

**Influence des feux sur la déforestation des îles centrales du lac à l'Eau Claire, Québec nordique**

**Influence of Fire on Deforestation of the Central Islands of Lac à l'Eau Claire, Northern Québec**

**Einfluß der Feuer auf die Entwaldung der zentralen Inseln des Lac à l'Eau Claire, nördliches Québec**

Jeanne Millet and Serge Payette

Volume 41, Number 1, 1987

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/032666ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/032666ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Millet, J. & Payette, S. (1987). Influence des feux sur la déforestation des îles centrales du lac à l'Eau Claire, Québec nordique. *Géographie physique et Quaternaire*, 41(1), 79–86. <https://doi.org/10.7202/032666ar>

Article abstract

Very contrasted differences in type and coverage of coniferous vegetation are found on the islands and surroundings of Lac à l'Eau Claire (56°15'N, 74°30'W). The effective coverage of conifers and tree stands on the central islands varies respectively between 10 and 35 %, and 3 and 35 %. This vegetation differs markedly from lichenic communities extending on upland sites where spruce charcoal (*Picea mariana* (Mill.) BSP.) is found beneath the organic mat, suggesting that coniferous vegetation was more extensive in the past. An analysis of charcoal 14C dates indicated that deforestation occurred at least since 2350 BP. In close association with climate, past fires influenced deeply the spatio-temporal dynamics of coniferous stands. Each island has been characterized by a particular fire history, and consequently different deforestation events. Five periods of deforestation were identified, i.e. 2350-2100, 1650-1450, 1350-1050, 850-650 and 400-200 BP. About 5 % of the surface of the two largest islands (Atkinson and Lepage) were deforested by 400 BP fires. Additionally, a 200 years old fire deforested about 4 % of île Atkinson. It is concluded that the rather small coniferous cover on several islands is the result of problems in postfire establishment. Inversely, distribution of conifers in exposed sites emphasizes their ability to survive in absence of major disturbance.

# INFLUENCE DES FEUX SUR LA DÉFORESTATION DES ÎLES CENTRALES DU LAC À L'EAU CLAIRE, QUÉBEC NORDIQUE

Jeanne MILLET et Serge PAYETTE, Département de phytologie et Centre d'études nordiques, Université Laval, Sainte-Foy, Québec G1K 7P4.

**RÉSUMÉ** Les îles et le pourtour du lac à l'Eau Claire (56°15'N, 74°30'O) montrent d'importantes différences au niveau de la structure et de la superficie occupée par les formations conifériennes. D'une île à l'autre, le pourcentage de recouvrement réel des conifères et des arborales varie respectivement entre 10 et 35 % et 3 et 35 %. Cette végétation contraste avec les lichénaies situées au sommet des collines, où l'on trouve sous le couvert végétal des charbons d'épinière noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP.), vestiges de formations conifériennes autrefois plus étendues. Une analyse des datations au radiocarbone de charbons de bois révèle que les îles centrales du lac à l'Eau Claire subissent une déforestation depuis au moins 2350 BP. En conjonction avec le climat, les feux ont profondément influencé la dynamique spatio-temporelle des formations conifériennes. Les îles centrales du lac à l'Eau Claire ont toutes connu une histoire des feux différente et, par conséquent, une déforestation variable. Cinq périodes d'ouverture du paysage ont été identifiées, soit 2350-2100, 1650-1450, 1350-1050, 850-650 et 400-200 BP. Par ailleurs, on évalue à environ 5 % des deux plus grandes îles (Atkinson et Lepage) la surface déboisée par les feux de 400 BP; de plus, un feu d'il y a environ 200 ans a détruit 4 % de la surface boisée de l'île Atkinson. On en conclut que la faible représentation des conifères dans certaines îles du lac à l'Eau Claire illustre leurs difficultés d'établissement après feu. À l'inverse, leur présence dans les sites exposés souligne leur capacité de maintien en l'absence de perturbation majeure.

**ABSTRACT** Influence of fire on deforestation of the central islands of Lac à l'Eau Claire, northern Québec. Very contrasted differences in type and coverage of coniferous vegetation are found on the islands and surroundings of Lac à l'Eau Claire (56°15'N, 74°30'W). The effective coverage of conifers and tree stands on the central islands varies respectively between 10 and 35 %, and 3 and 35 %. This vegetation differs markedly from lichen communities extending on upland sites where spruce charcoal (*Picea mariana* (Mill.) BSP.) is found beneath the organic mat, suggesting that coniferous vegetation was more extensive in the past. An analysis of charcoal <sup>14</sup>C dates indicated that deforestation occurred at least since 2350 BP. In close association with climate, past fires influenced deeply the spatio-temporal dynamics of coniferous stands. Each island has been characterized by a particular fire history, and consequently different deforestation events. Five periods of deforestation were identified, i.e. 2350-2100, 1650-1450, 1350-1050, 850-650 and 400-200 BP. About 5 % of the surface of the two largest islands (Atkinson and Lepage) were deforested by 400 BP fires. Additionally, a 200 years old fire deforested about 4 % of Île Atkinson. It is concluded that the rather small coniferous cover on several islands is the result of problems in postfire establishment. Inversely, distribution of conifers in exposed sites emphasizes their ability to survive in absence of major disturbance.

**ZUSAMMENFASSUNG** Einfluß der Feuer auf die Entwaldung der zentralen Inseln des Lac à l'Eau Claire, nördliches Québec. Die Inseln und der Umkreis des Lac à l'Eau Claire (56°15' N, 74°30' O) weisen wichtige Unterschiede in Struktur und Ausdehnung der Nadelbaum-Vegetation auf. Von einer Insel zur anderen variiert der Anteil der tatsächlichen Nadelbaum- und Baumbedeckung zwischen 10 und 35 % bzw. 3 und 35 %. Diese Vegetation kontrastiert mit den Flechteneinheiten, die sich auf der Spitze der Hügel befinden, wo man unter der Pflanzendecke Kohle von *Picea mariana* findet, Überreste von früher ausgedehnteren Nadelbaumvegetationen. Eine Analyse der Radiokarbonatierungen der Baumkohle zeigt, daß die zentralen Inseln des lac à l'Eau Claire seit mindestens 2350 Jahren BP eine Entwaldung durchmachen. In enger Verbindung mit dem Klima haben die Feuer die raumzeitliche Dynamik der Nadelwälder tief beeinflusst. Die zentralen Inseln des Lac à l'Eau Claire haben jede ihre eigene Feuer-Geschichte und folglich eine unterschiedliche Entwaldung. Fünf Zeitabschnitte der Landschaftsöffnung wurden identifiziert und zwar 2350-2100, 1650-1450, 1350-1050, 850-650 und 400-200 BP. Übrigens schätzt man auf ungefähr 5 % die durch die Feuer von 400 BP entwaldete Fläche der zwei größten Inseln (Atkinson und Lepage); außerdem hat ein 200 Jahre altes Feuer ungefähr 4 % der Insel Atkinson entwaldet. Man schließt daraus, daß die schwache *Picea* Bewaldung auf einigen Inseln des Lac à l'Eau Claire die Schwierigkeiten der *Picea* Bewaldung nach einem Feuer illustrieren. Umgekehrt unterstreicht ihr Vorkommen an ungeschützten Plätzen ihre Überlebensfähigkeit, wenn keine größere Störung eintritt.

## INTRODUCTION

Le feu constitue un important facteur de perturbation des formations conifériennes de la toundra forestière où les espèces arborescentes atteignent leur limite de tolérance face au climat. LARSEN (1965), BRYSON *et al.* (1965), HANSELL *et al.* (1971) et SORENSON *et al.* (1971) ont trouvé au Keewatin des charbons de bois enfouis dans les sols au nord de la limite de la forêt continue (*sensu* LARSEN, 1965) qu'ils attribuent à une régression de la limite des forêts. Une déforestation du paysage a également été signalée dans le Nord québécois par PAYETTE et LAJEUNESSE (1980), GODMAIRE et PAYETTE (1981), FILION (1984), GAGNON et PAYETTE (1985). Le feu peut détruire des formations conifériennes, faute de graines viables ou de conditions suffisamment clémentes pour l'établissement et le développement des plantules (BLACK et BLISS, 1980; PAYETTE *et al.*, 1985; PAYETTE et GAGNON, 1985). Par ailleurs, le feu favorise l'établissement de nouvelles populations conifériennes, notamment en présence de semences viables et de conditions de germination adéquates (HEINSELMAN, 1973; 1981; WRIGHT et HEINSELMAN, 1973). L'évolution d'un couvert coniférien soumis à des conditions climatiques particulières peut s'orienter différemment dépendant du régime des feux (rotation et fréquence des feux, etc.) dans une région donnée (Despôts, en préparation).

Dans le cadre de notre programme de recherche sur la déforestation subarctique, il est apparu essentiel d'évaluer l'influence des feux naturels au cours de l'Holocène dans différentes régions climatiques du Nord québécois. L'enclave froide et humide que représente le lac à l'Eau Claire (fig. 1) constitue à cet égard un exemple important. À cause de l'influence climatique du lac à l'Eau Claire, le deuxième plus grand lac naturel du Québec (superficie de 1280 km<sup>2</sup>), la végétation insulaire fait partie de la sous-zone arbustive de la toundra forestière, formant ainsi un avant-poste froid au sein de la sous-zone forestière (PAYETTE, 1983). L'importance spatiale et la physionomie générale des formations conifériennes varie grandement d'une île à l'autre de l'archipel central du lac à l'Eau Claire, même si la topographie et les sols sont très apparentés (loams sableux et profils de type brunisolique ou podzolique). Nous avons émis l'hypothèse que ces différences sont attribuables à une histoire des feux particulière à chaque île, vu leur isolement géographique par le plan d'eau. L'archipel central du lac à l'Eau Claire représente donc une région stratégique pour évaluer l'influence des feux sur le couvert coniférien à l'Holocène. Le but de cette étude est de vérifier dans quelle mesure le feu est responsable de la nature et de l'importance spatiale de la végétation coniférienne des îles centrales du lac à l'Eau Claire.

## LA RÉGION ÉTUDIÉE

Le lac à l'Eau Claire se situe à quelque 100 km à l'est de la baie d'Hudson, à environ 125 km au nord-est de Poste-de-la-Baleine (fig. 1). Bien que bordés par la sous-zone forestière de la toundra forestière, les pourtours du lac et ses îles supportent une végétation caractéristique de la sous-

zone arbustive (PAYETTE, 1983). On associe ce phénomène à l'influence d'une grande nappe d'eau sur le climat local, lequel affecterait davantage la végétation au cours de l'hiver. Une végétation composée de lichens, d'éricacées et de bouleau glanduleux (*Betula glandulosa* Michx.) domine les sites bien drainés et exposés. La forêt est composée majoritairement d'épinettes noires et se trouve principalement dans les dépressions. Le mélèze (*Larix laricina* (Du Roi) K. Koch) apparaît comme une espèce compagne. Les arbres peuvent parfois atteindre 10 m de hauteur. Des formes de croissance de conifères de plus en plus érodés (PAYETTE, 1974) marquent généralement la transition entre les populations arborescentes et les sommets dénudés. Les krummholz bordent également les rives du lac.

Quatre îles ont été choisies pour cette étude et font partie de l'archipel central du bassin ouest du lac (fig. 1). Le plan d'eau les sépare du continent d'une distance minimale de 4 km et, l'une de l'autre, d'une distance minimale de 1 km. Leur morphologie de drumlin est ondulée mais présente quelques abrupts. Les altitudes se situent entre 238 et 370 m. L'île Lepage, d'une superficie d'environ 15,5 km<sup>2</sup>, présente un paysage toundrique où les épinettes sont surtout représentées par des formes érodées à distribution restreinte (fig. 2). Quelques rares forêts occupent les sites les mieux protégés (bas de versant, cuvettes). Dans l'île Atkinson, par contre (superficie de 26,5 km<sup>2</sup>), les populations d'épinettes arborescentes occupent une plus grande étendue (fig. 3). Elles montent le long des versants et recouvrent quelques sommets de faible altitude. Les limites entre les espaces dénudés et boisés sont moins nettes que sur l'île Lepage. Le couvert d'épinettes s'ouvre progressivement de la forêt vers les terrains dénudés. On y rencontre de jeunes pessières en expansion. Les îles Marie-Claude et Têtard sont plus petites (2 km<sup>2</sup> et 1,75 km<sup>2</sup> respectivement) et présentent le même contraste au niveau de la végétation coniférienne et lichénique. L'île

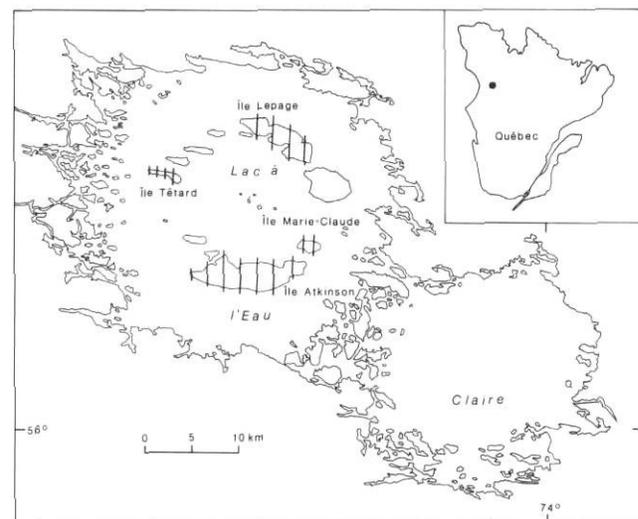


FIGURE 1. Région du lac à l'Eau Claire et position des transects sur les îles centrales.

Study area and transect position on the central islands of Lac à l'Eau Claire.

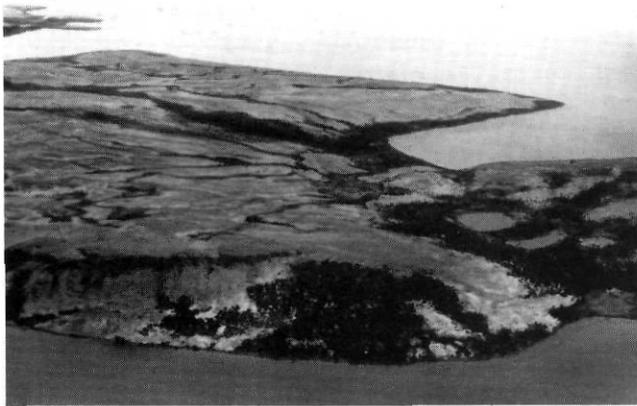


FIGURE 2. Paysage toundrique de l'île Lepage, lac à l'Eau Claire.  
*Tundra landscape on Lepage island, Lac à l'Eau Claire.*

Têtard supporte une végétation semblable à celle de l'île Lepage. L'île Marie-Claude est relativement boisée, mais les populations conifériennes sont plus érodées que dans l'île Atkinson.

## MÉTHODES

Afin de connaître la relation existant entre les patrons de la végétation et l'histoire des feux, on a procédé à l'inventaire des caractéristiques de la végétation et des indices du passage des feux. En raison de l'étendue des îles, la reconnaissance du terrain et l'échantillonnage ont été faits le long de transects (fig. 1). Vu l'étalement général des formations conifériennes d'est en ouest, on a orienté tous les transects du sud vers le nord. On obtient ainsi un parcours plus diversifié. Les transects ont été disposés à l'aide d'un échantillonnage systématique; l'emplacement du premier transect fut déterminé à partir d'un point choisi au hasard sur chaque île. La distance séparant les transects a été fixée à 1700 m dans les grandes îles (Atkinson et Lepage) et à 850 m dans les petites îles (Marie-Claude et Têtard); elle représente la distance maximale qui permette une bonne représentation des îles par les transects, compte tenu de la dimension moyenne des formations végétales.

Dans le but de distinguer les anciennes zones de feu le long des transects, des zones homogènes (GOUNOT, 1969) ont été déterminées en fonction de certaines caractéristiques du couvert végétal. On a considéré la structure de la végétation (PAYETTE et GAUTHIER, 1972), le pourcentage de recouvrement des principales espèces végétales et la structure d'âge des espèces arborescentes. Une première sélection des zones homogènes a été effectuée à l'aide des photos aériennes à l'échelle de 1/40 000. Le parcours des transects sur le terrain a ensuite permis de confirmer ou de corriger le tracé préliminaire des limites. On a procédé à la recherche de cicatrices de feu sur les arbres situés en bordure des zones qui s'est, cependant, révélée infructueuse.

Chaque zone homogène a été échantillonnée à l'aide d'un quadrat d'une superficie de 400 m<sup>2</sup>. Vu l'étroitesse des for-



FIGURE 3. Paysage semi-forestier de l'île Atkinson, lac à l'Eau Claire.  
*Semi-forested landscape on Atkinson island, Lac à l'Eau Claire.*

mations conifériennes, il est apparu préférable d'utiliser des places échantillons de forme rectangulaire. La longueur a été fixée à 30 m et la largeur à 13,3 m. Généralement, la ligne de progression du transect traverse le centre des quadrats dans le sens de la largeur. L'orientation des quadrats a cependant été modifiée au besoin, afin de les insérer dans les limites de la zone homogène à représenter.

## DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION

À l'intérieur de chaque quadrat, on a déterminé: 1) la structure de la végétation; 2) le pourcentage de recouvrement des conifères; 3) l'importance de la régénération des espèces arborescentes; 4) l'âge minimal de la formation.

## STRUCTURES D'ÂGE DES POPULATIONS CONIFÉRIENNES

Le feu peut stimuler une régénération subite des espèces arborescentes. Cette régénération se reconnaît par la structure d'âge équiennne des populations. Leur âge correspond à l'âge minimal du feu qui en est à l'origine (HEINSELMAN, 1973, 1981; ARNO, 1978; Van WAGNER, 1978; HEMSTROM et FRANKLIN, 1982). Dans chaque zone homogène, on a procédé à la recherche des populations équiennes, afin de connaître l'âge des feux récents. Dix à vingt individus ont été sélectionnés dans chacune de ces populations. Des carottes ont ensuite été prélevées à 30 cm du sol à l'aide d'une sonde de Pressler. Là où le sondage des individus s'est révélé impossible à cause de la forme de croissance de l'arbre, on a prélevé une section à la base du tronc. L'âge des individus a été déterminé par le dénombrement des cernes de croissance des carottes ou des sections. Dans la plupart des cas, le comptage a été effectué sur un échantillon prélevé à 30 cm du sol. Sachant que l'âge réel d'un arbre est fourni par le nombre d'anneaux de croissance calculé au niveau du collet, on a dû évaluer la différence du nombre de cernes entre le collet et 30 cm du sol. Trente épinettes noires (le mélèze étant rare) provenant de six milieux différents ont été échantillonnées à ces deux niveaux le long de la tige. La différence d'âge moyenne entre le collet et 30 cm a donné  $11 \pm 8$  ans.

Une meilleure approximation de l'âge à 30 cm aurait exigé un échantillonnage beaucoup plus important des deux espèces arborescentes selon les milieux. La valeur de 11 ans fournit tout au moins un ordre de grandeur des âges à 30 cm. L'âge des conifères a été déterminé en additionnant 11 ans au nombre de cernes à 30 cm du sol.

Les histogrammes d'âge des conifères obtenus par comptage ont servi à mettre en évidence les populations établies après feu. De telles populations se reconnaissent par le regroupement de l'âge des individus, ainsi que par la rareté, voire l'absence, de conifères plus âgés. L'âge minimal du feu correspond à celui du plus vieil individu de la population équienne. Les indices du passage d'un feu sur le terrain (charbons, troncs morts sculptés par les flammes) confirment la nature de la perturbation. Lorsqu'on ne reconnaît aucune population équienne dans un milieu, bien qu'on y retrace les preuves du passage d'un feu, l'âge du plus vieil individu vivant donne l'âge minimal du feu (Van WAGNER, 1978). Dans le cas d'un feu qui ne détruirait qu'une partie d'une population inéquienne, l'âge minimal correspondrait à celui du plus vieil individu de la population équienne.

Après datation des feux récents, on a évalué leur extension spatiale le long des transects à l'aide des photographies aériennes. La présence de macrorestes de conifères situés en retrait des formations actuelles a été utilisée pour évaluer l'importance de la régression du couvert coniférien.

#### DATATION <sup>14</sup>C DE CHARBONS DE BOIS

La structure d'âge des populations conifériennes ne permet que de retracer les feux récents qui ont été suivis d'une régénération et dont l'âge est inférieur à la longévité des espèces arborescentes. L'épinette noire atteint rarement plus de 300 ans. Afin de déterminer l'âge des feux antérieurs à 300 ans, on a utilisé la datation <sup>14</sup>C des charbons de bois situés sous l'horizon organique de surface.

L'échantillonnage des charbons de bois a été effectué systématiquement dans toutes les zones lichéniques rencontrées le long des transects. On a pu déterminer l'origine botanique des charbons, soit l'épinette noire, par la structure du bois encore bien conservée, la présence d'aiguilles et d'écaillures de cônes carbonisés. Deux zones à végétation lichénique ont été distinguées lors de l'échantillonnage lorsqu'elles étaient séparées par un coupe-feu potentiel (lac, dépression ouverte empruntée par les eaux de drainage, abrupt topographique ou forêt humide). Dans chaque zone, un seul échantillon de charbons a été prélevé au point le plus élevé en altitude. On a cherché ainsi à retracer le feu responsable du premier dégagement de la zone, sachant que les milieux les plus exposés et les plus secs sont susceptibles d'être dégagés les premiers.

La datation des charbons fournit l'âge approximatif du feu responsable de la disparition des épinettes dans chaque site. Afin de mettre en évidence les principaux feux responsables de la déforestation des îles, un histogramme des poids statistiques des datations <sup>14</sup>C de chaque île et de l'ensemble des îles a été construit. La méthode de construction des histogrammes est décrite par HILLAIRE-MARCEL et OCCHIETTI (1977). Chaque datation au radiocarbone est

représentée par un histogramme à distribution normale dont l'écart type correspond à la moyenne des marges d'erreur des datations émises par le laboratoire. Dans le cas présent, cette valeur correspond à 60 ans. L'histogramme est d'une largeur de base de quatre fois celle de l'écart type, soit 240 ans, et est divisé en classes d'âge de 30 ans. À chacune des classes correspond un poids statistique calculé à partir des tables de probabilité (FREUND, 1967). Les valeurs de probabilité sont arrondies de façon à ce que la somme des poids statistiques de chaque classe d'âge d'une date donne 1 (GAGNON et PAYETTE, 1981; FILION, 1984). L'histogramme des poids statistiques d'un ensemble de dates résulte de la somme des poids statistiques de chaque classe d'âge, de la totalité des datations considérées. La liste des datations au radiocarbone est présentée au tableau I.

## RÉSULTATS

### COUVERT CONIFÉRIEN ACTUEL

Les formations conifériennes recouvrent 62 % de la surface de l'île Atkinson. Compte tenu de leur recouvrement réel dans chaque formation, les conifères n'occupent que  $25 \pm 7$  % de la surface de l'île. Le pourcentage de recouvrement moyen est donc d'environ 40 % dans les sites boisés. C'est dans l'île Atkinson que l'on observe le plus haut taux de régénération par graines (fig. 4), ainsi que la plus grande quantité d'arbres de 10 à 20 m de hauteur (fig. 5). Les arborales occupent 27% de l'île (fig. 5).

TABLEAU I

*Datation au <sup>14</sup>C des charbons d'épinette noire, îles centrales du lac à l'Eau Claire*

Île	N° échantillon		Altitude (m)	Années BP	
Têtard	T4-3	Beta-8414	285	300 ± 90	
Marie-Claude	MC3-1	I-12888	330	860 ± 80	
"	"	MC3-11	Beta-8413	307	1620 ± 60
Lepage	L1-3	Beta-8396	260	410 ± 50	
"	"	L1-7	Beta-8397	320	600 ± 50
"	"	L1-10	Beta-8398	293	1240 ± 50
"	"	L2-3	Beta-8399	262	1480 ± 50
"	"	L2-6	Beta-8400	253	1090 ± 50
"	"	L2-10	Beta-8401	259	1210 ± 60
"	"	L3-2	Beta-8415	250	380 ± 70
"	"	L3-4	Beta-8402	308	2350 ± 60
"	"	L3-10	UQ-689	342	2120 ± 60
"	"	L3-15	Beta-8403	258	790 ± 50
"	"	L3-20	Beta-8404	253	1630 ± 50
"	"	L4-4	Beta-8405	302	820 ± 60
"	"	L4-10	UQ-687	320	1360 ± 60
Atkinson	A1-2	Beta-8406	258	1480 ± 50	
"	"	A2-10	I-13038	330	1520 ± 80
"	"	A3-4	Beta-8407	273	1280 ± 70
"	"	A3-9	Beta-8408	282	400 ± 50
"	"	A3-13	Beta-8409	290	moderne
"	"	A3-17	Beta-8410	293	210 ± 50
"	"	A5-15	I-12933	362	2290 ± 80
"	"	A6-3	Beta-8411	345	700 ± 80
"	"	A6-14	Beta-8412	340	480 ± 60

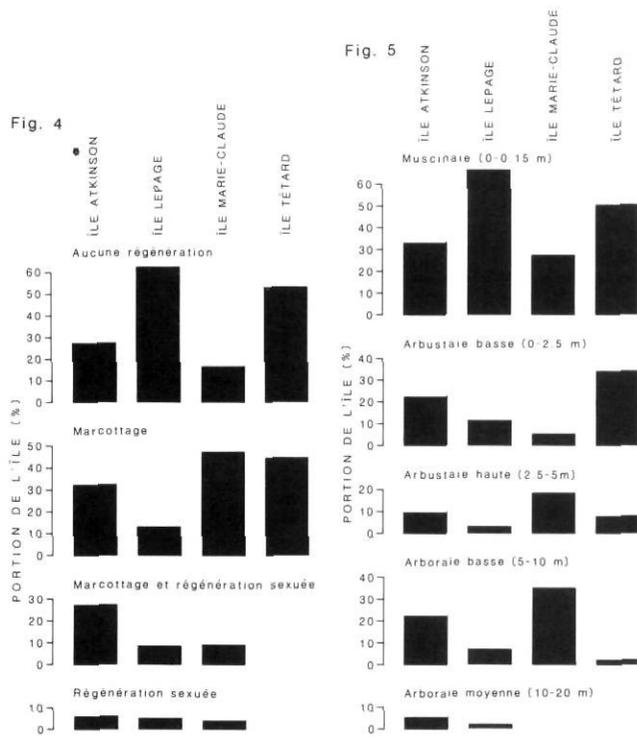


FIGURE 4. Mode et importance de la régénération des conifères des îles centrales du lac à l'Eau Claire.

Type and importance of conifer regeneration on central islands, Lac à l'Eau Claire.

FIGURE 5. Type et importance des structures de végétation des îles centrales du lac à l'Eau Claire.

Vegetation structures of central islands, Lac à l'Eau Claire.

L'île Lepage, la deuxième en superficie, présente le plus faible couvert coniférien, soit  $10 \pm 3\%$  répartis sur 22 % de la surface totale. Le recouvrement moyen des conifères se situe, comme dans le cas de l'île Atkinson, autour de 40 % dans les sites boisés. Les conifères se présentent surtout sous forme d'arbustes et de petits arbres (fig. 5), alors que les arborales occupent environ 8 % de la surface de l'île. Plus de la moitié des populations conifériennes se régénèrent actuellement par voie sexuée (fig. 4).

Le couvert coniférien de l'île Marie-Claude est de  $35 \pm 8\%$ , répartis sur 70 % de la surface totale. Le recouvrement moyen des conifères est donc d'environ 50 % dans les sites boisés. Les conifères sont principalement sous forme arborescente basse et arbustive haute (fig. 5); les arborales occupent 35 % de l'île. La régénération des formations conifériennes se fait principalement par marcottage, bien que l'on rencontre quelques plantules (fig. 4).

L'île Têtard se caractérise par un recouvrement en épinettes (le mélèze étant absent) de  $27 \pm 6\%$ , répartis sur 45 % de la surface totale. Le recouvrement moyen de l'épinette est d'environ 55 % dans les sites boisés, le plus élevé des quatre îles. L'épinette est généralement de petite taille (fig. 5), alors que les arborales n'occupent que 3 % de la surface totale de

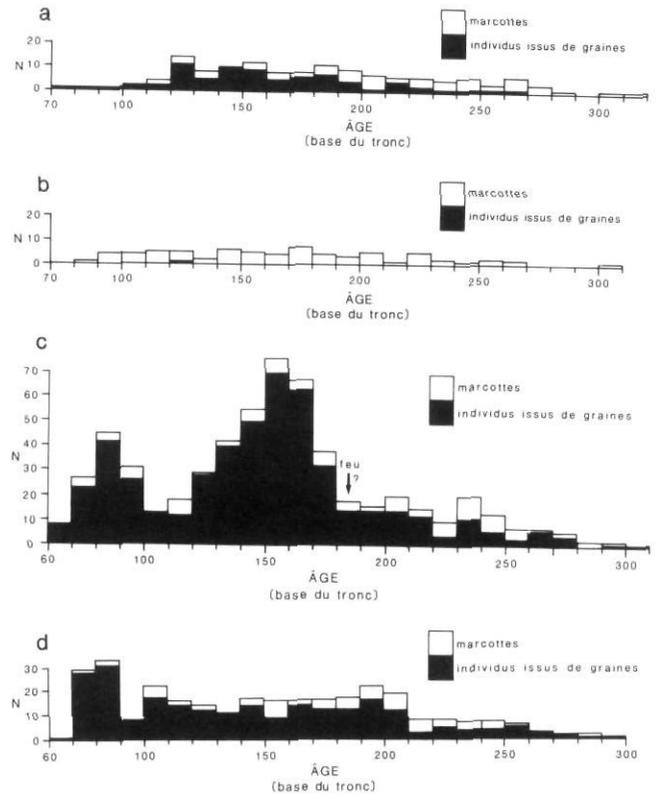


FIGURE 6. Structure d'âge des populations conifériennes des îles centrales du lac à l'Eau Claire (a: île Marie-Claude, b: île Têtard, c: île Atkinson, d: île Lepage).

Age structure of coniferous populations at Lac à l'Eau Claire (a: île Marie-Claude, b: île Têtard, c: île Atkinson, d: île Lepage).

l'île. La régénération de l'espèce se fait exclusivement par voie végétative (fig. 4).

STRUCTURE D'ÂGE DES CONIFÈRES ET FEUX RÉCENTS

Les histogrammes de structure d'âge des conifères des îles Têtard, Marie-Claude et Lepage ne révèlent aucune régénération causée par un feu récent, alors que certaines populations de l'île Atkinson ont été régénérées après un feu récent (fig. 6). Sachant que la régénération peut débuter l'année même du feu, ce dernier serait survenu il y a environ 200 ans. Il aurait affecté environ 60 % de la surface totale de l'île. On estime à un minimum de 4 % la surface de l'île qui fut déboisée, en plus de quelques bandes de 15 m de largeur en bordure des formations actuelles. Par ailleurs, plus des 2/3 des formations conifériennes actuelles présentant au moins 20 % de recouvrement arborescent sont apparues après ce feu. Les arbres qui occupent les sites incendiés sont mieux développés que ceux des vieilles populations épargnées.

Sur les histogrammes regroupant l'ensemble des individus échantillonnés des îles Atkinson et Lepage (fig. 6), on observe une régénération importante qui date de 80-100 ans. Aucune trace de feu aussi récent n'a été décelée dans la végétation de surface. La datation moderne (Beta-8409) provient d'un site en régénération depuis au moins 140 ans et correspond probablement au feu d'il y a environ 200 ans. Cette régénération

a probablement été stimulée par les conditions climatiques favorables entre 1880 et 1910. Elle a permis en certains endroits l'envahissement progressif des conifères dans les aires lichéniques.

#### DATATION $^{14}\text{C}$ DES FEUX ANCIENS

Des treize datations  $^{14}\text{C}$  obtenues dans l'île Lepage, on retrace neuf feux entre 2350 BP et aujourd'hui (tabl. I, fig. 7). Le feu de ca 400 BP est relativement difficile à retracer à l'aide des structures d'âge, étant donné la longévité des conifères. Deux datations au radiocarbone (tabl. I) ainsi que les observations de terrain (macrorestes) renseignent sur son importance spatiale. Ce feu aurait couvert au moins 30 % de la surface de l'île. Il semble que son impact sur la végétation ait été important, car la présence de macrorestes témoigne d'une régression du couvert coniférien d'au moins 5 % de la surface totale de l'île.

Six feux survenus entre 2300 BP et aujourd'hui ont été identifiés à l'île Atkinson à partir de neuf datations au radiocarbone (tabl. I, fig. 7). L'âge moderne de la datation Beta-8409 correspond probablement au feu qui date de 200 ans (fig. 6). Le feu de ca 430 ans (tabl. I) est difficile à retracer par les structures d'âge, comme celui de ca 400 ans dans l'île Lepage. On évalue à un minimum de 5 % la surface déboisée à la suite du passage de ce feu, ce qui est légèrement supérieur à la déforestation causée par le feu d'il y a 200 ans.

On n'a retracé que deux feux à l'île Marie-Claude et un seul à l'île Têtard (tabl. I). La trop faible quantité de charbons de bois sur quelques sommets à végétation lichénique des îles Atkinson, Lepage et Têtard n'a pas permis leur échantillonnage. Il est probable que les îles aient connu leur première déforestation beaucoup plus tôt, notamment l'île Têtard.

#### DISCUSSION

Des charbons de bois d'épinette noire se trouvent sur la grande majorité des sommets dénudés des îles centrales du lac à l'Eau Claire. Là où se développe aujourd'hui un couvert lichénique poussait dans le passé une formation d'épinettes noires. LARSEN (1965), BRYSON *et al.* (1965) et SORENSON *et al.* (1971) considèrent que la présence de charbons de bois dans les sols situés au nord de l'actuelle limite des forêts (*sensu* LARSEN, 1965) sont un indice d'anciennes expansions forestières. L'âge au radiocarbone des charbons révélerait l'époque de régression de cette limite depuis le point d'échantillonnage. Les auteurs n'ont cependant pas pu identifier l'origine exacte des charbons, à savoir s'ils provenaient de conifères arborescents. C'est essentiellement le même problème d'interprétation des datations au radiocarbone qu'on rencontre au lac à l'Eau Claire. On ne peut affirmer, en effet, que les épinettes étaient arborescentes au moment de l'incendie. Sans pouvoir préciser la forme de croissance qu'adoptait l'épinette avant sa disparition, on peut tout de même penser qu'à une certaine époque des conditions climatiques plus clémentes favorisaient une plus grande distribution de l'espèce. Les conifères auraient couvert l'ensemble de la région du lac à l'Eau Claire au cours de l'Holocène.

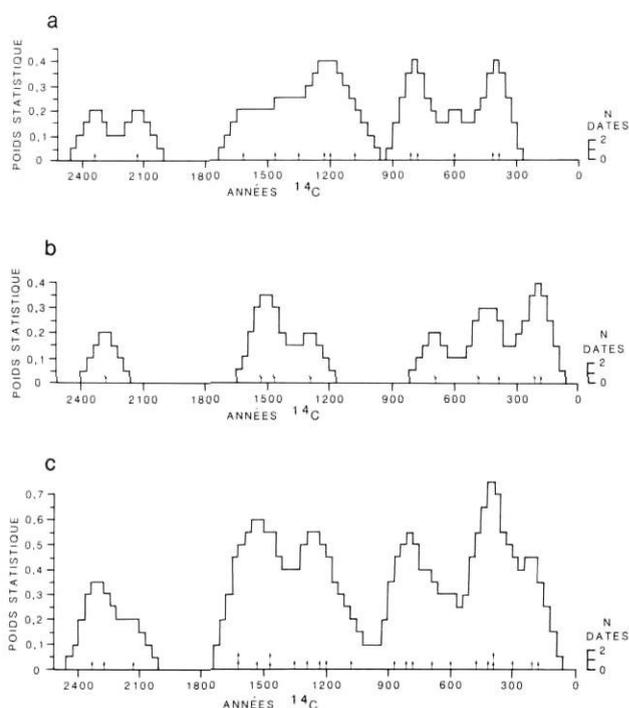


FIGURE 7. Poids statistique des datations au  $^{14}\text{C}$  de charbons d'épinette noire des aires lichéniques des îles centrales du lac à l'Eau Claire (a: île Lepage, b: île Atkinson, c: toutes les îles).

*Statistical weight of  $^{14}\text{C}$  dates from black spruce charcoal sampled in lichenic sites at Lac à l'Eau Claire (a: Île Lepage, b: Île Atkinson, c: all islands).*

#### PÉRIODES ANCIENNES DE DÉFORESTATION

Les quatre îles à l'étude n'ont pas enregistré les mêmes feux, mais la déforestation s'est toutefois réalisée au cours de cinq périodes principales, soit vers 2350-2100, 1650-1450, 1350-1050, 850-650 et 400-200 BP (fig. 7). La déforestation des deux plus grandes îles a débuté entre 2350 et 2100 BP. À cette époque, l'île Lepage aurait subi le passage de plus de feux destructeurs que l'île Atkinson (fig. 7). Entre 1650 et 1050 BP, l'île Atkinson a connu deux régressions du couvert coniférien, l'île Lepage, trois, et l'île Marie-Claude, une seule. Une fréquence moins élevée de feux destructeurs pourrait être à l'origine du maintien de la végétation coniférienne des sommets de l'île Marie-Claude jusqu'à 1600 BP. Entre 800 BP et aujourd'hui, les îles Atkinson et Lepage ont enregistré trois feux destructeurs, tandis que les autres îles n'en ont subi qu'un seul. L'échantillonnage des charbons de bois s'étant révélé très difficile, il est évident que l'île Têtard a subi une déforestation bien avant 300 BP.

Malgré la plus grande taille de l'île Atkinson, c'est dans l'île Lepage que l'on retrace le plus grand nombre de feux responsables de la disparition locale des conifères, ce qui expliquerait son aspect dénudé actuel. L'importance de la régénération après feu des conifères dépend de plusieurs facteurs dont la disponibilité en graines viables, le type de substrat, la température et l'humidité du sol (ZASADA, 1971), ainsi que la compétition (LARSEN, 1980). Ces facteurs sont directement influencés par l'âge et la structure de la végétation coniférienne avant feu (BLACK et BLISS, 1980; PAYETTE

et GAGNON, 1985), l'intensité du feu (HEINSELMAN, 1981), l'état de la végétation épargnée et, d'une façon plus générale, les conditions climatiques avant et après chaque feu.

FILION (1984) a démontré l'étroite relation existant entre l'activité éolienne et l'incidence des feux dans le Nord québécois, associée au processus d'afforestation-déforestation des sols sableux bien drainés; elle a proposé une chronologie climatique détaillée basée sur la datation au radiocarbone des paléosols dunaires. GAGNON et PAYETTE (1981) ont défini les périodes climatiques de l'Holocène supérieur près de la limite des forêts au Nord québécois à l'aide des macrorestes de mélèze. Les deux périodes exemptes de dégagement coniférien dans les îles centrales du lac à l'Eau Claire (ca 2100-1850 et 950 BP, fig. 7) s'insèrent à l'intérieur des limites des périodes chaudes proposées par ces auteurs. Par ailleurs, les périodes de déforestation chevauchent les périodes froides les plus récentes.

L'incidence des feux en période froide peut provoquer la disparition d'une partie du couvert coniférien (BLACK et BLISS, 1980) ou favoriser l'établissement de krummholz en remplacement de forêts incendiées (PAYETTE et GAGNON, 1985). En effet, les épinettes noires prostrées produisent peu ou pas de graines viables comparativement aux arbres. De plus, on ne retrouve généralement pas de graines viables dans les sols subarctiques (JOHNSON, 1975; PAYETTE *et al.*, 1982). Cette situation peut être à l'origine d'une déforestation accélérée à l'occasion du passage d'un feu, ce qui semble avoir été le cas chez la végétation coniférienne des îles Lepage et Têtard. L'île Lepage présente d'ailleurs un couvert coniférien plus vulnérable aux feux que celui des îles Atkinson et Marie-Claude, étant donné la dominance des krummholz.

#### FEUX RÉCENTS ET RÉGRESSION DU COUVERT CONIFÉRIEN

La méthode d'échantillonnage des charbons de bois n'a pas permis d'évaluer adéquatement l'importance spatiale des déforestations passées. La présence de macrorestes ligneux a toutefois fourni des renseignements sur l'ampleur des régressions les plus récentes.

Le dernier grand feu à survenir à l'île Atkinson date d'environ 200 ans. Il a affecté plus de 60 % de la surface totale de l'île et causé une déforestation de l'ordre de 4 %. Ce feu a été suivi d'une recolonisation par les conifères sur environ 20 % de la surface totale de l'île, et forment actuellement les  $\frac{2}{3}$  des forêts. Ces arbres sont généralement mieux développés et plus grands que ceux des populations épargnées. Ce phénomène est probablement lié à une diminution de la compétition après le passage du feu (HEINSELMAN, 1981) et à la libération d'éléments nutritifs résultant de la combustion de la matière organique. Il est également possible que l'élimination d'une couche organique isolante favorise une augmentation de la température du sol (ZOLTAI, 1975). La croissance des populations conifériennes de l'île Atkinson semble de plus avoir été stimulée par les conditions climatiques depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. En effet, les forêts sont actuellement bordées par de jeunes conifères qui progressent en direction des sommets à végétation lichénique. Malgré une régression du couvert coniférien lors du feu de 1790-1800, on note depuis

une faible expansion des forêts. On a aussi retracé une régression du couvert coniférien sur environ 5 % de la surface de l'île Atkinson lors d'un feu il y a ca 430 ans. Ce feu aurait été plus destructeur que le plus récent. C'est essentiellement la même tendance que l'on retrouve sur l'île Lepage. Un feu survenu il y a environ 400 ans aurait couvert au moins 30 % de la surface totale de l'île et serait responsable d'une régression d'au moins 5 % du couvert coniférien.

#### COUVERT CONIFÉRIEN ACTUEL

Les caractéristiques écologiques des formations conifériennes des îles centrales du lac à l'Eau Claire sont ainsi le résultat de l'histoire des feux et du climat au cours de l'Holocène supérieur. Leur isolement par rapport à la terre ferme a passablement limité la propagation et la fréquence des feux, comparativement à la région bordière (Payette *et al.*, en préparation). Ainsi, seuls les incendies allumés dans les îles ont pu exercer une influence sur la végétation coniférienne.

Les différences importantes entre la végétation coniférienne des îles Atkinson et Lepage (respectivement 27 % et 8 % de la surface en forêt) (fig. 4 et 5) sont attribuables à l'influence des paléofeux et du climat froid qui ont sévi dans la région depuis les derniers millénaires. Les conditions climatiques actuelles de la région permettent le maintien d'une certaine diversité du couvert coniférien, mais en limitent le développement spatial. La faible représentation des conifères à l'île Lepage ne traduit pas leur incapacité de maintien dans les sites lichéniques, mais plutôt les difficultés anciennes et contemporaines d'établissement après feu. Par ailleurs, la présence d'un couvert coniférien dans un site exposé souligne sa capacité de maintien, mais pas nécessairement celle de se régénérer après feu.

#### CONCLUSION

Plusieurs points ressortent de la présente étude :

1. Les îles centrales du lac à l'Eau Claire, correspondant à la sous-zone arbustive de la toundra forestière, ont été complètement recouvertes de conifères au cours de l'Holocène, comme le laisse supposer la présence de charbons de bois dans les sites à végétation lichénique. On ne peut cependant pas préciser l'importance spatiale qu'aurait eu le couvert arborescent avant les premières déforestations.
2. Les îles centrales du lac à l'Eau Claire subissent une déforestation généralisée depuis au moins 2350 BP. Cinq périodes de déforestation ont été identifiées (2350-2100, 1650-1450, 1350-1050, 850-650 et 400-200 BP) et coïncident avec les résultats d'autres travaux effectués dans le Nord québécois, particulièrement ceux de GAGNON et PAYETTE (1981), FILION (1984) et PAYETTE et GAGNON (1985).
3. Les îles centrales du lac à l'Eau Claire ont toutes connu une histoire des feux particulière, qui se manifeste de nos jours par des différences marquées au niveau de la nature et de l'importance spatiale du couvert coniférien, à savoir : a) une différence de 15 % dans le recouvrement réel des conifères entre les îles Atkinson et Lepage et b) un écart de 19 % dans le recouvrement des arborales entre ces deux îles.

4. La déforestation se poursuit encore aujourd'hui dans les îles centrales du lac à l'Eau Claire. Les feux survenus il y a environ 400 ans et 200 ans ont causé respectivement des retraits équivalant à au moins 5 % et 4 % de la surface des deux plus grandes îles. Par ailleurs, les formations conifériennes de l'île Atkinson ont connu une forte régénération par graines et une expansion près de certains sommets à végétation lichénique au tournant du siècle. Bien que la déforestation puisse parfois être suivie d'une reprise mineure et momentanée des conifères, les sommets à végétation lichénique n'ont toutefois pas été recolonisés depuis l'époque de la déforestation.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions Louis Germain, Jean-François Bergeron et Bernard Massé pour leur aide soutenue sur le terrain. Cette recherche a été subventionnée par le Fonds FCAR du gouvernement du Québec, le Conseil de recherches en sciences naturelles et génie du Canada et le ministère des Affaires indiennes et du Nord (Canada). Ivan Grenier a préparé les figures. Nous remercions également Nicole Carette, Réjean Gagnon et Michel Thibault pour leurs remarques pertinentes lors de la préparation de cet article.

#### RÉFÉRENCES

- ARNO, S. F. (1978): How to learn the frequencies and ecological roles of historic fires, *Fire Management Notes*, vol. 39, p. 8-9.
- BLACK, R. A. et BLISS, L. C. (1980): Reproductive ecology of *Picea mariana* (Mill.) BSP., at tree line near Inuvik, Northwest Territories, Canada, *Ecological Monographs*, vol. 50, p. 331-354.
- BRYSON, R. A., IRVING, W. N. et LARSEN, J. A. (1965): Radiocarbon and soil evidence of former forest in the Southern Canadian Tundra, *Science*, vol. 147, p. 46-48.
- FILION, L. (1984): A relationship between dunes, fire and climate recorded in the Holocene deposits of Québec, *Nature*, vol. 309, p. 543-546.
- FREUND, J. E. (1967): *Modern Elementary Statistics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 432 p.
- GAGNON, R. et PAYETTE, S. (1981): Fluctuations holocènes de la limite des forêts de mélèze, rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec: une analyse macrofossile en milieu tourbeux, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 35, p. 57-72.
- (1985): Régression holocène du couvert coniférien à la limite des forêts (Québec nordique), *Canadian Journal of Botany*, vol. 63, p. 1213-1225.
- GODMAIRE, A. et PAYETTE, S. (1981): Dynamique spatio-temporelle d'une bande forestière près de la limite des forêts, rivière aux Feuilles, Nouveau-Québec, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 35, p. 73-85.
- GOUNOT, M. (1969): *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*, Masson, Paris, 314 p.
- HANSELL, R. I. C., CHANT, D. A. et WEINTRAUB, J. (1971): Changes in the northern limit of spruce at Dubawnt Lake, Northwest Territories, *Arctic*, vol. 24, p. 233-234.
- (1973): Fire in the virgin forests of the Boundary Waters Canoe Area, Minnesota, *Quaternary Research*, vol. 3, p. 329-382.
- HEINSELMAN, M. L. (1981): Fire intensity and frequency as factors in the distribution and structure of northern ecosystems, in *Fire Regimes and Ecosystem Properties*, H. A. Mooney, T. M. Bonicksen, N. L. Christensen, J. E. Lotan et W. A. Reiners (édit.), US Forest Service, General Technical Report WO-26, Washington, D. C., p. 7-57.
- HEMSTROM, M. A. et FRANKLIN, J. F. (1982): Fire and other disturbances of the forests in Mount Rainier National Park, *Quaternary Research*, vol. 18, p. 32-51.
- HILLAIRE-MARCEL, C. et OCCHIETTI, S. (1977): Fréquence des datations au <sup>14</sup>C de faunes marines post-glaciaires de l'Est du Canada et variations paléoclimatiques, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, vol. 21, p. 17-54.
- JOHNSON, E. A. (1975): The buried seed populations in the subarctic forest east of Great Slave Lake, N. W. T., *Canadian Journal of Botany*, vol. 53, p. 2933-2941.
- LARSEN, J. A. (1965): The vegetation of the Ennadai Lake area, N.W.T.: studies in subarctic and arctic bioclimatology, *Ecological Monographs*, vol. 35, p. 37-59.
- (1980): *The Boreal Ecosystem*, Academic Press, New York, 500 p.
- 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*, vol. 101, p. 893-903.
- (1983): The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador Peninsula, in *Tree-Line Ecology, Proceedings of the Northern Québec Tree-Line Conference*, P. Morisset et S. Payette (édit.), Nordicana, n° 47, p. 3-23.
- PAYETTE, S., DESHAYE, J. et GILBERT, H. (1982): Tree seed populations at the treeline in Rivière aux Feuilles area, northern Québec, Canada, *Arctic and Alpine Research*, vol. 14, p. 215-221.
- PAYETTE, S., FILION, L., GAUTHIER, L. et BOUTIN, Y. (1985): Secular climate change in old-growth tree-line vegetation of northern Québec, *Nature*, vol. 315, p. 135-138.
- PAYETTE, S. et GAGNON, R. (1985): Late Holocene deforestation and tree regeneration in the forest-tundra of Québec, *Nature*, vol. 313, p. 570-572.
- PAYETTE, S. et GAUTHIER, B. (1972): Les structures de végétation: interprétation géographique et écologique, classification et application, *Naturaliste canadien*, vol. 99, p. 1-26.
- PAYETTE, S. et LAJEUNESSE, R. (1980): Les combes à neige de la rivière aux Feuilles (Nouveau-Québec): indicateurs paléoclimatiques holocènes, *Géographie physique et Quaternaire*, vol. 34, p. 209-220.
- SORENSEN, C. J., KNOX, J. C., LARSEN, J. A. et BRYSON, R. A. (1971): Paleosols and the forest border in Keewatin, N.W.T., *Quaternary Research*, vol. 1, p. 468-473.
- Van WAGNER, C. E. (1978): Age-class distribution and the forest fire cycle, *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 8, p. 220-227.
- WRIGHT, H. E., Jr. et HEINSELMAN, M. L., édit (1973): The ecological role of fire in natural conifer forests of western and northern America — a symposium, *Quaternary Research*, vol. 3, p. 317-513.
- ZASADA, J. C. (1971): Natural regeneration of interior Alaska forest-seed, seed bed, and vegetative reproduction considerations, in *Proceedings — Fire in the Northern Environment — A Symposium*, College (Fairbanks), Alaska, p. 231-246.
- ZOLTAI, S. C. (1975): Structure of subarctic forests on hummocky permafrost terrain in northern Canada, *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 5, p. 1-9.