

Variations séculaires du niveau d'eau dans le bassin de la rivière Boniface (Québec nordique) : une analyse dendroécologique

Secular Variations of the Water Level in the Rivière Boniface Watershed (Northern Québec): A Dendroecological Analysis

Vahationen des Wasserniveaus über Jahrhunderte im Becken des Boniface-Flusses (nordisches Québec): eine dendroecologische Analyse

Serge Payette et Ann Delwaide

Volume 45, numéro 1, 1991

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/032845ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/032845ar>

[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

Payette, S. & Delwaide, A. (1991). Variations séculaires du niveau d'eau dans le bassin de la rivière Boniface (Québec nordique) : une analyse dendroécologique. *Géographie physique et Quaternaire*, 45(1), 59-67. <https://doi.org/10.7202/032845ar>

Résumé de l'article

A l'aide des dates d'établissement et de mortalité et de la similitude des patrons de croissance radiale d'épinettes noires trouvées dans les platières lacustres et fluviales du bassin de la rivière Boniface (Québec nordique), on a dégagé les principales tendances dans révolution des niveaux d'eau depuis le XVI^e siècle. La période la plus ancienne correspond à un bas niveau d'eau pendant les XVI^e et XVII^e siècles, suivie d'une hausse à partir de la première moitié du XVIII^e siècle (entre 1720-1740). Un haut niveau d'eau s'est établi vers la fin du XIX^e siècle et a culminé au XX^e siècle, au cours des années 1930-1940. Une deuxième période de bas niveau d'eau a été enregistrée entre la fin des années 1950 et le début des années 1970. L'établissement massif de l'épinette noire au cours de cette période permet de confirmer l'importance de l'enneigement comme principal facteur de la variation du niveau d'eau pendant la saison de croissance. Ces données permettent de subdiviser le Petit Âge glaciaire en deux périodes distinctes sur la base du régime des précipitations: une première période relativement sèche et de bas niveaux d'eau s'étendant de la fin du XVI^e siècle jusque vers 1720-1740 et une deuxième période, plus humide, qui fait la transition vers la période plus clémente du XX^e siècle. La présence de cryosols dans les platières colonisées par les épinettes au cours de la première moitié du Petit Âge glaciaire indique que leur formation est associée à de bas niveaux d'eau.

VARIATIONS SÉCULAIRES DU NIVEAU D'EAU DANS LE BASSIN DE LA RIVIÈRE BONIFACE (QUÉBEC NORDIQUE) : UNE ANALYSE DENDROÉCOLOGIQUE

Serge PAYETTE et Ann DELWAIDE, Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

RÉSUMÉ À l'aide des dates d'établissement et de mortalité et de la similitude des patrons de croissance radiale d'épinettes noires trouvées dans les platières lacustres et fluviales du bassin de la rivière Boniface (Québec nordique), on a dégagé les principales tendances dans l'évolution des niveaux d'eau depuis le XVI^e siècle. La période la plus ancienne correspond à un bas niveau d'eau pendant les XVI^e et XVII^e siècles, suivie d'une hausse à partir de la première moitié du XVIII^e siècle (entre 1720-1740). Un haut niveau d'eau s'est établi vers la fin du XIX^e siècle et a culminé au XX^e siècle, au cours des années 1930-1940. Une deuxième période de bas niveau d'eau a été enregistrée entre la fin des années 1950 et le début des années 1970. L'établissement massif de l'épinette noire au cours de cette période permet de confirmer l'importance de l'enneigement comme principal facteur de la variation du niveau d'eau pendant la saison de croissance. Ces données permettent de subdiviser le Petit Âge glaciaire en deux périodes distinctes sur la base du régime des précipitations : une première période relativement sèche et de bas niveaux d'eau s'étendant de la fin du XVI^e siècle jusque vers 1720-1740 et une deuxième période, plus humide, qui fait la transition vers la période plus clémente du XX^e siècle. La présence de cryosols dans les platières colonisées par les épinettes au cours de la première moitié du Petit Âge glaciaire indique que leur formation est associée à de bas niveaux d'eau.

ABSTRACT *Secular variations of the water level in the Rivière Boniface watershed (northern Québec): a dendroecological analysis.* Establishment and mortality dates, and tree-ring patterns of black spruce found in lacustrine and fluvial shorelines of the Rivière Boniface watershed (northern Québec) were used to reconstruct water-level changes since the XVIth century. The oldest period correspond to a low level during the XVIth and XVIIth centuries, followed by a rising level during the first half of the XVIIIth century (between 1720 and 1740). A high water level prevailed at the end of the XIXth century and culminated during the XXth century, particularly in the 1930s and 1940s. A second period of low-water level occurred at the end of the 1950s and lasted until the beginning of the 1970s. The massive expansion of black spruce during that period was associated with snowless conditions, which suggests that snow precipitation is the major factor controlling height of the water level. Our data indicate that the Little Ice Age may be subdivided into two distinct periods, *i.e.* the first one being drier with low water levels from the end of the XVIth century to 1720-1740, and the second period, with moister conditions, which makes the transition towards the milder XXth century. Finally, the development of cryosols in the shoreline habitat during the Little Ice Age was associated with low water levels.

ZUSAMMENFASSUNG *Variationen des Wasserniveaus über Jahrhunderte im Becken des Boniface-Flusses (nordisches Québec): eine dendroecologische Analyse.* Daten zu Ansiedlung, Sterblichkeit und Ähnlichkeit der an den Seen- und Fluss-Küstenlinien gefundenen Jahresringmuster der schwarzen Fichten haben geholfen, die Haupttendenzen in der Entwicklung der Wasserniveaus seit dem 16. Jahrhundert aufzudecken. Die älteste Periode entspricht einem niedrigen Wasserniveau während des 16. und 17. Jahrhunderts, worauf ein Anstieg ab der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts (zwischen 1720-1740) folgte. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts hat sich ein hohes Wasserniveau durchgesetzt, das seinen Höhepunkt im 20. Jahrhundert erreichte, während der Jahre 1930-1940. Eine zweite Periode niedrigen Wasserniveaus wurde zwischen dem Ende der 50er Jahre und dem Beginn der 70er Jahre festgestellt. Die massive Ansiedlung der schwarzen Fichte während dieser Periode bestätigt wohl die Bedeutung des Schneefalls als hauptsächlichen Faktor bei der Kontrolle des Wasserniveaus während der Wachstumszeit. Mit diesen Daten lässt sich die Kleine Eiszeit auf der Basis der Niederschläge in zwei unterschiedliche Perioden unterteilen: eine erste, relativ trockene Periode mit niedrigen Wasserniveaus, die vom Ende des 16. Jahrhunderts bis gegen 1720-1740 reicht und eine zweite, feuchtere Periode, die den Übergang zu der mildereren Periode des 20. Jahrhunderts bereitet. Das Vorkommen von Eisböden in den von den Fichten während der 1. Hälfte der Kleinen Eiszeit besiedelten Küstenlinien weist darauf hin, dass ihre Bildung mit niedrigen Wasserniveaus verbunden ist.

INTRODUCTION

Les variations du niveau des lacs naturels suscitent un grand intérêt scientifique en raison de leur étroite association avec les changements climatiques à différentes échelles de temps (Berglund, 1983; Digerfeldt, 1986; Bégin et Payette, 1988; COHMAP, 1988). Ces variations sont reliées plus particulièrement au régime des précipitations influencé par la circulation atmosphérique générale (Barry et Hare, 1974; COHMAP, 1988). Dans le contexte d'éventuels changements climatiques liés à l'augmentation du CO₂ atmosphérique, une analyse plus fouillée des causes et des patrons de fluctuation des niveaux lacustres à l'Holocène et au cours des derniers siècles paraît nécessaire, surtout dans le Nord québécois où l'importance de l'hydraulicité prend une signification particulière en raison de son impact sur l'économie.

Grâce à l'analyse dendrochronologique, il est possible de reconstituer la trame historique des événements écologiques directement associés aux fluctuations du niveau des lacs (Stockton et Fritts, 1973; Bégin et Payette, 1988) et des rivières (Hench, 1973; Parker et Jozsa, 1973; Payette, 1980). Les recherches menées jusqu'à ce jour dans les régions subarctiques, où les macrorestes ligneux sont particulièrement abondants le long des rives, permettent une analyse dendroécologique des habitats riverains couvrant les 400 dernières années (Bégin et Payette, 1988), période cruciale marquée par une succession d'épisodes froids et cléments correspondant au Petit Âge glaciaire et au réchauffement récent (Grove, 1988; Jones *et al.*, 1982; Lamb, 1977). Dans ce travail, nous rapportons des données dendroécologiques mettant en évidence des oscillations synchrones des niveaux lacustre et fluvial dans le petit bassin de drainage de la rivière Boniface (Québec nordique) au cours des derniers siècles. Afin de démontrer l'origine climatique des fluctuations du niveau d'eau du bassin, nous avons analysé la distribution spatio-temporelle de l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP.) par rapport au plan d'eau, sur les rives de quelques lacs et le long d'un segment de rivière, dans deux secteurs du bassin, soit dans la partie méridionale du lac Bush (57°47'N, 75°55'O) et le long de la rivière Boniface (57°44'N, 76°05'O), à une dizaine de kilomètres à l'ouest du lac Bush.

Les rives des plans d'eau subarctiques sont surtout occupées par des platières végétales, des plages, des amoncellements de blocs glaciels et des affleurements rocheux. Les platières constituent un des habitats les plus représentatifs des rives subarctiques. Les communautés végétales y sont dominées par des bryophytes, des plantes herbacées et des arbustes, alors que les espèces arborescentes sont généralement peu fréquentes. Les caractéristiques morphosédimentologiques et écologiques de ces différents habitats riverains dépendent surtout du régime hydrologique qui varie en fonction du type et de la taille des plans d'eau, des précipitations et de l'action des vagues et des glaces (Bégin, 1986; Bégin et Payette, 1989; Dionne, 1979). La présence de l'épinette noire dans les habitats riverains revêt une importance toute particulière, à cause des conditions contraignantes de submersion et d'érosion par les vagues et les glaces. À cet égard, l'implantation massive de l'espèce sur les platières végétales, dont les limites spatiales correspondent aux fluctuations inter-annuelles

du niveau lacustre ou fluvial, constitue un indice fiable d'une baisse importante du plan d'eau. Par ailleurs, la présence de restes de tiges d'épinette noire jonchant le sol des milieux riverains indique le passage d'un bas à un haut niveau du plan d'eau, à une époque plus ou moins lointaine selon l'âge des spécimens (Bégin et Payette, 1988). C'est en nous appuyant sur ces deux types de distribution de l'épinette, dans le temps et dans l'espace, que nous avons évalué les variations récentes des plans d'eau dans le bassin de la rivière Boniface. Cette étude s'intègre dans un programme de recherche plus vaste visant la reconstitution dendroécologique des habitats terrestres et subaquatiques au cours des derniers siècles dans les environs de la limite des arbres, au Québec.

RÉGION À L'ÉTUDE ET MÉTHODES

La rivière Boniface est un petit cours d'eau qui se jette dans la baie d'Hudson, à une centaine de kilomètres au sud du village d'Inukjuak (58°27'N, 78°06'O). La région à l'étude se caractérise par un ensemble d'écosystèmes conifériens et lichéniques représentatifs de la limite des forêts hudsoniennes dominées par l'épinette noire (Payette, 1983). En raison d'une histoire climatique et écologique unique, cette région renferme de vieilles formations conifériennes qui ont été épargnées des feux au cours des derniers millénaires (Filion *et al.*, 1985; Payette *et al.*, 1985, 1989). Ainsi, l'épinette noire occupe, encore de nos jours, plusieurs habitats terrestres et subaquatiques de la région, notamment les abords de plans d'eau pourtant soumis à une dynamique fluviale et lacustre active.

L'échantillonnage des spécimens d'épinette noire a été effectué dans deux secteurs différents de la région. Le premier secteur comprend les rives méridionales du lac Bush (site Bush-1) et le pourtour de deux petits lacs (site Bush-2, <500 m² de superficie) à environ 500 m au sud de ce dernier. Le deuxième secteur comprend un segment de la rivière Boniface et le pourtour du lac Pluvier (quelques kilomètres carrés de superficie) qui s'y draine. On a décrit la forme de croissance et prélevé des échantillons des épinettes mortes occupant les platières le long de 2 km de rive au site Bush-1 et le long de 2 km des deux rives de la rivière Boniface. Malgré la faible superficie des lacs du site Bush-2, nous avons dénombéré un grand nombre d'épinettes mortes sur les rives tourbeuses et le long d'une plage de sable. Grâce à un niveau d'eau particulièrement bas lors de l'échantillonnage, nous avons pu récolter des macrorestes d'épinette jusqu'à environ 10 m de la rive, ainsi que quelques troncs d'arbres submergés. Par ailleurs, tous les macrorestes d'épinette trouvés sur les rives exondées du lac Pluvier ont été échantillonnés, la plupart étant localisées sur une grande platière près de l'exutoire donnant sur la rivière Boniface.

Une section transversale du tronc des épinettes mortes a été échantillonnée le plus près possible du collet. Dans la plupart des cas, cependant, le prélèvement a été fait à au moins 30 cm au-dessus du collet, à cause de l'état de décomposition avancé de plusieurs spécimens. L'année d'établissement de ces individus n'a donc pas pu être déterminée précisément, de sorte que le plus vieux cerne de chaque tige donne l'âge minimal des échantillons, c'est-à-dire en deçà de quelques années, voire 10-30 ans, de l'âge réel. Par ailleurs, l'année de

mortalité des épinettes est, elle aussi, sous-estimée d'au moins 10 ou 20 ans, à cause de la détérioration de la portion externe des tiges (aubier). On a prélevé au lac Pluvier toutes les épinettes vivantes occupant la platière basse (<30 cm au-dessus du plan d'eau) et la platière haute (généralement entre 30 et 60 cm au-dessus du plan d'eau). Une section de la tige au niveau du collet a été échantillonnée, afin de déterminer l'âge réel des spécimens. Les sections transversales de toutes les épinettes mortes ou vivantes échantillonnées ont été sablées et poncées en laboratoire. Chez les épinettes vivantes et la plupart des épinettes mortes, dont l'état de conservation des tiges permettait l'analyse dendrochronologique, la largeur des cernes annuels a été mesurée à l'aide d'un micromètre Henson (précision de 0,01 mm) le long d'un ou de deux rayons, selon l'état des sections transversales, tout en évitant le bois de réaction. On a pu dater les épinettes mortes, grâce à la présence de cernes pâles (Filion *et al.*, 1986) et au patron de croissance des spécimens. Les courbes dendrochronologiques individuelles, qui intègrent l'ensemble des conditions de croissance des épinettes, ont servi d'indicateurs écologiques des variations du plan d'eau.

RÉSULTATS

SITE BUSH-1

Le long de 2 km de rive du lac, 12 épinettes noires de forme fruticose (Payette, 1974), dont le tronc était relativement bien conservé pour fins d'analyse dendrochronologique, ont été échantillonnées. Ces individus sont disposés le long du gradient de submersion, depuis la platière basse à l'habitat supralittoral, en passant par la platière haute (fig. 1). Cinq épinettes mortes étaient localisées dans la platière basse et trois dans la platière haute, alors qu'au contact de la platière haute et du milieu supra-littoral, on a dénombré quatre individus vivants. Les spécimens de la platière basse (fig. 1A) se sont établis au cours du XVII^e siècle, vraisemblablement en période de bas niveau lacustre. L'augmentation de la croissance radiale chez quatre des cinq épinettes vers 1720-1740 semble traduire un changement dans l'habitat que l'on associe à une hausse plus ou moins soudaine du niveau d'eau. Ces épinettes sont mortes au cours du XIX^e siècle. Les restes de ces épinettes reposent sur un tapis de plantes adaptées à une submersion prolongée, comme *Salix herbacea*, *Anthelia juratzkana* et *Potentilla palustris*, submersion qui détermine une saison de croissance relativement brève, comparable à celle qui caractérise les combes à neige de la région. Les trois épinettes du deuxième groupe sont enracinées dans le sol de la platière haute et se sont établies un peu avant le milieu du XVIII^e siècle (fig. 1B), à l'époque où la croissance des épinettes situées dans la platière basse a augmenté (fig. 1A). Deux des trois épinettes sont mortes entre 1935 et 1945 (présence d'écorce autour du tronc), alors que la troisième serait morte au cours du XIX^e siècle. Enfin, les quatre épinettes du dernier groupe, situées sur le rebord de la platière haute, se sont établies vers la fin du XIX^e siècle (fig. 1C). Le rebord de la platière haute est marqué par la présence d'un micro-talus d'érosion au contact de la zone de submersion inter-annuelle et du milieu supra-littoral et correspond à la limite supérieure moyenne du niveau lacustre actuel. Trois des quatre épinettes affichent une diminution de

croissance après 1950; l'autre spécimen montre un patron de croissance radiale à l'opposé des trois précédents au cours du XX^e siècle.

SITE BUSH-2

Malgré la petite taille des deux lacs du site Bush-2, plusieurs macrorestes d'épinette ont été recensés. Ces lacs d'orientation ouest-est sont reliés par une tourbière minérotrophe et un ruisseau. Le lac situé à l'est semble s'être agrandi aux dépens d'une tourbière minérotrophe, notamment dans sa partie nord-est où l'on observe un alignement de macrorestes d'épinette de forme fruticose sur une distance d'environ 10 m à partir de la rive (fig. 2). Les macrorestes de position distale (par rapport à la rive actuelle) reposent sur un amoncellement de galets et de cailloux et les macrorestes de position proximale sont enracinés dans la tourbe. Le patron de croissance radiale de deux épinettes de forme fruticose reposant sur le lit du lac à 10 m de la rive montre deux périodes distinctes; la première correspond à une faible croissance entre le XVI^e siècle et le début du XVIII^e siècle et la deuxième à une croissance accélérée mais variable jusque vers la fin du XVIII^e siècle (fig. 2A). Au cours de la première période, ces épinettes ont crû dans des conditions difficiles en milieu tourbeux. À partir des années 1720 (surtout entre les années 1730-40), elles ont soudainement affiché une croissance accélérée, que l'on relie à une hausse du niveau lacustre contemporaine à celle du site Bush-1. Un deuxième groupe d'épinettes en position de vie ou couchées sur des cailloux à une distance de 50 cm à 1 m du rivage montre qu'une hausse du niveau lacustre s'est produite vers la fin du XIX^e siècle, probablement entre 1880 et 1895 à en juger par le patron de croissance des spécimens n^{os} 36 et 38 qui, bien qu'éloigné dans le temps, est semblable à celui des deux spécimens précédents (fig. 2B). L'échantillon n^o 37 provenant d'une marcotte reliée à l'épinette n^o 36 présente une croissance radiale à la hausse au cours de la même période. Un dernier groupe de deux épinettes mortes, en position de vie sur la rive actuelle du lac, montre aussi une hausse marquée de la croissance suivie d'une chute soudaine (fig. 2C). Comme chez le deuxième groupe d'épinettes, l'augmentation de la croissance s'est produite à partir des années 1880-95 et la chute de croissance est survenue entre 1930-1940; ces deux épinettes sont mortes récemment.

Deux groupes de macrorestes d'épinette ont été analysés dans le lac situé à l'ouest. Le premier groupe comprend seulement deux spécimens « datables » associés à une population d'épinettes mortes jonchant une plage de sable (fig. 3). Le deuxième groupe est constitué de quelques épinettes arborescentes reposant au fond du lac, à quelques mètres du rivage (fig. 4). Les deux épinettes du premier groupe ont une forme subarborescente. L'une d'elles s'est établie sur le bord du lac au XVI^e siècle, l'autre au XVII^e siècle, et elles sont mortes au cours du XX^e siècle. La plage de sable où se trouvent la plupart des épinettes mortes (fig. 3) se serait agrandie aux dépens de l'habitat supra-littoral. Les quelques épinettes arborescentes du deuxième groupe ont crû le long des rives du lac entre le XV^e et le XVII^e siècles (fig. 4), après quoi elles ont été entraînées dans le lac à cause de l'érosion des berges. Ces spécimens affichaient une forte croissance propre au climat plus clé-

ment du XVI^e siècle (Payette *et al.*, 1989), indépendante des conditions reliées à une hausse du niveau lacustre.

RIVIÈRE BONIFACE

Les trois spécimens les plus âgés étaient enfouis sous les sédiments fluviatiles (fig. 5A), alors que les autres étaient en position de vie dans la platière alluviale, constituée d'une végé-

tation semblable à celle des platières lacustres où *Salix herbacea*, *Salix planifolia*, *Hippuris vulgaris* et plusieurs cypéracées et bryophytes (*Drepanocladus* et *Aulacomnium*) dominant. La plupart des épinettes se sont établies dans la platière au cours des XVII^e et XVIII^e siècles à la faveur d'un bas niveau de la rivière. Ce bas niveau est du reste bien exprimé dans la stratigraphie du dépôt de surface des platières par un

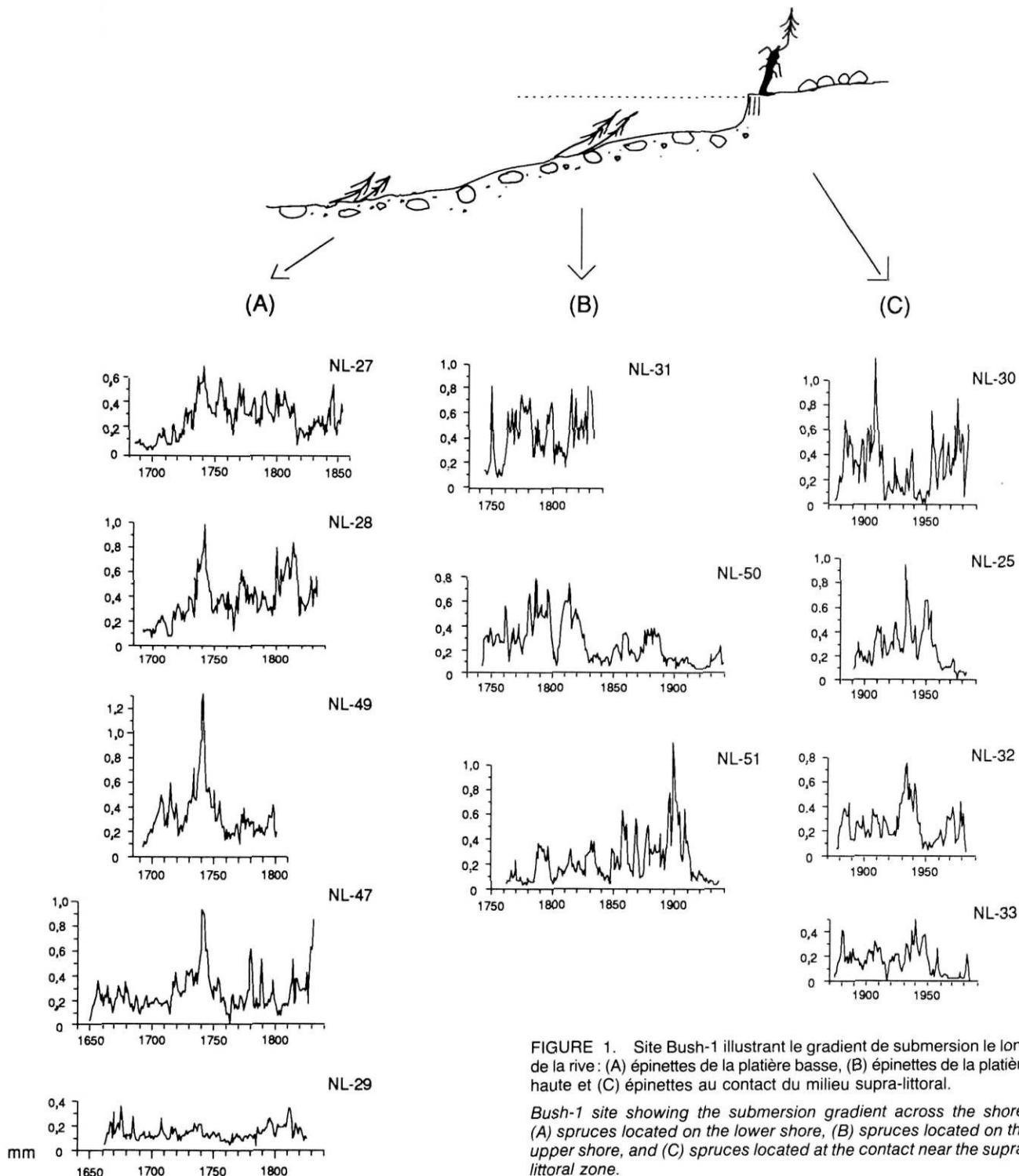


FIGURE 1. Site Bush-1 illustrant le gradient de submersion le long de la rive : (A) épinettes de la platière basse, (B) épinettes de la platière haute et (C) épinettes au contact du milieu supra-littoral.

Bush-1 site showing the submersion gradient across the shore: (A) spruces located on the lower shore, (B) spruces located on the upper shore, and (C) spruces located at the contact near the supra-littoral zone.

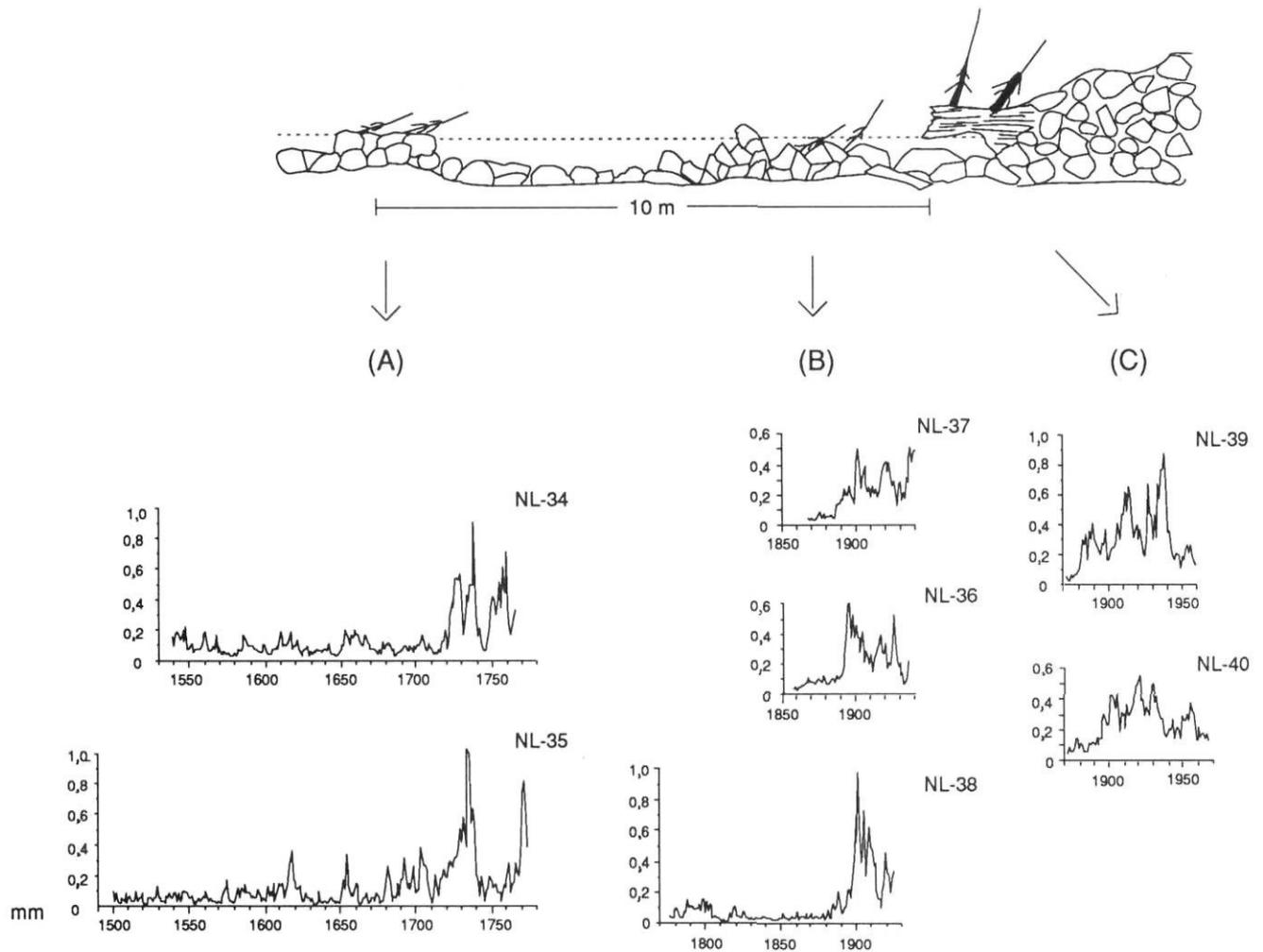


FIGURE 2. Site Bush-2 illustrant l'alignement de macrorestes d'épinette sur une distance de 10 m. Par suite d'une hausse du niveau d'eau, le lac s'est agrandi aux dépens d'une tourbière minérotrophe. (A) épinettes reposant sur des cailloux à 10 m du rivage et (B) entre 50 cm et 1 m du rivage; (C) épinettes mortes récemment sur le rebord de la tourbière érodée.

Bush-2 site showing the position of spruce remains within a 10-m distance from the shore. Following the rise of the water level, the lake expanded at the expense of a fen peatland. (A) spruces lying on boulders 10 m and (B) 50 cm to 1 m from the shore; (C) dead spruces at the edge of the eroded peatland.



FIGURE 3. Plage de sable agrandie au site Bush-2 par suite d'une hausse du niveau d'eau à partir de la première moitié du XVIII^e siècle. Expanding sand beach in Bush-2 site associated with a rising water level since the first part of the 18th century.



FIGURE 4. Reste submergé d'une épinette arborescente du XVI^e siècle et témoignant d'un climat clément. Submerged remain of a tree spruce from the 16th century when climate was more clement.

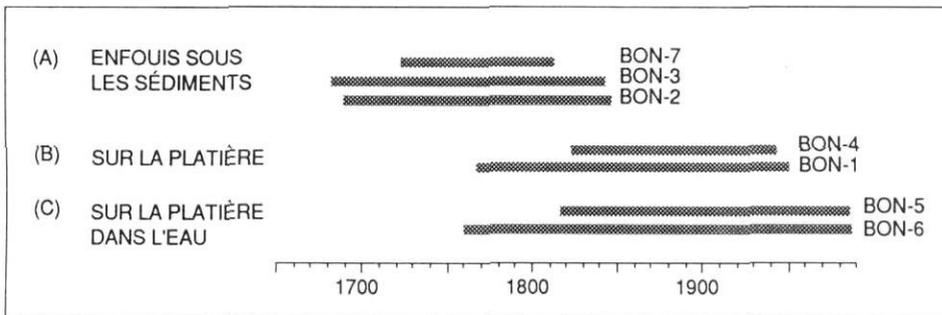


FIGURE 5. Position stratigraphique et chronologie des épinettes trouvées sur les rives de la rivière Boniface.

Stratigraphic position and chronology of spruces found on the shores of the Rivière Boniface.

horizon organique enfoui, à environ 20 cm de la surface, et dont la composition botanique correspond à celle de la platière fluviale actuelle (restes de bryophytes, dont *Drepanocladus* et *Aulacomnium* et de cypéracées). Cet horizon organique a été daté à 160 ± 70 BP (Beta-24835). Les échantillons BON-1 et 4 dont l'écorce était encore rattachée au tronc sont morts respectivement en 1947 et en 1937 (fig. 5B). Les autres épinettes étaient vivantes mais moribondes lors de l'échantillonnage et présentaient un feuillage décimé (fig. 5c).

LAC PLUVIER

Les épinettes mortes trouvées sur les berges du lac se sont établies au cours du XVII^e et au début du XVIII^e siècles en période de bas niveau; elles sont mortes au cours du XIX^e siècle. Malgré le mauvais état des épinettes, cinq spécimens ont pu être datés et couvraient respectivement les périodes suivantes: n° 1) 1660-1813; n° 2) 1665-1840; n° 3) 1712-1871; n° 4) 1702-1815; n° 5) 1652-1848. L'état de décomposition avancé et l'éclatement des fibres du bois chez les spécimens situés près de l'exutoire du lac indiquent que les épinettes imbibées d'eau lors des transgressions subséquentes du lac ont subi l'influence du gel-dégel. L'intérêt de ce site réside également dans le fait que ces épinettes reposent sur un substrat minéral affecté par le développement de cryosols (fig. 6). Ces derniers se seraient vraisemblablement formés au Petit Âge glaciaire, à la faveur d'un bas niveau et quelque temps après l'établissement des épinettes.

La structure d'âge de la population d'épinettes vivantes occupant la platière basse, ainsi que celle des deux platières réunies, montrent que l'espèce a massivement envahi les berges au début des années 1960 (fig. 7A). Au cours de la première moitié de ce siècle, seuls quelques individus ont colonisé la platière haute, car aucun spécimen n'a été dénombré entre 1925 et 1940. C'est surtout à partir des années 1950 que l'envahissement des berges par les épinettes s'est produit, d'abord dans la platière haute, puis dans la platière basse au début de la décennie 1960. Une chute soudaine des effectifs en 1964 a été suivie par une colonisation soutenue jusqu'en 1969, après quoi l'établissement a fortement diminué, excepté en 1973, pour se stabiliser (jusqu'à la date de l'échantillonnage en 1987) au niveau des années 1940 et 1950.

DISCUSSION

Les patrons de croissance des cernes annuels des épinettes étudiées intègrent les conditions de croissance des individus en fonction de plusieurs facteurs, climatiques et



FIGURE 6. Lac Pluvier. Restes d'épinettes établies lors d'un bas niveau lacustre (XVI^e et XVII^e s.) et mortes au XIX^e siècle lors d'un haut niveau lacustre. Ces épinettes reposent sur un substrat dénudé de la platière basse, où la présence de cryosols récemment formés témoigne d'une activité périglaciaire intense.

Lac Pluvier. Spruce remains associated with a low water level (16th and 17th centuries); these specimens died during the 19th century when the water level was higher. They are lying on barren substrata in the lower shore zone, where recently formed cryosols indicate intense periglacial activity.

locaux, depuis le XVII^e siècle. La distribution spatio-temporelle de ces épinettes dans les milieux lacustres et fluviaux du bassin de la rivière Boniface indique que leur établissement et leur maintien sont dépendants des fluctuations du niveau d'eau, ainsi que des conditions locales propres à chaque individu. Les principaux éléments d'interprétation qui militent en faveur de telles variations du niveau d'eau ont principalement trait à deux ensembles de données. Le premier ensemble se réfère à la date d'établissement des épinettes trouvées dans les platières sous le niveau d'eau actuel, date qui fournit une information de premier ordre quant à l'existence passée d'un bas niveau d'eau. Le deuxième ensemble se rapporte à l'augmentation soudaine et synchrone de la largeur des cernes annuels chez des individus établis au moment d'un bas niveau d'eau (figs. 1A, 2A et 2B), augmentation qui peut être interprétée comme le reflet d'une hausse du niveau d'eau. Bien que l'on ne connaisse pas encore les mécanismes écophysologiques responsables, cette hausse aurait stimulé la croissance radiale grâce à un nouvel apport d'eau ou encore par la formation du bois de réaction par suite de l'inclinaison de la tige en voie de déracinement (érosion par les vagues). Par ailleurs, une sub-

mersion prolongée aurait tendance à provoquer une importante diminution de la croissance, voire la mort des individus. À l'exception des hausses de croissance synchrones, il est particulièrement difficile d'interpréter les variations de croissance subséquentes chez les épinettes des platières sans connaître l'histoire du développement de leurs axes de croissance (C. Bégin, en préparation) en fonction des conditions de chaque site. La date de mortalité des individus qui ont conservé leur écorce correspond vraisemblablement à l'incidence d'un haut niveau d'eau. Dans ce cas, la mort peut être attribuable à la persistance de conditions de submersion (fig. 5B) ou au déracinement de la tige principale par suite de l'érosion des berges.

L'analyse dendroécologique des spécimens échantillonnés dans les deux secteurs d'étude laisse supposer l'existence de variations synchrones du niveau d'eau dans l'ensemble du bas-

sin. La reconstitution chronologique des événements écologiques, basée sur les dates d'établissement et de mortalité des épinettes et sur la similitude de leur patron de croissance radiale, permet de dégager les principales tendances de l'évolution des niveaux lacustres et fluviaux depuis le XVI^e siècle.

(1) La période la plus ancienne correspond à un bas niveau d'eau qui semble s'être maintenu pendant les XVI^e et XVII^e siècles, période au cours de laquelle la platière basse des lacs et de la rivière a été colonisée sporadiquement par l'épinette noire. La présence d'un horizon organique enfoui à environ 20 cm sous la platière actuelle de la rivière Boniface confirme également l'existence d'un bas niveau, du moins vers la fin de cette période. (2) À partir de la première moitié du XVIII^e siècle (vers les années 1720-40), une hausse du niveau d'eau a été enregistrée dans l'ensemble du bassin. Elle s'est d'abord manifestée par une croissance accélérée des épinettes établies dans la platière basse, puis par la colonisation de la platière haute et l'agrandissement du lac à l'est du site Bush-2 par suite de l'érosion des berges tourbeuses. La mort des épinettes de la tourbière vers la fin du XVIII^e siècle a probablement été causée par le déracinement des tiges par suite du sapement du substrat tourbeux par les vagues. (3) Il semble qu'un haut niveau d'eau se soit établi à la fin du XIX^e siècle pour culminer au XX^e siècle, au cours des années 1930 et 1940. La hausse de niveau au cours de cette période s'est d'abord traduite par la mortalité des épinettes établies au cours des XVII^e et XVIII^e siècles, ensuite par la colonisation de la zone de contact entre la platière haute et le milieu supra-littoral par de nouvelles épinettes vers la fin du XIX^e siècle, et enfin par l'agrandissement du lac situé à l'est du site Bush-2 et la mort de plusieurs épinettes dans la première moitié du XX^e siècle. Dans la plupart des cas, la mort des épinettes serait attribuable au déracinement des tiges causée par l'érosion de la berge tourbeuse (site Bush-2, fig. 3) ou à leur submersion

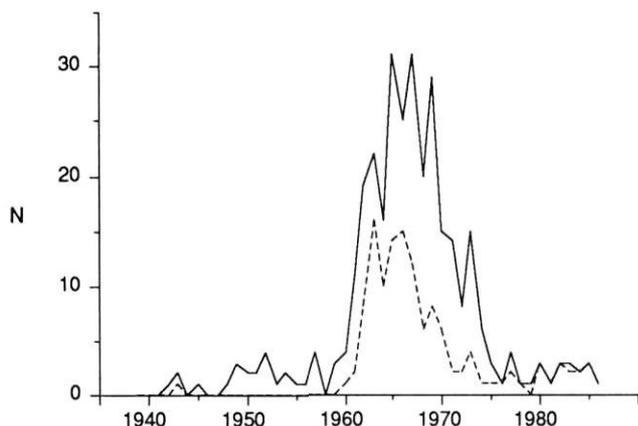


FIGURE 7A. Structure d'âge des épinettes occupant la platière basse (tireté) et les deux platières réunies (trait continu) du lac Pluvier.

Age structure of spruces located in the lower shore zone (broken line) and in both lower and higher shore zones (full line) around lac Pluvier.

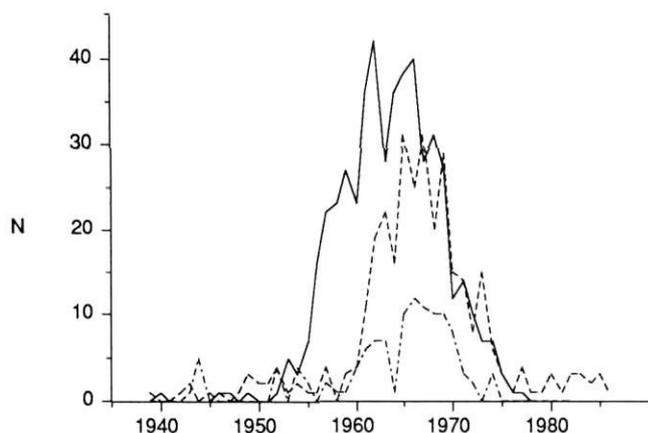


FIGURE 7B. Structures d'âge comparées des épinettes colonisant les platières du lac Pluvier (tireté), des épinettes colonisant les combes à neige du lac à l'Eau Claire (tireté-pointillé) (Mathieu *et al.*, 1987) et des mélèzes colonisant les combes à neige de la rivière aux Feuilles (trait continu) (Payette et Lajeunesse, 1980).

*Combined age structures of spruces along the shores of Lac Pluvier (broken line), of spruces from snow-patches in the Lac à l'Eau Claire area (broken-dotted line) (Mathieu *et al.*, 1987), and tamarack from snow-patches in the rivière aux Feuilles area (full line) (Payette and Lajeunesse, 1980).*

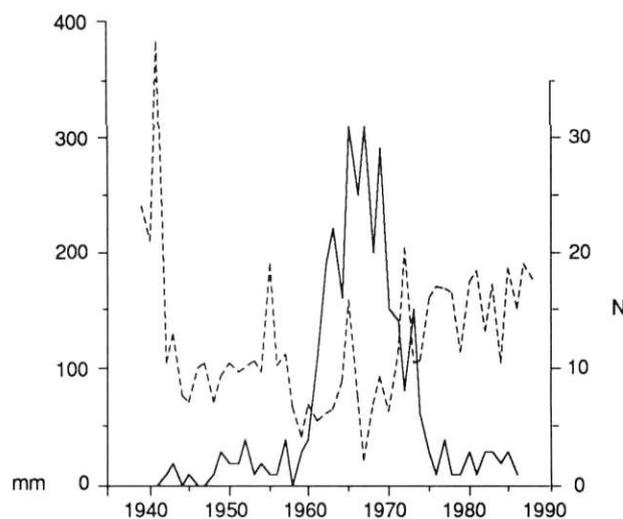


FIGURE 7C. Structure d'âge des épinettes colonisant les platières du lac Pluvier (trait plein) et précipitations nivales (équivalent-eau) enregistrées à la station météorologique d'Inukjuak (tireté).

Age structure of shoreline spruces around Lac Pluvier (full line) and snow precipitation (water equivalent) at Inukjuak weather station (broken line).

prolongée (fig. 5B). (4) Une deuxième période de bas niveau a été enregistrée entre la fin des années 1950 et le début des années 1970, à en juger par l'établissement massif de l'épinette noire sur les berges du lac Pluvier (fig. 7A).

La similitude entre la structure d'âge des épinettes riveraines ($r=0,86$) du lac Pluvier et celle des combes à neige (fig. 7B) du lac à l'Eau Claire (Mathieu *et al.*, 1987) situé à environ 150 km au sud de la rivière Boniface est remarquable. L'établissement massif de l'espèce dans ces deux milieux au cours des années 1960 permet de confirmer l'importance de l'enneigement annuel comme principal facteur de la saison de croissance dans les combes à neige et du niveau d'eau des lacs (et des rivières) pendant la saison non glaciaire. On observe la même tendance dans la structure d'âge des mélèzes des combes à neige ($r=0,76$) de la rivière aux Feuilles (Payette et Lajeunesse, 1980), bien qu'ici l'établissement massif ait commencé un peu plus tôt, soit vers le milieu des années 1950 (fig. 7B). Cette différence pourrait être attribuable au fait que les régions de la rivière Boniface et du lac à l'Eau Claire font partie du même bassin-versant de la baie d'Hudson et que la rivière aux Feuilles est située dans le bassin-versant de la baie d'Ungava où les conditions de faible enneigement sont apparues plus tôt. Quoi qu'il en soit, ces données soulignent l'influence déterminante des variations des précipitations nivales annuelles sur la dynamique de plusieurs habitats subarctiques.

L'analyse des données reliées aux précipitations nivales annuelles (entre novembre et avril), enregistrée à la station météorologique d'Inukjuak (Environnement Canada, 1989) et des données de structure d'âge des épinettes riveraines du lac Pluvier, montre clairement la relation existant entre l'enneigement annuel et le niveau des lacs subarctiques (fig. 7C). Le décalage d'une année observée entre les précipitations hivernales et le nombre d'épinettes noires, notamment au cours des années 1960, semble être attribuable à l'erreur reliée à la détermination de l'âge au collet. Malgré cette légère imprécision, on peut constater une étroite relation entre le niveau d'enneigement annuel à la station d'Inukjuak et la structure d'âge des épinettes du lac Pluvier (fig. 7c). C'est à la faveur d'hivers particulièrement secs (notamment entre 50 et 100 mm de précipitations équivalent-eau) que s'est effectué l'établissement massif de l'épinette noire sur les platières. Une tendance à la baisse de l'enneigement annuel s'est manifestée entre le début des années 1940 et des années 1970, sauf au cours de l'hiver 1964-65 qui fut particulièrement neigeux et froid. Une tendance à la hausse s'est maintenue au cours des deux dernières décennies (fig. 7C). On constate aussi que les hivers secs des années 1960 correspondaient aux années où les précipitations annuelles furent les plus faibles des 40 dernières années, contribuant ainsi à maintenir un bas niveau des plans d'eau. Par ailleurs, une analyse des conditions climatiques qui ont existé au cours de la période d'établissement massif de l'épinette noire le long des rives du lac Pluvier montre la séquence suivante : (1) une période initiale d'expansion vers la fin des années 1950, favorisée entre 1955 et 1960 par des hivers peu neigeux et un temps relativement doux ; (2) une diminution sensible de l'établissement vers 1963-1965, à cause d'une hausse soudaine des précipitations hivernales et annuelles, sous des

températures nettement à la baisse, suivie (3) d'un deuxième maximum d'abondance, plus important que le premier, associé à de faibles précipitations et à des températures relativement élevées entre 1965-1970 et (4) une chute marquée des effectifs entre 1970 et 1975 reliée à une hausse sensible des précipitations hivernales et annuelles et une baisse des températures. Dans l'ensemble, l'établissement de l'épinette noire en milieu riverain a été favorisé par des hivers secs, peu neigeux, et relativement doux, alors qu'une baisse notable des effectifs a été davantage causée par une séquence d'hivers froids et humides (1963-65, 1972) que d'hivers froids et secs (1962-63 et 1966-67). En raison de la similitude des structures d'âge des populations du lac Pluvier et du lac à l'Eau Claire (fig. 7B), on peut affirmer que les conditions climatiques influençant leur développement étaient similaires dans les deux régions.

Ajoutées aux résultats de l'étude de Bégin et Payette (1988) au lac à l'Eau Claire, qui signalent les mêmes tendances à long terme, les données relatives au bassin de la rivière Boniface confirment que les variations des niveaux d'eau subarctiques sont principalement causées par des conditions d'enneigement annuel variables. L'origine climatique de ces fluctuations semble maintenant bien établie pour le versant oriental de la baie d'Hudson, bien que l'on ne connaisse pas encore leur incidence à l'échelle du Nord-est américain. Ces données permettent également de subdiviser le Petit Âge glaciaire en deux périodes distinctes sur la base du régime des précipitations : la première, s'étendant de la fin du XVI^e siècle jusque vers 1720-40, se caractérise par des conditions relativement sèches et des bas niveaux d'eau et la deuxième, plus humide, fait la transition vers la période clémente du XX^e siècle. Par ailleurs, la présence de cryosols dans les platières riveraines, comme celles du lac Pluvier, semble confirmer l'hypothèse de Dionne (1974) qui les associe à de bas niveaux lacustres. Quant aux cryosols du lac Pluvier, nos résultats indiquent qu'ils auraient été formés au cours du Petit Âge glaciaire.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Louise Filion, James C. Ritchie, Claude Hillaire-Marcel, Michael Church et Nicole Carette pour une lecture critique du manuscrit. Cette étude a été financée par le Conseil de recherches en sciences naturelles et génie du Canada et par le ministère de l'Éducation du Québec (fonds FCAR). Ivan Grenier et Mireille Desponts ont participé à une partie de l'échantillonnage sur le terrain et Luc Cournoyer a contribué au travail de laboratoire.

RÉFÉRENCES

- Barry, R. G. et Hare, F. K., 1974. Arctic Climate, p. 17-54. In J. D. Ives et R. G. Barry, édit., *Arctic and Alpine Environments*, Methuen, London.
- Bégin, Y., 1986. Dynamique de la végétation riveraine du lac à l'Eau Claire, Québec subarctique. Thèse PH.D., Université Laval, Québec.
- Bégin, Y. et Payette, S., 1988. Dendroecological evidence of lake-level changes during the last three centuries in subarctic Québec. *Quaternary Research*, 30 : 210-220.

- 1989. La végétation riveraine du lac à l'Eau Claire, Québec subarctique. *Géographie physique et Quaternaire*, 43 : 39-50.
- Berglund, B. E., 1983. Palaeohydrological studies in lakes and mires : a palaeoecological research strategy, p. 237-254. *In* K. J. Gregory, éd., *Background to Palaeohydrology*. Wiley, New York.
- COHMAP Members, 1988. Climatic changes of the last 18,000 years : observations and model simulations. *Science*, 241 : 1043-1052.
- Digerfeldt, G., 1986. Studies on past lake-level fluctuations, p. 127-143. *In* B. E. Berglund, éd., *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley, New York.
- Dionne, J.-C., 1974. Cryosols avec triage sur rivage et fond de lacs, Québec central subarctique. *Revue de Géographie de Montréal*, 28 : 323-342.
- 1979. Ice action in the lacustrine environment : a review with particular reference to subarctic Québec, Canada. *Earth Science Review*, 15 : 185-212.
- Environnement Canada, 1989. Sommaire climatique et données météorologiques de la station d'Inukjuak.
- Filion, L., Payette, S. et Gauthier, L., 1985. Analyse dendroclimatique d'un krummholz à la limite des arbres, lac Bush, Québec nordique. *Géographie physique et Quaternaire*, 39 : 221-226.
- Filion, L., Payette, S., Gauthier, L. et Boutin, Y., 1986. Light rings in subarctic conifers as a dendrochronological tool. *Quaternary Research*, 26 : 272-279.
- Grove, J. M., 1988. *The Little Ice Age*. Methuen, London, 498 p.
- Henoch, W. E. S., 1973. Height, frequency of floods, ice jamming and tree-ring studies, p. 153-190. *In* Hydrologic aspects of northern pipeline development. Information Canada, Ottawa, Cat. n° R27-172.
- Jones, P. D., Wigley, T. M. L. et Kelly, P. M., 1982. Variations in surface air temperatures : Part 1. Northern Hemisphere. 1881-1980. *Monthly Weather Review*, 110 : 59-70.
- Lamb, H. H., 1977. *Climate. Present, Past and Future. Vol. 2. Climatic History and the Future*. Methuen, London, 835 p.
- Mathieu, C., Payette, S. et Morin, H., 1987. Chronologie ¹⁴C et développement des combes à neige du lac à l'Eau Claire, Québec nordique. *Géographie physique et Quaternaire*, 41 : 97-108.
- Parker, M. L. et Josza, L. A., 1973. Dendrochronological investigations along the Mackenzie, Liard and South Nahanni rivers, N.W.T. Part 1 : Using tree damage to date landslides, ice jamming and flooding, p. 313-464. *In* Hydrological aspects of northern pipeline development. Information Canada, Ottawa, Cat. n° R27-172.
- 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 canadien*, 101 : 893-903.
- 1980. Les grandes crues glacielles de la rivière aux Feuilles (Nouveau-Québec) : une analyse dendrochronologique. *Naturaliste canadien*, 107 : 215-225.
- 1983. The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador peninsula. *In* P. Morisset et S. Payette, éd., *Tree-Line Ecology : Proceedings of the northern Québec Tree-Line Conference*. Nordicana, 47 : 3-23.
- Payette, S., Filion, L., Delwaide, A. et Bégin, C., 1989. Reconstruction of tree-line vegetation response to long-term climate change. *Nature*, 341 : 429-432.
- Payette, S., Filion, L., Gauthier, L. et Boutin, Y., 1985. Secular climate change in old-growth tree-line vegetation of northern Québec. *Nature*, 315 : 135-138.
- Payette, S. et Lajeunesse, R., 1980. Les combes à neige de la rivière aux Feuilles (Nouveau-Québec) : indicateurs paléoclimatiques holocènes. *Géographie physique et Quaternaire*, 34 : 209-220.
- Stockton, C. W. et Fritts, H. C., 1973. Long-term reconstruction of water level changes for Lake Athabaska by analysis of tree rings. *Water Resources Bulletin*, 9 : 1006-1027.