de souche Épinette 30 cm × —	En surface, au centre d'un fen, parmi les Cypéracées.
QU-617	1 890 ± 90	Site n° 7 50° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Fragment de racine Épinette 60 cm × —	Sur les buttes de sphaignes en périphérie d'un fen.
QU-618	2 700 ± 90	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Fragment de racine Mélèze 25 cm × —	En surface, en périphérie d'un fen dans une zone de ruissellement.
QU-619	4 010 ± 90	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" ? 215 m	Fragment de tige Épinette 35 cm × —	Sur les bords d'un petit ruisseau dans un fen.
QU-427	4 370 ± 120	Site n° 7 58° 19' 30" N 72° 13' 00" O 215 m	Fragment de tige Mélèze ? — × —	En surface au centre d'un fen.
GX-5288	3 835 ± 155	Site n° 8 58° 19' 00" N 72° 12' 00" O 215 m	Section de racine Mélèze 40 cm × 2,5 cm	En surface au centre d'un fen.
QU-585	530 ± 110	Site n° 8 58° 19' 00" N 72° 12' 00" O 215 m	Fragment de tige Mélèze 40 cm × —	Dans un fen, au pied d'une combe à neige. Poussé en surface par une remontée de tourbe sous l'action du gel. Spécimen avec traces de feu.
QU-621	2 230 ± 90	Site n° 8 58° 19' 00" N 72° 12' 00" O 215 m	Fragment de tige Mélèze 60 cm × —	Sur le fond d'une petite mare au centre d'un fen.
QU-605	2 130 ± 90	Site n° 9 58° 18' 30" N 72° 12' 00" O 215 m	Section de racine Mélèze 50 cm × 1,5 cm	En surface au centre d'un fen. Macrofossile remis en surface par l'action du gel.
QU-606	160 ± 90	Site n° 9 58° 18' 30" N 72° 12' 00" O 215 m	Individu complet 150 cm × 9 cm	Au centre d'un fen. Arbre mort encore debout.
QU-607	1 570 ± 100	Site n° 9 58° 18' 30" N 72° 12' 00" O 215 m	Section de tige Épinette 25 cm × 2,5 cm	Sur le pourtour d'un fen, remis en surface par une remontée de tourbe sous l'action du gel.

N° de laboratoire	Âge ¹⁴ C BP	Localisation coordonnées altitude (m)	Type de matériel longueur × diamètre	Position stratigraphique et interprétation
QU-608	260 ± 100	Site n° 9 58° 18' 30" N 72° 12' 00" O 215 m	Fragment de tige Épinette 35 cm × —	Sur le pourtour d'un fen près de QU-607.
QU-609	260 ± 100	Site n° 9 58° 18' 30" N 72° 12' 00" O 215 m	Fragment de souche Épinette 25 cm × —	En surface sur le pourtour d'un fen.
RIVIÈRE ÉMÉRILLON SECTEUR SUD				
GX-5283	2 055 ± 110	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 14" O 195 m	Fragment de racine Mélèze 100 cm × 4 cm	En surface au centre d'un fen dans une zone de ruissellement.
GX-5289	2 275 ± 140	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de tige Mélèze 60 cm × —	<i>Idem</i> GX-5283.
QU-638	750 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de tige Mélèze 30 cm × —	En surface sur le pourtour d'un fen.
QU-639	2 970 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Section de tige Épinette 90 cm × —	En surface dans une zone de ruissellement au centre d'un fen.
QU-640	1 450 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Section de racine Épinette 60 cm × —	En surface sur le pourtour d'un fen dans les Cypéracées.
QU-641	110 ± 90	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Individu complet Mélèze 150 cm × 6 cm	En surface sur le pourtour d'un fen. Plus jeune macrofossile de mélèze pour ce site.
QU-647	3 080 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de tige Mélèze ? 40 cm × —	En surface, au centre d'un fen, dans une zone de ruissellement. Spécimen partiellement brûlé portant des traces de feu.
QU-748	2 300 ± 80	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Section de racine Mélèze 90 cm × 5 cm	En surface dans la partie médiane d'un fen.
QU-657	3 130 ± 90	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de bois Mélèze 30 cm × —	Sur le fond tourbeux d'une mare de fen.
QU-658	4 550 ± 110	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de bois Mélèze 60 cm × —	Sur le fond d'une petite mare de fen. Plus vieux macrofossile de mélèze récolté sur tout le territoire.
QU-659	2 390 ± 90	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de bois Épinette 40 cm × —	Sur les buttes de sphaignes sur le pourtour d'un fen.

N° de laboratoire	Âge ¹⁴ C BP	Localisation coordonnées altitude (m)	Type de matériel longueur × diamètre	Position stratigraphique et interprétation
QU-660	2 340 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Section de racine Épinette 35 cm × 2 cm	En surface dans la partie médiane d'un fen parmi les Cypéracées.
QU-661	2 390 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de tige Mélèze 35 cm × —	Sur les buttes de sphaignes sur le pourtour d'un fen.
QU-662	820 ± 90	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Section de tige Mélèze 180 cm × 5 cm	Dans un ruisseau au milieu d'un fen. Partie du fen récemment bouleversée par le soulèvement de tourbe dû à la glace de ségrégation.
QU-663	980 ± 80	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Section de racine Mélèze 40 cm × 5 cm	<i>Idem</i> QU-662.
QU-672	1 900 ± 90	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de bois Mélèze 25 cm × —	En surface dans un fen parmi les Cypéracées.
QU-673	2 210 ± 90	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de tige Mélèze 35 cm × —	<i>Idem</i> QU-672.
QU-686	3 590 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de bois Épinette 30 cm × —	Au centre d'un fen au fond d'une petite mare.
QU-687	4 500 ± 100	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de racine Mélèze 25 cm × —	<i>Idem</i> QU-686.
QU-688	3 590 ± 110	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de bois Épinette 30 cm × —	Au centre d'un fen sur la bordure d'une petite mare.
QU-689	2 940 ± 120	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Fragment de bois Épinette 65 cm × —	Sur les hummocks de sphaignes en marge d'un fen.
QU-690	460 ± 90	Site n° 10 58° 13' 45" N 72° 04' 15" O 195 m	Section de racine Mélèze 75 cm × 3 cm	Dans une fente de gel sur le pourtour d'un fen. Poussé en surface par l'action du gel.
GX-5284	2 320 ± 150	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de racine Mélèze 30 cm × —	En surface, partie médiane d'un fen parmi les Cypéracées. Plus vieux macrofossile de mélèze pour ce site.
GX-5285	700 ± 135	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Section de racine Mélèze 55 cm × 1,5 cm	En surface au centre d'un fen parmi les Cypéracées.

N° de laboratoire	Âge ¹⁴ C BP	Localisation coordonnées altitude (m)	Type de matériel longueur × diamètre	Position stratigraphique et interprétation
QU-644	2 130 ± 90	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de tige Mélèze 55 cm × —	<i>Idem</i> GX-5285.
QU-665	1 460 ± 80	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de bois Épinette 25 cm × —	En surface, partie intermédiaire d'un fen dans les Cypéracées.
QU-666	1 710 ± 90	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Section de tige Épinette 125 cm x 8 cm	<i>Idem</i> QU-665.
QU-667	970 ± 80	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de racine Mélèze 30 cm x —	Sur le fond rocheux d'un petit lac recouvert de 50 cm d'eau.
QU-668	1 270 ± 90	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de tige Mélèze 70 cm x —	<i>Idem</i> QU-667.
QU-669	790 < 80	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Section de tige Épinette 170 cm x 4,5 cm	En surface sur le pourtour d'un fen parmi les hummocks de sphaignes.
QU-670	1 180 ± 80	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de souche Mélèze 20 cm × —	En bordure d'un lac sur une pustule de tourbe bien décomposée.
QU-671	3 380 ± 90	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de tige Épinette 50 cm x —	En surface, partie intermédiaire d'un fen, dans les Cypéracées.
QU-692	1 300 ± 110	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Fragment de souche Épinette 40 cm × —	<i>Idem</i> QU-671.
QU-693	310 ± 100	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Souche Épinette 70 cm x 8 cm	Partie intermédiaire d'un fen sur les hummocks de sphaignes.
QU-695	140 ± 100	Site n° 11 58° 13' 30" N 72° 04' 00" O 200 m	Individu complet Mélèze 160 cm x 5 cm	Sur le pourtour d'un fen parmi les hummocks de sphaignes. Plus jeune macrofossile de mélèze pour ce site.