



Suivi des travaux de drainage forestier: (1) Production forestière et caractéristiques écologiques des massifs de Saint-Anaclet et de Cabano

Richard Zarnovican

Rapport d'information LAU-X-90
Région du Québec



**CENTRE DE FORESTERIE
DES LAURENTIDES**

Le Centre de foresterie des Laurentides est un des six établissements régionaux et des deux instituts nationaux de Forêts Canada. Le Centre collabore avec divers organismes gouvernementaux, avec les intervenants de l'industrie forestière et avec les établissements d'enseignement dans le but de promouvoir, par des travaux de recherche et de développement, un aménagement et une utilisation plus rationnels des ressources forestières du Québec.

Au Québec, les activités de Forêts Canada portent sur la recherche dans les domaines des ressources forestières et de la protection des forêts, et sur le développement forestier. La plupart des travaux sont entrepris pour répondre aux besoins des divers organismes intéressés à l'aménagement forestier. Les résultats de ces travaux sont diffusés sous forme de rapports techniques et scientifiques ou autres publications, et de conférences.

LAURENTIAN FORESTRY CENTRE

The Laurentian Forestry Centre is one of six regional and two national establishments of Forestry Canada. The Centre cooperates with other government agencies, forest industry and educational institutions to promote through research and development the most efficient and rational management and use of Quebec's forests.

In Quebec, Forestry Canada's program consists of forest resources and protection research and forest development. Most research is undertaken in response to the needs of the various forest management agencies. The results of this research are distributed in the form of scientific and technical reports, other publications and conferences.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi
RÉSUMÉ	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCTION	1
Hypothèses de travail	2
But du travail	2
Généralités	3
Localisation	3
Climat	3
Géomorphologie	3
Végétation	4
Données historiques	4
MATÉRIEL ET MÉTHODES	4
RÉSULTATS ET DISCUSSION	6
Écologie des types forestiers de Saint-Anaclet	6
Pessière	6
Pessière à mousses	6
Pessière à litière	7
Pessière à éricacées	8
Cédrière	8
Peupleraie	10
Mélèzin à thuya	10
Écologie des types forestiers de Cabano	10
Pessière à thuya	11
Cédrière	12
Mélèzin à épinette noire	13
Mélèzin à thuya de l'Est	13

TABLE DES MATIÈRES (suite)

	Page
Fertilité des sols des massifs	14
Problématique des systèmes racinaires	15
Caractéristiques générales	15
Réitération	16
Accroissement en volume des trois principales essences	18
Établissement de l'accroissement en volume et des tarifs de cubage	18
Accroissement en volume des trois essences selon le massif	21
Accroissement en volume des types forestiers par essence	22
Épinette noire	22
Mélèze laricin	22
Thuya de l'Est	22
Croissance en hauteur	22
Croissance en hauteur de l'épinette noire par type forestier	23
Croissance en hauteur du mélèze laricin par type forestier	23
Croissance en hauteur du thuya de l'Est par type forestier	23
Croissance en hauteur des essences dans la pessière à litière et la pessière à mousses	24
Croissance en hauteur des essences dans la pessière à thuya	24
Croissance en hauteur des essences dans la cédrière	24
Croissance en hauteur des essences dans le mélèzin à thuya	24
 CONCLUSIONS	 24
 REMERCIEMENTS	 25
 OUVRAGES CONSULTÉS	 25
 ANNEXE	 29

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Caractéristiques dendrométriques des types forestiers de Saint-Anaclet . . .	7
Tableau 2. Variables physico-chimiques des sols, moyennes pour les types forestiers de Saint-Anaclet	9
Tableau 3. Caractéristiques dendrométriques des types forestiers de Cabano	11
Tableau 4. Variables physico-chimiques des sols, moyennes pour les types forestiers de Cabano	12
Tableau 5. Variables physico-chimiques des sols, comparaison des moyennes entre les massifs forestiers	14
Tableau 6. Caractéristiques générales des systèmes racinaires	16
Tableau 7. Mesures morphométriques des systèmes racinaires	17
Tableau 8. Coefficients des tarifs de cubage à simple entrée: $\text{vol} = \beta_1 \cdot (\text{dhp} + 1)^{\beta_2}$ et à deux entrées: $\text{vol} = \beta_3 \cdot (\text{dhp} + 1)^{\beta_4} \cdot h^{\beta_5}$ pour les principales essences . . .	19
Tableau 9. Principales statistiques des arbres mesurés	20
Tableau 10. Accroissement annuel en volume selon les essences et les classes de dhp; moyennes pour chaque massif boisé	21
Tableau 11. Accroissement annuel en volume selon les classes de dhp; moyennes pour chaque essence	22

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Accroissement annuel en volume de l'épinette noire selon le type forestier	31
Figure 2. Accroissement annuel en volume du mélèze laricin selon le type forestier	31
Figure 3. Accroissement annuel en volume du thuya de l'Est selon le type forestier	32
Figure 4. Croissance en hauteur de l'épinette noire selon le type forestier	32
Figure 5. Croissance en hauteur du mélèze laricin selon le type forestier	33
Figure 6. Croissance en hauteur du thuya de l'Est selon le type forestier	33
Figure 7. Croissance en hauteur des essences dans la pessière à litière	34
Figure 8. Croissance en hauteur des essences dans la pessière à mousses	34
Figure 9. Croissance en hauteur des essences dans la pessière à thuya	35
Figure 10. Croissance en hauteur des essences dans la cédrière	35
Figure 11. Croissance en hauteur des essences dans le mélèzin à thuya	36
Figure 12. Distribution diamétrale des tiges dans la pessière à litière	36
Figure 13. Distribution diamétrale des tiges dans la pessière à mousses	37

RÉSUMÉ

Le présent rapport présente les résultats de travaux dont l'objectif principal était d'analyser les conditions de croissance et de rendement des essences forestières dans les tourbières de Saint-Anaclet et de Cabano en vue d'y établir des parcelles expérimentales pour étudier l'effet du drainage sur la croissance et le développement des peuplements forestiers. Seules la pessière à mousses et la pessière à litière ont été retenues et ce, en tenant compte de l'importance spatiale de ces types forestiers, de l'homogénéité de leur structure et de la valeur du bois des essences.

Ces deux types de pessières ont été choisis en raison du fait que la distribution des tiges dans les parcelles rectangulaires de 20 par 15 m était normale, que ces peuplements étaient équiennes, entre 50 et 80 ans, que la croissance en hauteur de l'épinette noire était comparable à celle des pessières de classe II et IV des tables de Vézina et Linteau et que le rendement annuel en volume était de 3,4 m³/ha/an pour la pessière à litière et de 1,4 m³/ha/an pour la pessière à mousse. Ces résultats se comparent aux critères utilisés en Finlande qui donnent un rendement en volume annuel de 1,5 m³/ha/an ou plus pour qu'une tourbière soit drainée.

ABSTRACT

This report presents the findings of a research project, whose main objective was to analyze growth and yield conditions in the forest peatlands in Saint-Anaclet and Cabano for the purpose of establishing experimental plots to assess the effects of drainage on the growth and development of forest stands. We only selected the spruce-mosses and spruce-litter types because of the extensive areas covered by those forest types, the homogeneous structure of the stands involved, and the volume of the wood obtained from them.

This choice was based on the fact that distribution of stems in rectangular plots measuring 20 by 15 m were normal, that these are even-aged stands of 50 and 80 years, that height growth in black spruce was comparable with growth in site classes II and IV of Vézina and Linteau yield tables, and that the annual increment in volume was $3.4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$ in the spruce-litter type and $1.4 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{year}$ in the spruce-mosses type. These results were comparable to those criteria used in Finland: the annual yield of the stand should be $1.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ and more if the peatland will be drained.

INTRODUCTION

Au sud du 50^e parallèle, les tourbières représentent 6,3 p. 100 de la superficie forestière totale du Québec (Bolghari, 1985). Les forêts de ces tourbières, bien que potentiellement exploitables, ne sont pas toujours rentables commercialement dans leur état naturel. Cette faible productivité forestière est attribuable en grande partie au manque d'oxygène et au mauvais drainage des sols, ce qui a pour effet de limiter le développement et la croissance normale de plusieurs essences. Les systèmes racinaires se développent en surface dans les 10 à 20 premiers centimètres du sol (Strong et La Roi, 1983). Les arbres sont carencés en éléments nutritifs (Tilton, 1978), ont un faible taux de croissance (Boggie, 1977) et sont prédisposés au déracinement par le vent (Armstrong et collab., 1976).

Le drainage de tourbières boisées a été proposé et a servi de cadre conceptuel à de nombreuses études, directement et indirectement reliées à la problématique de la production ligneuse, tant en Europe (Heikurainen, 1964; Adams et collab., 1972; Boggie, 1972 et 1977; Savill, 1976; Coutts, 1982; Kollist et Valk, 1982; Valk, 1982; Braekke, 1983; Raid, 1983) qu'au Canada (Payandeh, 1973 et 1982; Stanek, 1977; Lieffers et Rothwell, 1986 et 1987).

Le drainage des tourbières boisées se pratique de manière extensive depuis plusieurs décennies. Cette pratique se rencontre surtout en Finlande et en Union Soviétique (Kollist, 1982; Seppälä, 1986). L'objectif essentiel de ce drainage est d'améliorer les conditions d'aération du sol et de stimuler la croissance des arbres (Heikurainen, 1964; Löhmus, 1983). En effet, le drainage permet d'améliorer le site-index et d'augmenter le taux de boisement et le volume marchand des peuplements (Kollist, 1982; Sobik, 1982; Chindyaev, 1986). Dans le cas spécifique du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) situé sur de bons sites drainés, la croissance radiale semble refléter l'effet cumulatif de la température et des précipitations de l'année précédente (Joensuu, 1984). Cependant, à cause des coûts très élevés du drainage, il est fondamental d'évaluer plusieurs aspects du site tels que: le type de tourbière à drainer, l'état du peuplement, sa composition, sa capacité de réaction au traitement, son rendement actuel en bois, etc. Ces évaluations éviteraient, par exemple, le drainage de tourbières ombrotrophes (Vasander, 1982; Seppälä, 1986).

Au Canada et au Québec, les données sur la production ligneuse des tourbières drainées sont plutôt rares (Trottier, 1986; Hillman, 1987). Les travaux réalisés dans les pessières noires, par exemple, indiquent qu'il s'est produit une amélioration du site-index et de la production en volume (Hillman, 1987). Cependant, d'autres travaux (Payandeh, 1982) signalent des résultats mitigés quant à l'effet du drainage sur la production en volume de l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] BSP).

Hypothèses de travail

Un abaissement de la nappe phréatique pourrait amener les systèmes racinaires à se développer plus en profondeur (Boggie, 1972). En modifiant la productivité et/ou la composition de la strate herbacée, il est possible d'envisager un ralentissement dans l'accumulation de la matière organique et une réactivation des processus de décomposition et de minéralisation. Dans de telles conditions, la remise en circulation active des éléments nutritifs associés à l'exploitation accrue des divers horizons du sol pourrait favoriser le développement et la croissance racinaire, ainsi qu'éventuellement la productivité des parties aériennes. Toutefois, rien ne permet d'affirmer que le drainage puisse avoir cet effet. Il est possible d'envisager un autre scénario moins positif mais tout aussi réaliste:

- 1) Le drainage pourrait stimuler un développement racinaire plagiotrope plus intense (Savill, 1976). Les probabilités de compétition pourraient être plus fortes, le tout étant fonction de la densité du peuplement;
- 2) La réactivation d'un processus efficace de décomposition et de minéralisation pourrait demander de nombreuses années, si l'on considère les périodes très courtes d'activité possible sous nos latitudes;
- 3) Le dégel du sol pourrait être retardé par un abaissement de la nappe phréatique. La conductivité thermique du milieu étant diminuée (Liefers et Rothwell, 1986), la relation avec le point 2 devient évidente.

Ces quelques points traduisent la complexité de la problématique et démontrent la nécessité de réaliser des études approfondies avant d'entreprendre l'étape d'exploitation rentable de ces zones forestières. Les tourbières de Saint-Anaclet et de Cabano ont été drainées en 1986 et les données techniques concernant ces opérations de drainage sont disponibles aux bureaux de Forêts Canada, Région du Québec, à Rimouski.

But du travail

Dans un premier temps, l'étude vise à déterminer les unités spatiales homogènes d'après la structure et la composition des peuplements forestiers. L'évaluation du rendement en volume et de la croissance en hauteur pour les principales essences a été réalisée afin de choisir les types forestiers les plus productifs. Dans un deuxième temps, l'étude projette l'établissement de parcelles permanentes où, pendant cinq ans, on effectuera la prise de mesures écologiques et dendrométriques dans les types forestiers retenus. Ces données seront

utilisées pour évaluer l'effet d'un abaissement de la nappe phréatique sur la croissance et la composition de la forêt, deux aspects qui sont influencés par le réseau de drainage.

Généralités

Localisation

La tourbière de Saint-Anaclet est située dans la région immédiate de Rimouski, à une latitude nord de 48°30' et à 68°20' de longitude ouest. L'altitude varie de 25 à 30 m et sa partie drainée couvre une superficie de 183 ha touchant 17 lots privés.

La tourbière de Cabano se situe à 47°40' de latitude nord et à 68°15' de longitude ouest; son altitude est d'environ 235 m. La superficie drainée du site représente quelque 73 ha et regroupe 11 lots privés.

Climat

Les deux tourbières se ressemblent en ce qui a trait à leurs macroclimats respectifs. En effet, selon l'Atlas climatique du Québec du Service météorologique du Canada, la moyenne des précipitations est de 1 000 mm dont 300 mm sont en neige. La température moyenne annuelle se situe autour de 2,5°C et la durée annuelle moyenne de la saison de croissance varie de 160 à 170 jours. Cependant, la tourbière de Saint-Anaclet fait partie de la bordure littorale du Saint-Laurent subissant ainsi l'effet de la proximité de la mer. L'amplitude annuelle de la température y est donc moindre, les hivers plus doux, le réchauffement printanier tardif et les étés moins chauds. La probabilité de brouillard y est également plus élevée. Quant au site de Cabano, la longueur de la période moyenne sans gel est plus courte qu'à Saint-Anaclet. Le climat des deux sites est de type tempéré continental, mais légèrement plus frais dans le cas de Cabano.

Géomorphologie

Un dépôt organique d'épaisseur variable, résultant de l'entourbement des dépressions glaciaires, recouvre les deux sites. La tourbe, généralement saturée d'eau, est formée des macrorestes en couches avec une très forte proportion de débris ligneux. La matrice est brun foncé avec une structure amorphe. À Saint-Anaclet, le dépôt organique, d'une épaisseur variant de moins de 50 cm à plus de 2 m, repose sur un dépôt marin argileux ou sur un dépôt de plages gravelo-sableux. À Cabano, le dépôt organique est d'une épaisseur variable, entre 0 et plus de 2 m. Cependant, presque la moitié de la surface du site a une épaisseur de couche organique inférieure à 50 cm. Le dépôt organique repose soit sur les loams limono-argileux d'origine glacio-lacustre soit sur les loams ou les sables fluvio-glaciaires.

Végétation

Les types forestiers des deux tourbières sont situés dans le domaine phytogéographique de la sapinière à bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton) de la région écologique du Lac Matapédia et Gaspésie de Thibault et Hotte (1987). Cependant, il s'agit en fait de groupements conifériens édaphiques conditionnés par l'excès d'eau dans le sol.

Données historiques

La colonisation de la région de Saint-Anaclet a commencé au début du siècle dernier. La pression sur la forêt a débuté par un défrichement massif des meilleures terres agricoles, et la pratique de l'agriculture s'est effectuée sur une base d'autarcie familiale. La recherche d'autres sources de revenu pour les familles a favorisé une meilleure organisation des activités d'exploitation forestière et de transformation du bois. L'implantation des premières scieries dans cette région remonte aux années 1850. La forêt du site expérimental fut marquée par la construction du chemin de fer Intercolonial au début des années 1870, mais surtout par le feu de 1901. La date de ce feu est confirmée par la présence de charbon de bois dans les profils de sols et coïncide avec l'âge de la forêt. De plus, la présence de vers de terre indique que certaines parties du site qui sont aujourd'hui boisées furent utilisées dans le passé pour des fins agricoles.

Quant au site de Cabano, selon le témoignage de M. Carron de Cabano, la forêt d'épinettes noires et d'épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss) a été coupée pendant l'hiver 1927 par la compagnie Guérette de Rivière-Bleue pour le bois de sciage. Pour juger de la dimension des arbres qui ont fait l'objet de cette coupe, on précise qu'il était possible de façonner 4 billes de 16 pieds dans un seul arbre coupé et qu'à partir de 13 billes sciées la compagnie pouvait produire près de 1 000 pmp. Selon le même témoin, il y a eu un feu de forêt en 1935 qui, en plus de ravager la forêt feuillue environnante, a également ravagé la forêt du site d'étude. Cette information a été confirmée par la présence de charbon de bois dans le sol.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Durant l'été 1987, l'inventaire dendrométrique et floristique a été réalisé par un échantillonnage systématique dans des placettes circulaires de 40 m². Au total, 91 placettes furent établies à Saint-Anaclet et 40 à Cabano. Le but de cet inventaire était d'évaluer l'homogénéité des peuplements forestiers et d'en identifier les peuplements caractéristiques d'une ou de deux essences. Le relevé des principales informations écologiques et le prélèvement de différents échantillons ont été effectués, dès la fin de l'été, dans ces peuplements.

L'inventaire dendrométrique a été réalisé par le dénombrement de toutes les tiges situées dans la parcelle, en utilisant des classes de diamètre à hauteur de poitrine (dhp) de 2 cm. Il a servi au calcul de la surface terrière des différentes essences. L'inventaire floristique des strates inférieures a été effectué au moyen de la méthode des segments (Godron, M. 1971. Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. Thèse non publiée. Université de Montpellier, France). En utilisant un segment de 50 cm, on a observé la fréquence d'apparition des différentes espèces. Quant à la méthode d'analyse, l'utilisation des profils de fréquences pondérées (Daget et Godron, 1982) a permis d'établir les espèces caractéristiques des types forestiers.

Ainsi, à Saint-Anaclet, il a été possible d'identifier et de localiser 29 parcelles dans la pessière noire, 13 dans la cédrière, 5 dans le mélézin et 4 dans la peupleraie. À Cabano, nous avons localisé 12 parcelles dans la cédrière, 9 dans le mélézin et 9 dans la pessière noire. Dans ces parcelles (47 à Saint-Anaclet et 23 à Cabano), l'accroissement radial de toutes les tiges marchandes (491 à Saint-Anaclet et 262 à Cabano) a été mesuré systématiquement sur des carottes extraites avec une tarière de Pressler. À partir de ces données, l'accroissement annuel en volume a été établi par la méthode des différences de tarifs. Pour en comparer le rendement, le test des comparaisons multiples de l'analyse de variance a été utilisé. Enfin, nous avons terminé l'inventaire dendrométrique par l'analyse de tige des arbres dominants qui ne présentaient aucun défaut visible. Au total, 81 tiges ont été analysées, dont 63 à Saint-Anaclet (MEL 12, EPN 38, THØ 8, BØP 2, PIG 1, SAB 2) et 18 à Cabano (MEL 9, EPN 6, THØ 1, SAB 2). Rappelons que pour l'analyse de tige, nous avons suivi la méthodologie décrite dans un travail récent (Zarnovican, 1985).

Les systèmes racinaires de 2 épinettes noires, 2 thuyas de l'Est (*Thuja occidentalis* L.), 1 mélèze laricin (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch) et 1 sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) ont été déterrés manuellement et partiellement coupés. Les racines ont été numérotées et l'orientation spatiale a été fixée sur un plan. La profondeur de l'enracinement, le diamètre au collet, à mi-longueur et à l'extrémité de la coupe, ainsi que la distance à partir du pivot des racines de 2^e et 3^e ordre ont été notés. Les mesures de diamètre ont été reproduites orthogonalement. Les racines de soutien et de transport ont été classifiées qualitativement selon le caractère aplati ou arrondi de chacune. La position des racines selon un plan vertical, horizontal ou oblique a également été notée. Enfin, les travaux de terrain ont été complétés par les relevés pédologiques (16 relevés à Saint-Anaclet et 15 à Cabano) et par l'échantillonnage des horizons organiques. Nous avons suivi la méthodologie de la Commission canadienne de pédologie pour la prise de données sur le terrain, ainsi que pour les travaux d'analyse au laboratoire. Les échantillons ont été analysés au laboratoire des sols du Centre de foresterie des Laurentides (CFL). Pour comparer la fertilité des massifs, un test de comparaisons multiples de l'analyse de variance a été utilisé.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Sur la base d'une très forte corrélation entre la fertilité des tourbières boisées, les types forestiers et la composition des strates inférieures (Veijalainen, 1984; Grandtner, 1985; Schneider, H. 1985. Classement des pessières et mélèzins sur sol organique du Québec pour le drainage forestier. Rapport non publié, Fédération des producteurs de bois du Québec, Longueuil, QC), nous avons choisi le type forestier à titre d'unité de comparaison pour les caractéristiques écologiques et dendrométriques. Il convient de souligner que le type forestier a été défini à partir de la composition de la strate arborescente et des strates inférieures.

Écologie des types forestiers de Saint-Anaclet

D'après la composition arborescente de 47 relevés, 4 types forestiers ont été établis, soit pessière (25 relevés), cédrière (15 relevés), peupleraie (3 relevés) et mélèze à thuya (4 relevés).

Pessière

La pessière est une forêt résineuse unistrate dominée par l'épinette noire avec la présence sporadique du mélèze, du sapin et du thuya. D'après la composition floristique des strates inférieures, fortement influencée par la densité du peuplement, les 25 pessières étudiées se divisent en trois groupes principaux:

Pessière à mousses

La pessière à mousses est une forêt résineuse de densité moyenne. Les valeurs moyennes de la hauteur, du dhp et de la surface terrière sont respectivement de 11,2 m, 9,5 cm et 19 dm² (tableau 1).

Les synusies inférieures y sont réduites à la seule strate muscinale, représentée principalement par *Pleurozium schreberi*, auquel s'ajoutent *Ptilium crista-castrensis* et *Dicranum polysetum*. Notons enfin la présence sporadique de *Cornus canadensis*, de *Sphagnum russovii* et de *Nemopanthus mucronata*.

La pessière à mousses est caractérisée par un mésisol typique ou fibrique. La couche fibrique (15 à 25 cm) de l'étage supérieur est formée de mousses en surface et d'une couche sous-jacente de sphaignes ayant une structure fibreuse bien conservée. Au moment du relevé, la couche fibrique était sèche ou fraîche. Elle se distingue de la couche mésique par une limite distincte et régulière qui correspond généralement aux traces de charbon de bois. L'étage intermédiaire est généralement formé de couches mésiques. D'une épaisseur

Tableau 1. Caractéristiques dendrométriques des types forestiers de Saint-Anaclet

Type forestier	Nombre de parcelles*	Dhp (cm)	Hauteur (m)	Nombre de tiges	Surface terrière (dm ²)
Pessière litière	4	9,4	11,7	28	18,3
Pessière à mousses	17	9,5	11,2	27	19,0
Pessière à éricacées	4	5,8	8,0	42	10,7
Cèdrière	15	15,5	13,3	23	33,1
Mélèzin à thuya	4	16,5	18,8	15	31,4
Peupleraie	3	14,2	16,8	20	30,0

Les mesures indiquent la moyenne; * une parcelle: 40 m²

supérieure à 50 cm, le matériel de l'étage intermédiaire a une structure amorphe. Il est formé des macrorestes ligneux, quelquefois de carex et de sphaignes. Au moment du relevé, cette couche était saturée d'eau, et la nappe phréatique avait une profondeur supérieure à 80 cm. L'enracinement des arbres était superficiel, avec la présence d'étagement dans le système racinaire, sans doute à cause de la croissance rapide des mousses et des sphaignes. Le régime nutritif du groupement (tableau 2) semble être à mi-chemin entre la pessière à litière et la pessière à éricacées.

Pessière à litière

La pessière à litière est une forêt dense formée de deux strates arborescentes: une strate supérieure d'épinette noire et de mélèze et une strate inférieure de thuya. La couverture arborescente empêche la pénétration de la lumière en sous-bois, limitant ainsi l'installation et la croissance des espèces des synusies inférieures. On peut y noter la présence très sporadique de *Clintonia borealis* et de *Coptis groenlandica*. Le dhp moyen du peuplement est de 9,4 cm et la hauteur moyenne de 11,7 m. Enfin, il y a en moyenne 28 tiges par parcelle avec une surface terrière de 18,3 dm² (tableau 1).

Le sol de ce type forestier ressemble à celui de la pessière à mousses. La différence réside dans l'apparition d'une couche fibrique de surface formée des aiguilles, brindilles et feuilles. Cette couche était très sèche, voire même poussiéreuse, au moment du relevé. La

profondeur moyenne de l'enracinement est de 17 cm (tableau 2) et la profondeur de la nappe phréatique était supérieure à 80 cm lors du relevé. Les données sur le régime nutritif de la couche d'enracinement (tableau 2) indiquent que le sol est acide et faiblement saturé en bases. Toutefois, le sol de la pessière à litière semble être plus riche en éléments nutritifs que le sol de la pessière à mousses et celui de la pessière à éricacées.

Pessière à éricacées

Ce groupement se présente comme une lande boisée d'épinettes noires qui est dense (en moyenne 42 tiges par parcelle), mais de faible diamètre. Le dhp moyen du peuplement est de 5,8 cm, la hauteur moyenne de 8 m et la surface terrière de 10,7 dm² (tableau 1). Les strates inférieures sont caractérisées par l'abondance et par la constance de *Vaccinium angustifolium*, *Kalmia angustifolia* et *Ledum groenlandicum*.

Le sol de ce sous-groupe est un mésisol typique ou fibrique, caractérisé par la présence d'une couche fibrique de 20 à 30 cm d'épaisseur. Humide sans être saturée d'eau, cette couche très faiblement décomposée a une très forte densité racinaire et est constituée de sphaignes et d'éricacées. Ceci confirme aussi le rapport $C_{\text{humique}}/C_{\text{fulvique}}$ (égal à 1,08). La couche fibrique se distingue nettement de la couche mésique par la présence de charbons de bois à sa limite inférieure. D'une épaisseur supérieure à 40 cm, la couche mésique est surtout constituée de macrorestes ligneux. D'une structure amorphe contenant des morceaux de troncs d'arbres, elle est en général saturée d'eau. Au moment du relevé, la profondeur de la nappe phréatique était supérieure à 80 cm. L'enracinement des essences est superficiel, n'excédant pas les 15 premiers centimètres, et le régime nutritif de la pessière à éricacées (tableau 2) semble être le plus pauvre des groupements de Saint-Anaclet.

Cédrière

La cédrière se présente comme une forêt résineuse de cèdre souvent pure ou accompagnée de mélèze, de sapin baumier, de bouleau blanc ou d'épinette noire. La densité des peuplements est très variable, de 8 à 61 tiges par parcelle, selon l'âge du peuplement. Lorsque le thuya est accompagné de mélèze laricin, les peuplements sont plus denses. La strate arborescente supérieure est plus ouverte et formée de mélèze, tandis que la strate inférieure est plus dense et composée de thuya. La différence dans la dominance des deux essences est encore mieux exprimée par la hauteur relative moyenne de la parcelle. En effet, elle est de 1,34 pour le mélèze et de 0,97 pour le thuya. La surface terrière de ce groupement varie de 21 à 44 dm², la moyenne étant de 33 dm².

La couverture des strates herbacée et muscinale varie beaucoup et dans les peuplements denses où on observe seulement de la litière et quelques mousses (*Hylocomium splendens* et

Hylocomium umbratum). Avec l'ouverture du peuplement, on peut remarquer l'apparition de certaines plantes herbacées caractéristiques de la cédrière. Les plus abondantes sont *Mitella nuda*, *Viola incognita* et *Rubus pubescens*.

La cédrière repose sur un humisol fibrique qui a un horizon minéral d'environ 80 cm de profondeur. Le profil est composé d'une couche fibrique sèche (15 cm) formée surtout de litière forestière, à laquelle succède une couche humique (50 à 60 cm) formée des macrorestes ligneux. Elle est d'abord fraîche, humide et finalement saturée d'eau. La nappe phréatique n'a pas été détectée lors du relevé. La profondeur de l'enracinement s'étend au-delà de la couche fibrique pour atteindre en moyenne 24 cm d'épaisseur. À l'examen des racines, on peut observer la présence de la réitération. Le régime nutritif est nettement supérieur à celui des pessières si l'on compare le pH, le rapport C/N et le taux de saturation en bases (tableau 2). Cependant, la vitesse de décomposition de la matière organique est pratiquement la même que celle retrouvée dans la pessière à litière.

Tableau 2. Variables physico-chimiques des sols, moyennes pour les types forestiers de Saint-Anaclet

Type forestier	Profondeur de l'enracinement (cm)	pH (CaCl ₂)	Rapport C/N	Saturation en bases (%)	C.E.C.	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	P disponible (ppm)	Rapport C _h /C _f
						(méq/100 g)				
Pessière à litière (Échant.: 2)	17	3,0	32,1	29,8	168,1	37,6	1,16	9,9	12	1,69
Pessière à mousse (Échant.: 6)	18	2,6	45,2	17,5	145,6	14,9	1,73	7,1	12,7	1,29
Pessière à éricacées (Échant.: 4)	14	2,6	50,4	18,0	171,6	18,7	1,20	8,8	12,8	1,08
Cédrière (Échant.: 2)	24	4,3	19,8	67,0	169,4	100,7	0,68	12,0	7,0	1,70
Peupleraie (Échant.: 2)	38	4,7	20,8	83,0	176,6	130,1	0,24	15,0	6,0	2,57

Peupleraie

La peupleraie est le seul type forestier feuillu de la tourbière de Saint-Anaclet. Sur le dépôt organique, elle a une densité moyenne de 20 tiges par parcelle, une hauteur moyenne de 17 m et une surface terrière moyenne de 30 dm². Étant une formation arborescente de transition, la peupleraie est en général pluristrate. Le peuplier baumier et le tremble forment la strate dominante, tandis que les strates arborescentes inférieures sont composées d'épinette noire, de sapin baumier ou de cèdre. Les synusies inférieures sont abondantes, principalement les strates arbustive et herbacée, et la strate muscinale est pratiquement absente. Pour la strate arbustive, signalons la présence de *Cornus stolonifera* et de *Rubus idaeus*. Quant à la strate herbacée, les espèces les plus abondantes sont *Ribes lacustre*, *Rubus pubescens*, *Aster accuminatus*, *Eupatorium maculatum*, *Mitella nuda* et *Galium triflorum*.

Le sol de la peupleraie est un humisol typique profond avec une couche de surface de 2 à 3 cm formée de litière forestière (feuilles et brindilles). Le matériau des étages supérieur et intermédiaire est bien décomposé et frais. La présence de grumeaux dans les 35 premiers centimètres résulte de l'activité des vers de terre. La structure restante du profil est amorphe et saturée d'eau; elle contient des morceaux de troncs d'arbres. La profondeur de l'enracinement des arbres dépasse 40 cm. Le régime nutritif du profil est riche (tableau 2) et caractérisé par une bonne décomposition de la matière organique comme l'indique le rapport $C_{\text{humique}}/C_{\text{fulvique}}$ (égal à 2,57).

Mélèzin à thuya

Sur le plan écologique, le mélèzin à thuya n'est qu'une variante de la cédrière et nous avons considéré ce groupement seulement pour l'étude dendrométrique. Le nombre de tiges varie de 12 à 19 par parcelle, la hauteur moyenne du mélèzin est de 19 m et la surface terrière, formée principalement de mélèze, est de 25 à 37 dm². Signalons en outre les dommages importants causés aux mélèzes par le porc-épic.

Écologie des types forestiers de Cabano

Dans ce massif, quatre types forestiers ont été définis, soit la pessière à thuya (8 parcelles), la cédrière (3 parcelles), le mélèzin à épinette noire (4 parcelles) et le mélèzin à thuya (8 parcelles). Les caractéristiques dendrométriques du massif sont résumées au tableau 3 et les données physico-chimiques des sols du massif sont au tableau 4. Pour la végétation du massif, mentionnons que les synusies inférieures sont caractérisées par la présence des éléments communs, comme *Carex trisperma*, *Hylocomium splendens*, *Linnaea borealis*, *Mitella nuda*, *Rubus pubescens*, *Pleurozium schreberi* et *Sphagnum russowii*.

Pessière à thuya

La pessière à thuya est une forêt résineuse avec un nombre de tiges variant de 20 à 44 par parcelle. La strate arborescente supérieure est dominée par l'épinette noire, dont la hauteur moyenne est de 14,5 m, le dhp moyen de 15 cm et la hauteur relative moyenne de 1,15 m. La strate arborescente inférieure est formée de thuya ayant une hauteur moyenne de 8,7 m, un dhp moyen de 13,7 cm et une hauteur relative de 0,87 m. La surface terrière des parcelles varie de 15 à 30 dm², avec une moyenne de 24 dm² (tableau 3). En plus des éléments communs du massif, signalons la présence de quelques espèces préférentielles comme *Vaccinium angustifolium*, *Maianthemum canadense* et *Kalmia angustifolia*. Le sol de la pessière à thuya est un humisol typique.

L'épaisseur du dépôt organique est supérieure à 1 m. Le profil est formé en surface d'une couche mince de litière (aiguilles et mousses) à laquelle succède dans l'étage supérieur une couche fibrique de 15 à 20 cm d'épaisseur. Cette couche est humide sans être saturée d'eau, et est constituée de racines et de mousses. Le reste du profil est formé d'une couche humique sans structure, bien décomposée et saturée d'eau avec beaucoup de matériaux ligneux.

Les caractéristiques physico-chimiques de la rhysosphère (tableau 4) indiquent une profondeur moyenne d'enracinement de 22 cm. Confirmé par le rapport C/N élevé (33,2) et le taux moyen de saturation en bases, le pH de 3,74 est le plus bas du massif.

Tableau 3. Caractéristiques dendrométriques des types forestiers de Cabano

Type forestier	Nombre de parcelles*	Dhp (cm)	Hauteur (m)	Nombre de tiges	Surface terrière (dm ²)
Pessière à thuya	8	9,8	14,1	34	23,8
Cédrière	3	11,8	10,3	25	26,5
Mélèzin à épinette	4	10,9	14,6	29	26,2
Mélèzin à thuya	8	11,3	14,3	28	24,7

Les mesures indiquent la moyenne, * une parcelle: 40 m²

Cédrière

Dominée par le thuya, la cédrière est une forêt unistrate et dense. La hauteur moyenne des peuplements est de 11 m, le dhp moyen de 11 cm et la surface terrière moyenne de la parcelle de 25 dm² (tableau 3). Les synusies inférieures sont représentées par une strate arbustive très clairsemée et formée de *Cornus stolonifera*, *Sorbus decora* et de *Thuja occidentalis*. À cette strate s'ajoute une strate herbacée ayant un recouvrement inférieur à 20 % et formée de *Carex trisperma*, *Maianthemum canadense*, *Monesses uniflora* et *Mitelle nuda*. Finalement, une strate muscinale importante dans laquelle on a un recouvrement supérieur à 60 %, constituée de *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Sphagnum wulfianum*. Le sol de la cédrière est un humisol typique ou terrique. Dans le cas d'un humisol typique, le profil est constitué d'une mince couche de litière, d'une couche fibrique de 15 à 20 cm et d'une couche humide de plus de 80 cm. La couche fibrique est humide et formée de mousses, de carex et de sphaignes avec une structure fibreuse.

La couche humique est bien décomposée avec beaucoup de macrorestes ligneux. La profondeur de la nappe phréatique se situe autour de 50 cm. Dans le cas d'un humisol terrique, le profil diffère de celui d'un humisol typique par la présence de sol minéral aux environs de 30 à 40 cm. Selon les données du régime nutritif (tableau 4), la profondeur de l'enracinement ne dépasse pas 30 cm. C'est un sol au pH neutre et riche en bases échangeables (surtout en calcium). Son rapport C_h/C_f indique une décomposition assez rapide de la matière organique.

Tableau 4. Variables physico-chimiques des sols, moyennes pour les types forestiers de Cabano.

Type forestier	Profondeur de l'enracinement (cm)	pH (CaCl ₂)	Rapport C/N	Saturation en bases (%)	C.E.C.	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	P disponible (ppm)	Rapport C _h /C _f
						(méq/100 g)				
Pessière à thuya (Échant.: 2)	22	3,74	33,2	47,7	192,3	81,0	0,12	9,1	10,5	1,76
Cédrière (Échant.: 3)	30	5,02	25,5	75,2	191,6	134,3	0,32	8,1	6,7	2,05
Mélèzin à épinette noire (Échant.: 3)	25	4,09	31,9	54,5	195,6	95,0	0,40	10,3	15,3	2,50
Mélèzin à thuya (Échant.: 7)	30	4,61	30,8	72,9	208,3	140,5	0,11	9,8	9,1	2,18

Mélèzin à épinette noire

Le mélèzin à épinette noire est une forêt dense, dont la strate arborescente est formée par le mélèze laricin (hauteur moyenne: 13,6 m) et l'épinette noire (hauteur moyenne: 10,2 m). La surface terrière moyenne d'une parcelle est de 26,2 dm² et le nombre de tiges varie de 20 à 40 par parcelle (tableau 3). La couverture des synusies inférieures varie selon la densité du peuplement. Signalons cependant quelques espèces caractéristiques des strates herbacée et muscinale, comme *Coptis groenlandica*, *Chiogenes hispidula*, *Cornus canadensis* et *Pleurozium schreberi*.

Le sol du mélèzin à épinette noire est un humisol typique et profond. La couche fibrique, d'une épaisseur d'environ 15 cm, est constituée de mousses sèches ou fraîches. La couche humique est bien décomposée et saturée d'eau; on y observe beaucoup de macrorestes ligneux. La nappe phréatique n'a pas été détectée lors du relevé. La profondeur de l'enracinement est d'environ 25 cm; le pH du sol est dysique (pH < 4,5). Quant aux autres caractéristiques (tableau 4), il existe une nette ressemblance entre ce groupement et la pessière à thuya.

Mélèzin à thuya de l'Est

Ce groupement se présente comme une forêt à densité variable, avec la même structure verticale que le mélèzin à épinette noire. La strate arborescente supérieure est dominée par le mélèze laricin (hauteur moyenne: 14 m), tandis que le thuya de l'Est forme la strate arborescente inférieure (hauteur moyenne: 8,7 m). Le nombre de tiges par parcelle varie entre 17 et 43 avec une moyenne de 28 tiges par parcelle. La surface terrière moyenne des parcelles est de 25 dm² (tableau 3).

La composition et le recouvrement des strates inférieures varient en fonction de la densité du peuplement. Pour les parcelles denses, on peut signaler la présence soit de la litière, soit des mousses comme *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens*, tandis que dans les parcelles plus ouvertes, on peut noter la présence des espèces communes du massif, comme *Mitella nuda*, *Rubus pubescens* et *Carex trisperma* entre autres.

Le sol du groupement est un humisol typique et profond. Le profil du sol est constitué d'une couche mince de litière de 1 à 3 cm, d'une couche fibrique plus fraîche de 15 à 25 cm dérivée des mousses et, finalement, d'une couche humide amorphe comprenant des matériaux ligneux. La couche humique est humide ou encore saturée d'eau. La nappe phréatique n'était pas constamment présente et elle se situait autour de 70 cm dans le profil. L'épaisseur moyenne d'enracinement est de 30 cm, donc semblable à celle de la cédrière. La couche d'enracinement du mélèzin à thuya de l'Est a une réaction euique (pH > 4,5). Elle est riche en bases et semblable en caractère à la cédrière (tableau 4).

Fertilité des sols des massifs

La comparaison des caractéristiques physico-chimiques des sols des deux massifs a été réalisée à l'aide d'une analyse de variance. Des résultats du test des comparaisons multiples ainsi que des principales variables se trouvent dans le tableau 5.

Tableau 5. Variables physico-chimiques des sols, comparaison des moyennes entre les massifs forestiers

	Massif forestier	
	Saint-Anaclet	Cabano
Nombre d'échantillons	16	15
Variable		
Profondeur de l'enracinement (cm)	23,0	29,0
pH (CaCl ₂)	3,1	4,5
Rapport C/N	38,5	30,3
Saturation en bases (%)	33,5	66,3
C.E.C. (méq/100g)	161,8	200,3
Ca ⁺⁺ (méq/100g)	44,1	122,3
K ⁺ (méq/100g)	1,1	0,2
Mg ⁺⁺ (méq/100g)	9,5 ^a	9,5
P disponible (ppm)	10,4	10,1
Rapport C _{humique} /C _{fulvique}	1,59	2,17

^a ____ = Paires de valeurs sans différence significative au seuil de 5 %.

On peut y noter des différences statistiquement significatives lorsqu'on compare le régime nutritif des deux massifs, hormis le magnésium et le phosphore. Les données du tableau démontrent que les sols du massif de Cabano sont plus riches en bases échangeables avec un calcium nettement dominant et très abondant. Ils sont moins acides et possèdent une plus grande profondeur d'enracinement des arbres. Le taux plus élevé d'humification (le rapport C_{humique}/C_{fulvique} égale 2,17) dans les sols de Cabano assure aussi une plus grande capacité d'échange. La position sur la pente du massif et la présence du seepage permettraient de classer cette tourbière comme un fen eutrophe boisé, par rapport à la tourbière oligotrophe des pessières de Saint-Anaclet.

Problématique des systèmes racinaires

Caractéristiques générales

Les racines des essences étudiées ont été orientées sur un plan horizontal à l'exception du thuya de l'Est (1) dont le tiers environ (y compris le pivot central) a été orienté sur un plan oblique résultant vraisemblablement d'une action mécanique (vent, poids de la neige ou autre). On peut séparer les systèmes racinaires analysés (tableau 6) en deux groupes selon le nombre total de racines et la profondeur de l'enracinement. Le premier groupe (EPN (1) et THØ (1)) présente un enracinement plus profond pour les horizons organiques relativement secs, mais différents en composition chimique.

Les systèmes se caractérisent par un étagement et une distribution continue des racines le long du pivot central, ce qui mène à une stratégie de développement orthotrope (Kahn, 1975). L'orientation spatiale des racines assure un équilibre statique, malgré l'épaisseur relativement réduite des racines de soutien (tableau 7). La distribution circulaire des racines autour du pivot suggère un partage de la niche alimentaire sur un plan vertical, prévenant ainsi l'exploitation d'une même région du sol (Henderson et collab., 1983). Les échantillons du second groupe proviennent de sols très semblables en composition chimique. Les systèmes se développent dans les 10 à 20 premiers centimètres de profondeur de l'horizon Of qui est généralement sec et poussiéreux. Bien que la nappe phréatique de la parcelle 4.2 soit localisée à plus d'un mètre de profondeur, le système racinaire du sapin baumier (SAB (1)) provenant de celle-ci se développe en surface suivant un modèle plagiotrope, contrairement à un modèle plus orthotrope proposé par Strong et La Roi (1983). Vartanian (1975) mentionne que les effets de la sécheresse ou de l'humidité excessive du sol ont pour effet de limiter la croissance du pivot et de stimuler, en contrepartie, la rhizogénèse des racines latérales. Dans le cas présent, le sapin possède un faible pourcentage de racines de gros calibre (tableau 6), ce qui, proportionnellement, pourrait être attribué à un système plus jeune (assumant une relation entre l'âge et le diamètre au collet du pivot, D_c). Par ailleurs, le rapport C/N élevé de la pessière à mousses indique une faible minéralisation. Ceci suggère une carence accrue en éléments nutritifs qui pourrait être reliée aux proportions élevées de racines fines et petites du sapin baumier. L'épinette noire (EPN (2)), le mélèze laricin (MEL (1)) et le thuya de l'Est (THØ (2)) sont caractérisés par des systèmes racinaires à développement plagiotrope résultant de l'engorgement en eau des horizons sous-jacents. Les racines du MEL (1) et de l'EPN (2) sont particulièrement fortes et étendues, tel qu'indiqué par les proportions relativement élevées de racines de gros calibre (tableau 6), de la longueur et du diamètre au collet des racines de transport et de soutien (tableau 7). D'un point de vue statique, ces résultats amènent un développement des systèmes relativement stable et puissant.

Tableau 6. Caractéristiques générales des systèmes racinaires

Espèce et type forestier	Prof. (cm)	N1	N2	N3	f	p	m	g	tg
EPN(1) Pessière à mousses	39	40	22	0	29,0	33,9	25,8	8,1	3,2
EPN(2) Pessière à litière	25	6	7	3	25,0	18,8	25,0	6,2	25,0
THØ(1) Mélèzin à thuya	42	53	30	1	26,5	38,6	25,3	8,4	1,2
THØ(2) Pessière à litière	23	11	14	0	28,0	32,0	28,0	4,0	8,0
SAB(1) Pessière à mousses	21	19	9	2	36,7	36,7	20,0	3,3	3,3
MEL(1) Pessière à litière	22	18	9	7	29,4	29,4	11,8	11,6	11,8

Prof = Profondeur maximale d'enracinement
 N1 = Nombre de racines de premier ordre
 N2 = Nombre de racines de deuxième ordre
 N3 = Nombre de racines de troisième ordre
 f = Racines fines (diamètre au collet de 0 à 5 mm)
 p = Racines petites (de 5 à 10 mm)
 m = Racines moyennes (de 10 à 20 mm)
 g = Racines grosses (de 20 à 30 mm)
 tg = Racines très grosses (30 mm et plus)

Ce type de développement est susceptible de compenser pour un ancrage en profondeur, virtuellement impossible à atteindre dans ce type de milieu, vu les conditions probables d'anaérobie et le niveau de la nappe phréatique (Liefvers et Rothwell, 1986).

Réitération

Oldeman (1974) définit la réitération comme étant «l'apparition d'axes latéraux traduisant des séquences de différenciation mises en place lors de la réalisation du modèle». Il s'agit, par conséquent, d'un phénomène anachronique qui modifie le modèle original du

Tableau 7. Mesures morphométriques des systèmes racinaires

Espèce	Dc*	Dml*	Df*	L*	Dsc*	Dsml*	Dsf*	Ls*	Dcp
	(mm)			(cm)	(mm)			(cm)	(mm)
EPN (1)	9,1 (4,7)	6,2 (2,9)	4,2 (1,9)	20,8 (15,6)	28,2 (3,9)	17,9 (2,8)	10,8 (4,1)	36,7 (9,8)	66
EPN (2)	12,7 (9,1)	6,5 (3,5)	5,0 (2,7)	23,8 (17,6)	53,7 (11,3)	33,3 (7,8)	20,0 (5,9)	49,3 (1,2)	78
THØ (1)	8,7 (4,4)	6,1 (3,5)	3,8 (2,5)	18,0 (11,6)	22,1 (5,5)	14,8 (4,3)	6,7 (3,5)	28,9 (7,2)	80
THØ (2)	6,9 (3,9)	4,2 (1,8)	2,9 (1,4)	12,0 (12,4)	23,8 (7,1)	11,3 (2,6)	5,2 (0,8)	37,8 (10,8)	51
SAB (1)	7,2 (4,6)	4,6 (3,0)	3,4 (2,1)	19,3 (10,7)	26,0 (9,8)	12,2 (5,3)	8,0 (3,6)	40,7 (2,5)	41
MEL (1)	11,8 (8,2)	6,6 (3,8)	5,1 (2,7)	27,7 (15,8)	51,9 (16,1)	35,2 (13,4)	24,0 (11,5)	46,4 (14,8)	107

Dc = Diamètre au collet des racines de transport
 Dml = Diamètre à mi-longueur des racines de transport
 Df = Diamètre à la fin des racines de transport
 L = Longueur des racines de transport
 Dsc = Diamètre au collet des racines de soutien
 Dsml = Diamètre à mi-longueur des racines de soutien
 Dsf = Diamètre à la fin des racines de soutien
 Ls = Longueur des racines de soutien
 Dcp = Diamètre au collet du pivot
 * = Moyenne et (écart-type)

développement racinaire. Ce phénomène, apparent chez l'épinette noire (1), se distingue globalement par trois classes modales du diamètre des racines de premier ordre en fonction de la profondeur d'enracinement.

La hiérarchie du système apparaît parfaitement inversée par rapport au modèle de base où les racines de surface seraient les plus grosses et les plus petites les plus profondes (voir le schéma de base de cette essence dans Strong et LaRoi (1983)). Il s'agit d'une réitération partielle, essentiellement plagiotrope puisqu'elle se réalise par la formation d'axes latéraux.

Moins bien définie chez le thuya de l'Est, la réitération est cependant apparente, notamment dans les quinze premiers centimètres d'enracinement. Chez les autres systèmes racinaires de cette étude, la réitération est plus ou moins prononcée chez le MEL (1) et le SAB (1), alors que pratiquement inexistante chez le THØ (2) et l'EPN (2). Ce processus semble lié à l'accumulation importante de matière organique qui caractérise les milieux

tourbeux de pH acide. La faible activité de décomposition et de minéralisation produit vraisemblablement un faible apport en éléments nutritifs, induisant la réitération à mesure que s'accumule la matière organique.

Cette néo-formation racinaire implique cependant une dépense énergétique qui, si non compensée, peut entraîner un déficit dans le bilan énergétique. Il est probable, dans ces conditions, qu'il s'agisse d'une réitération traumatique plutôt qu'adaptative. Il est à noter que cet anachronisme réitératif se matérialise également dans les niveaux inférieurs de la hiérarchie plagiotrope (racines de 2^e et 3^e ordre). La signification de ces observations est cependant moins évidente.

Accroissement en volume des trois principales essences

Une étude de la croissance et de la production en matière ligneuse a été réalisée dans le but de comparer le rendement actuel des principales essences (épinette noire, mélèze laricin et thuya de l'Est) et elle comporte deux parties:

- comparaison des accroissements en volume;
- comparaison de la croissance en hauteur.

Rappelons que les données présentent la croissance d'un arbre moyen (produit du calcul) et non pas la croissance d'un peuplement. Pour les fins de cette étude, nous avons utilisé l'analyse de variance et particulièrement le test des comparaisons multiples au seuil critique de 5 % (Sokal et Rohlf, 1981) pour comparer les moyennes de différentes variables et spécialement l'accroissement annuel courant en volume.

Établissement de l'accroissement en volume et des tarifs de cubage

La méthode des différences de tarifs, sous certaines conditions, permet d'évaluer l'accroissement en volume. Elle fait appel, selon la formulation, soit à l'accroissement radial des arbres au dhp soit au temps de passage. Nous avons retenu l'accroissement radial au temps de passage à cause des difficultés rattachées au calcul de la valeur médiane du temps de passage et des restrictions dans l'interprétation.

Les données de base pour appliquer la méthode des différences de tarifs sont:

- l'accroissement annuel en diamètre - i_d , égal à deux fois l'accroissement en rayon - $2i_r$;
- le tarif de cubage à une entrée et sa première dérivée $-dv/ddhp$;
- le facteur d'écorce - k , qui est un rapport du rayon avec écorce et du rayon sans écorce.

À partir de ces données, il est possible de calculer l'accroissement en volume - i_v à l'aide de la formule suivante:

$$i_v = (dv / ddhp) \cdot i_d \cdot k \quad [1]$$

Le dhp, la hauteur, l'accroissement radial et l'épaisseur de l'écorce ont été mesurés sur le terrain dans les massifs de Saint-Anaclet et de Cabano. Les autres variables comme le volume, le facteur d'écorce et l'accroissement annuel en volume ont été calculées. Par exemple, les coefficients des tarifs de cubage furent établis à partir des données d'analyse de tiges par la méthode des moindres carrés, après la transformation logarithmique des variables. Les résultats figurent dans le tableau 8.

Tableau 8. Coefficients des tarifs de cubage à simple entrée: $vol = \beta_1 \cdot (dhp+1)^{\beta_2}$ et à deux entrées: $vol = \beta_3 \cdot (dhp+1)^{\beta_4} \cdot h^{\beta_5}$ pour les principales essences

Paramètre	Massif: St-Anaclet			Massif: Cabano		
	EPN	MEL	THØ	EPN	MEL	THØ
n	899	238	122	236	178	21
Tarif à simple entrée						
R*2	0,988	0,990	0,989	0,990	0,991	0,999
β_1	0,06862	0,08530	0,10295	0,08864	0,08320	0,09022
β_2	2,72619	2,68511	2,49637	2,65634	2,70737	2,53978
Se (%)	3,03	2,96	3,04	3,59	2,83	0,60
Tarif à deux entrées						
R*2	0,996	0,998	0,996	0,997	0,998	0,999
β_3	0,07433	0,05803	0,08169	0,07343	0,05414	0,07983
β_4	1,94003	1,95454	1,94203	1,49323	1,79159	2,09666
β_5	0,80974	0,90168	0,75749	1,29942	1,07841	0,56038
Se (%)	1,83	1,34	1,92	1,92	1,45	0,54

n-nombre d'observations; R*2-coefficient de détermination;

β_i -coefficients de régression; Se-l'erreur-type résiduelle

Le facteur d'écorce (k-rapport du rayon avec écorce et du rayon sans écorce) a également été calculé à partir des données d'analyse de tiges. Enfin, l'accroissement en volume a été calculé par la formule [1] à partir de la première dérivée du tarif à une entrée, du facteur d'écorce et de l'accroissement moyen périodique des cinq dernières années en rayon. Les principales statistiques des trois essences et de deux massifs se trouvent au tableau 9.

Tableau 9. Principales statistiques des arbres mesurés

	Dhp (cm)	Hauteur (m)	Volume (dm ³)	i _d (mm/an)	Écorce (mm)	Facteur d'écorce-k	i _{v3} (dm ³ /an)
Saint-Anaclet - épinette noire (263 arbres)							
a)	12,3	10,3	69,8	1,45	3,46	1,02953	1,85
b)	2,5	1,8	41,3	0,65	0,48	0,00358	1,25
c)	7,3	5,5	13,8	0,40	2,20	1,02190	0,31
d)	22,4	17,0	309,4	3,56	4,80	1,05187	7,71
Cabano - épinette noire (61 arbres)							
a)	14,0	11,6	101,6	1,42	3,71	1,02748	2,23
b)	3,64	2,2	66,6	0,58	0,96	0,00424	1,63
c)	8,3	7,2	25,9	0,36	1,80	1,01744	0,35
d)	25,7	16,0	332,9	3,00	6,20	1,03596	8,24
Saint-Anaclet - mélèze laricin (33 arbres)							
a)	18,3	15,6	273,5	2,08	4,35	1,02563	6,85
b)	6,6	3,9	241,3	0,94	0,97	0,00420	5,16
c)	9,4	8,8	37,6	0,56	2,80	1,01937	0,81
d)	34,2	22,2	1 068,7	4,56	6,50	1,03483	18,67
Cabano - mélèze laricin (80 arbres)							
a)	15,1	13,9	138,9	2,32	3,84	1,02681	5,74
b)	4,7	2,5	104,7	0,86	1,01	0,00395	4,61
c)	9,3	7,3	27,2	0,44	2,30	1,01880	0,47
d)	29,5	19,3	514,6	4,30	6,80	1,03858	24,30
Saint-Anaclet - thuya de l'Est (165 arbres)							
a)	16,9	11,4	160,4	1,84	3,64	1,02250	3,69
b)	5,9	2,2	142,5	0,76	1,12	0,00339	2,87
c)	7,3	4,2	11,3	0,40	2,00	1,01488	0,46
d)	39,1	12,3	1 007,3	4,72	6,50	1,03546	17,11
Cabano - thuya de l'Est (117 arbres)							
a)	14,3	9,0	86,7	1,50	3,69	1,02691	2,32
b)	4,1	1,6	84,0	0,38	0,94	0,00373	1,38
c)	9,0	6,5	24,0	0,58	2,10	1,01849	0,44
d)	34,7	16,0	754,7	2,56	5,30	1,03512	9,34

a) moyenne arithmétique; b) écart-type;
c) minimum de la variable; d) maximum de la variable

Accroissement en volume des trois essences selon le massif

La première comparaison porte sur les moyennes d'accroissement en volume de Saint-Anaclet et de Cabano pour trois essences principales. Les résultats du test des comparaisons multiples indiquent (tableau 10) qu'il n'existe pas de différences significatives entre les deux massifs dans le rendement des trois essences.

Tableau 10. Accroissement annuel en volume selon les essences et les classes de dhp; moyennes pour chaque massif boisé

Dhp (cm)	Saint-Anaclet $i_v(\text{dm}^3/\text{an})$	Cabano $i_v(\text{dm}^3/\text{an})$	N.D.L.	F	P
Essence: épinette noire					
10	0,91	0,78 ^a	1;10	10,747	0,389
12	1,58	1,47	1;88	0,414	0,522
14	2,41	2,04	1;67	3,379	0,071
16	3,42	3,07	1;36	0,535	0,469
20	4,55	4,5	1;8	0,001	0,990
Essence: mélèze laricin					
10	1,17	1,58	1;20	1,638	0,215
12	1,89	2,73	1;18	3,447	0,079
14	3,69	4,35	1;13	2,634	0,129
16	5,88	6,04	1;14	0,040	0,844
18	9,03	8,28	1;6	0,113	0,748
20	10,65	9,46	1;8	0,368	0,552
Essence: thuya de l'Est					
10	1,71	1,04	1;49	0,791	0,0001
12	1,80	1,65	1;47	0,603	0,441
14	2,32	2,19	1;50	0,278	0,600
16	3,18	2,77	1;26	0,867	0,360
18	3,38	3,26	1;28	0,106	0,747
20	4,19	4,10	1;20	0,025	0,876

^a = Paires de valeurs sans différence significative au seuil de 5 %.

Toutefois, lorsqu'on compare le rendement des trois essences (tableau 11), le même test démontre que le rendement du mélèze est significativement supérieur au rendement de l'épinette noire et du thuya de l'Est. Quant aux rendements du thuya et de l'épinette noire, les données du même tableau indiquent qu'ils sont semblables.

Tableau 11. Accroissement annuel en volume selon les classes de dhp; moyennes pour chaque essence

Dhp (cm)	MEL $i_v(\text{dm}^3/\text{an})$	THØ $i_v(\text{dm}^3/\text{an})$	EPN $i_v(\text{dm}^3/\text{an})$	N.D.L.	F	p
10	<u>1,51</u>	<u>1,39^a</u>	0,90	2;173	21,68	0,0001
12	2,48	<u>1,71</u>	<u>1,56</u>	2;156	15,51	0,0001
14	4,22	<u>2,27</u>	<u>2,31</u>	2;133	40,38	0,0001
16	6,01	<u>2,96</u>	<u>3,36</u>	2;79	39,00	0,0001
18	8,38	<u>3,33</u>	<u>3,95</u>	2;41	55,48	0,0001
20	9,82	<u>4,16</u>	<u>4,56</u>	2;39	37,98	0,0001

^a ____ = Paires de valeurs sans différence significative au seuil de 5 %.

Accroissement en volume des types forestiers par essence

Épinette noire

L'accroissement annuel courant en volume selon le dhp pour l'épinette noire dans la pessière à litière, la pessière à mousses et la pessière à éricacées est illustré à la figure 1. On peut y noter que le meilleur rendement est dans la pessière à litière, suivi du rendement dans la pessière à mousses et enfin celui dans la pessière à éricacées. Le test des comparaisons multiples précise cependant que les moyennes des accroissements en volume de la pessière à litière sont significativement différentes des deux autres pessières.

Mélèze laricin

Le rendement en volume du mélèze laricin par groupement (cédrière, mélèzin à thuya et mélèzin à épinette noire) est illustré à la figure 2. On peut y noter une grande variation du rendement selon le dhp - toutefois, le test des comparaisons multiples ne permet pas de différencier les trois groupements.

Thuya de l'Est

Illustré à la figure 3, le rendement du thuya de l'Est selon le type forestier, à savoir la cédrière, le mélèzin à thuya et la pessière à thuya, est très semblable et cette constatation est également confirmée par le test des comparaisons multiples.

Croissance en hauteur

Une part importante de la capacité d'un site forestier à produire de la matière ligneuse se reflète dans la croissance en hauteur des arbres dominants. D'ailleurs, il est reconnu que la croissance en hauteur est indépendante de la densité du peuplement et de l'intervention sylvicole.

Dans le cadre de cette étude, notre analyse porte en premier lieu sur la croissance en hauteur des trois essences principales (épinette noire, mélèze laricin et thuya de l'Est) et en deuxième lieu sur la croissance en hauteur de différentes essences par type forestier. Il convient de mentionner que les données de la croissance apicale proviennent d'analyse de tiges. Les courbes de la hauteur en fonction de l'âge expriment la croissance apicale moyenne par classe d'âge de cinq ans.

Croissance en hauteur de l'épinette noire par type forestier

La croissance en hauteur de l'épinette selon le type forestier est illustrée à la figure 4. On peut y reconnaître facilement, selon la croissance en hauteur de l'épinette noire, l'existence d'un gradient avec une diminution marquée, soit:

- a) pessière à litière et cédrière;
- b) pessière à mousses;
- c) mélèzin à thuya et pessière à thuya.

En ajoutant sur le même figure la croissance en hauteur observée par Vézina et Linteau (1968) pour la pessière des classes II et IV, il est possible d'établir que la pessière à litière et la cédrière devraient avoir la même productivité que la pessière de qualité II, tandis que la pessière à mousses a une productivité de la qualité VI. Les types les moins productifs semblent être la pessière à thuya et le mélèzin à thuya.

Croissance en hauteur du mélèze laricin par type forestier

Illustrée à la figure 5, la croissance en hauteur du mélèze laricin semble être plus homogène que celle de l'épinette noire, sans doute à cause de sa nature héliophile. Cependant, on peut reconnaître sur cette figure que la meilleure croissance est observée dans la cédrière et dans la pessière à thuya, tandis qu'elle tend à diminuer avec l'âge dans la pessière à litière et dans la pessière à mousses. Il faut également remarquer qu'entre le mélèze et l'épinette noire la différence dans la hauteur à 50 ans est de 4 m pour les groupements les plus productifs. La différence en croissance apicale tend à confirmer la différence des rendements en volume.

Croissance en hauteur du thuya de l'Est par type forestier

En utilisant les données pour la cédrière et la pessière à thuya, nous avons illustré à la figure 6 les données de la croissance en hauteur du thuya de l'Est. On note une très grande différence dans la croissance en hauteur de ces deux groupements. Cette différence est en partie attribuable à la position sociale particulière de cette essence dans le peuplement et à sa tolérance à l'ombre.

Croissance en hauteur des essences dans la pessière à litière et la pessière à mousses

Un examen de la croissance en hauteur des essences de ces deux types forestiers, illustrée aux figures 7 et 8, indique que le mélèze laricin a une croissance en hauteur supérieure à l'épinette noire pour les deux types. De plus, cette même croissance est supérieure dans la pessière à litière à celle observée dans la pessière à mousses.

Croissance en hauteur des essences dans la pessière à thuya

La croissance en hauteur des quatre essences de ce groupement est illustrée à la figure 9. Le mélèze laricin et le sapin baumier se distinguent d'une manière remarquable de l'épinette noire et du thuya de l'Est. Parmi les explications possibles de cette différence, on peut évoquer celle d'une période d'oppression prolongée de l'épinette noire et du thuya, car il s'agit d'arbres dont l'âge total dépasse 150 ans.

Croissance en hauteur des essences dans la cédrière

Une cédrière est un type forestier riche en essences qui présentent une très bonne croissance en hauteur. Les cinq essences inventoriées, soit le mélèze laricin, le sapin baumier, le bouleau blanc, l'épinette noire et le thuya de l'Est sont illustrées à la figure 10. Un examen de cette figure permet de confirmer les faits déjà observés, tels que la présence d'un gradient dans la croissance en hauteur. La meilleure croissance est observée chez le mélèze et la plus faible chez le thuya.

Croissance en hauteur des essences dans le mélèzin à thuya

Pour ce type forestier, nous avons fait des observations sur la croissance en hauteur de trois essences, soit le mélèze laricin, le sapin baumier et l'épinette noire. Elles sont illustrées à la figure 11. On remarque que la croissance en hauteur de l'épinette noire diffère de celles observées pour le mélèze et le sapin qui sont semblables. La faible croissance de l'épinette noire pourrait être expliquée par la période prolongée d'oppression au stade juvénile du développement.

CONCLUSIONS

Pour faire le choix des types forestiers pour l'emplacement des parcelles expérimentales, nous nous sommes inspirés des critères utilisés en Finlande (Seppälä, 1986). Selon ces critères, une tourbière est drainée si le rendement annuel en volume du peuplement est de 1,5 m³/ha ou plus. L'état du peuplement doit également permettre un rajeunissement physiologique par une éclaircie.

C'est en tenant compte de ces critères que nous avons éliminé les types forestiers dont la structure verticale et «diamétrale» était très variable et qui avaient un taux de boisement

insuffisant (peupleraie, cédrière et mélèzin). En considérant la possibilité d'un rajeunissement physiologique, nous avons éliminé les peuplements jeunes, au stade de régénération, et les superficies coupées. En tenant compte du rendement et de la croissance en hauteur, nous avons éliminé la pessière à éricacées. À Saint-Anaclet, seules la pessière à litière et la pessière à mousses ont été considérées comme des types forestiers acceptables pour l'installation d'un dispositif expérimental.

Ce choix a été fondé sur le fait que la distribution des tiges dans les parcelles rectangulaires de 20 par 15 m était normale (figure 12 pour la pessière à litière et figure 13 pour la pessière à mousses); que ces peuplements étaient équiennes, étant âgés de 50 et de 80 ans respectivement; que la croissance en hauteur de l'épinette noire était comparable à celle des pessières de classes II et IV des tables de Vézina et Linteau (1968); et que le rendement annuel en volume était de 3,4 m³/ha/an pour la pessière à litière et de 1,4 m³/ha/an pour la pessière à mousses.

REMERCIEMENTS

Les données de terrain ont été récoltées par Claude Allain, Jean-B. Breton, et Raynald Paquin du CFL et par Mario Bouchard et Luc Dubé du Syndicat des producteurs de bois (SPB) du Bas-Saint-Laurent, Rimouski.

Une contribution scientifique nous a été apportée par Georges Costan, étudiant gradué à l'Université Laval, dans la problématique des systèmes racinaires - je ne saurais trop le remercier. Je remercie également Richard Savard du SPB Bas-Saint-Laurent, Rimouski, pour son concours à la réalisation du projet et Linda Drouin du CFL qui a aimablement accepté de relire le manuscrit.

OUVRAGES CONSULTÉS

- Adams, S.N.; Dickson, D.A.; Cornforth, I.S. 1972. Some effects of soil water tables on the growth of sitka spruce in Northern Ireland. *Forestry* 45: 129-133.
- Armstrong, W.; Booth, T.C.; Priestley, P.; Read, D.J. 1976. The relationship between soil aeration, stability and growth of Sitka spruce (*Picea sitchensis* [Bong.] Carr) on upland peaty gleys. *J. Appl. Ecol.* 13:585-591.
- Boggie, R. 1972. Effect of water-table height on root development of *Pinus contorta* in deep peat in Scotland. *Oikos* 23:304-312.
- Boggie, R. 1977. Water-table depth and oxygen content of deep peat in relation to root growth of *Pinus contorta*. *Plant Soil* 48:447-454.

- Bolghari, H. 1985. Perspectives du drainage forestier au Québec. Pages 47-65 in *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec*, éd. Textes de conférences présentés au colloque sur le Drainage Forestier. Sainte-Foy, Québec, septembre 10-11, 1985.
- Braekke, F.H. 1983. [Forest drainage - Changes in water balance and leaching of nutrients.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(10), 1985). Rapport, Norsk Institutt for Skogforskning, No. 8. [En Norvégien].
- Chindyaev, A.S. 1986. [Fluctuations in the radial increment of drained stands in the Central Urals.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 49(1), 1988). *Lesnoi Zhurnal* 5:9-14 [En russe].
- Coutts, M.P. 1982. The tolerance of tree roots to waterlogging. V. Growth of woody roots of sitka spruce and lodgepole pine in waterlogged soil. *New Phytol.* 90:467-476.
- Daget, Ph.; Godron, M. 1982. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Masson, Paris, France.
- Grandtner, M.M. 1985. La connaissance des milieux humides au Québec. Pages 12-27 in *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec*, éd. Textes de conférences présentés au colloque sur le Drainage Forestier. Sainte-Foy, Québec, septembre 10-11, 1985.
- Heikurainen, L. 1964. Improvement of forest growth on poorly drained peat soils. *Int. Rev. For. Res.* 1:39-113.
- Heikurainen, L. 1982. [Observations about the influence of forest drainage on the surrounding peatland areas.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(1), 1985). *Suo (Helsinki)* 33:11-16 [En finlandais].
- Henderson, R.; Ford, E.D.; Renshaw E.; Deans, J.D. 1983. Morphology of the structural root system of sitka spruce I. Analysis and quantitative description. *Forestry* 56:121-135.
- Hillman, G.R. 1987. Improving wetlands for forestry in Canada. *Can. For. Serv., Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-288.*
- Joensuu, S. 1984. [Effects of climatic factors on the radial growth of Scots pine on drained peatlands.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(5), 1985). *Suo (Helsinki)* 35:75-82 [En finlandais].
- Kahn, F. 1975. Le chevelu racinaire et la feuille. Pages 73-83 in J. Gagnaire-Michard et A. Riedacker, éd. *Méthodologie-Morphogénèse. Rythmes de croissance et de régénération, fonctionnement des systèmes racinaires. Compte rendu des séminaires du Groupe d'Etudes des Racines.* Nancy 1974, Grenoble 1975.
- Kollist, P. 1982. [Mensurational assessment of the effect of drainage on productivity of stands on transitional and sphagnum bog sites.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(6), 1985). *Metsanduslikud Uurimused, Estonian SSR* 17:4-23. [En estonien].
- Kollist, P.; Valk, U. 1982. [Effect of fertilizer application on timber increment in forest on drained peatland.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(6), 1985). *Metsanduslikud Uurimused, Estonian SSR* 17:58-79. [En estonien].

- Lieffers, V.J.; Rothwell, R.L. 1986. Effects of depth of water table and substrate temperature on root and top growth of *Picea mariana* and *Larix laricina* seedlings. *Can. J. For. Res.* 16:1201-1206.
- Lieffers, V.J.; Rothwell, R.L. 1987. Rooting of peatland black spruce and tamarack in relation to depth of water table. *Can. J. Bot.* 65:817-821.
- Löhmus, E. 1983. [Soil aeration conditions on drained peat bog sites.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(6), 1985). *Metsanduslikud Uurimused, Estonian SSR* 18:111-130. [En estonien].
- Oldeman, R.A.A. 1974. *L'architecture de la forêt guyanaise*. Office de la recherche scientifique et technique d'Outre-Mer. Paris, France. 204 p.
- Payandeh, B. 1973. Analyses of a forest drainage experiment in Northern Ontario. I: Growth analysis. *Can. J. For. Res.* 3:387-398.
- Payandeh, B. 1982. Five-year growth response of Northern Ontario peatland black spruce to fertilization and drainage. *Great Lakes For. Res. Cent., Sault Ste. Marie. Ont. Inf. Rep.* 0-X-340.
- Raid, L. 1983. [Fertilizing of Scots pine seedlings on peat bogs.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(6), 1985). *Metsanduslikud Uurimused, Estonian SSR* 18:142-153. [En estonien].
- Savill, P.S. 1976. The effect of drainage on ploughing of surface water gleys on rooting and windthrow of sitka spruce in Northern Ireland. *Forestry* 49:133-141.
- Seppälä, K. 1986. Foresterie des tourbières en Finlande. Page 1 - 11 in *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec*, éd. Textes de conférences présentés au colloque sur le Drainage Forestier. Sainte-Foy, Québec, septembre 10-11, 1985.
- Sobik, I. 1982. [Economic effectiveness of drainage.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(6), 1985). *Metsanduslikud Uurimused, Estonian SSR* 17:24-27. [En estonien].
- Sokal, R.R.; Rohlf, F.J. 1981. *Biometry*. W.H. Freeman and Co., d. San Francisco. 859 p.
- Stanek, W. 1977. Ontario clay belt peatlands are suitable for forest drainage? *Can. J. For. Res.* 7:656-665.
- Strong, W.L.; LaRoi, G.H. 1983. Root-system morphology of common boreal forest trees in Alberta, Canada. *Can. J. For. Res.* 13:1164-1173.
- Thibault, M.; Hotte, D. 1987. Les régions écologiques du Québec méridional. Carte. Service de cartographie du MER, 2^e approximation.
- Tilton, D.L. 1978. Comparative growth and foliar element concentrations of *Larix laricina* over a range of wetland types in Minnesota. *J. Ecol.* 66:499-512.
- Trottier, F. 1986. Accroissement de certains peuplements forestiers attribuable à la construction de cours d'eau artificiels. Pages 66-84 in *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec*, éd. Textes de conférences présentés au colloque sur le Drainage Forestier, Sainte-Foy, Québec, septembre 10-11, 1985.

- Valk, U. 1982. [Effect of mineral fertilizers on the growth of forest plantations on drained peatland.] (Résumé anglais in *For. Abstracts* 46(6), 1985). Metsanduslikud Uurimused, Estonian SSR 17:35-57. [En estonien].
- Vartanian, N. 1975. Diversité morphologique du système racinaire en relation avec l'humidité édaphique. Pages 166-179 in J. Gagnaire-Michard et A. Riedacker, eds. *Méthodologie-Morphogénèse. Rythmes de croissance et de régénération, fonctionnement des systèmes racinaires. Compte rendu des séminaires du Groupe d'Etudes des Racines.* Nancy 1974, Grenoble 1975.
- Vasander, H. 1982. Plant biomass and production in virgin, drained and fertilized sites in a raised bog in Southern Finland. *Ann. Bot. Fenn.* 19:103-125.
- Veijalainen, H. 1984. Diagnosing nutrient deficiencies on drained peatlands. (Résumé anglais). *Suo (Helsinki)* 35:994-97.
- Vézina, P.E.; Linteau, A. 1968. Growth and yield of balsam fir and black spruce in Quebec. *Can. Dept. For. Rural Dev., For. Br., For. Res. Lab. Sainte-Foy, Québec. Inf. Rep. Q-X-2.*
- Zarnovican, R. 1985. Analyse de tiges: une méthode à redécouvrir. *Nat. Can.* 112:253-260.

ANNEXE

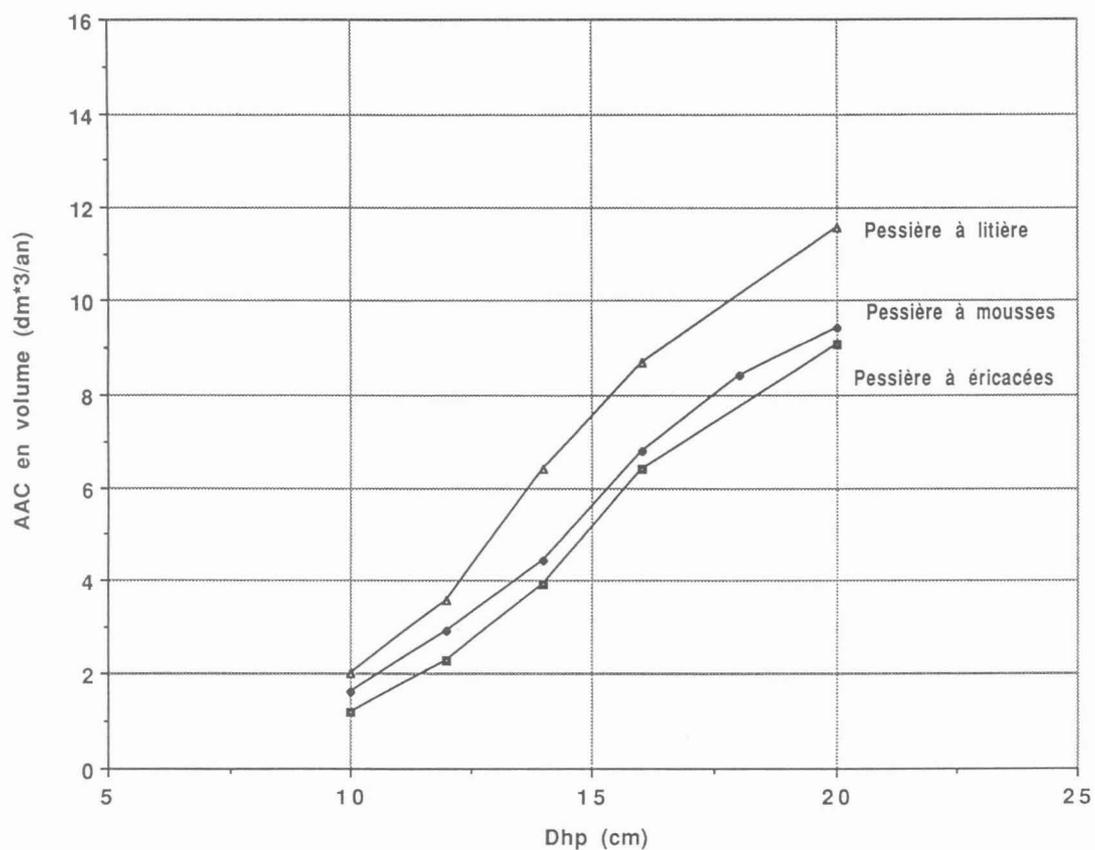


Figure 1. Accroissement annuel en volume de l'épinette noire selon le type forestier.

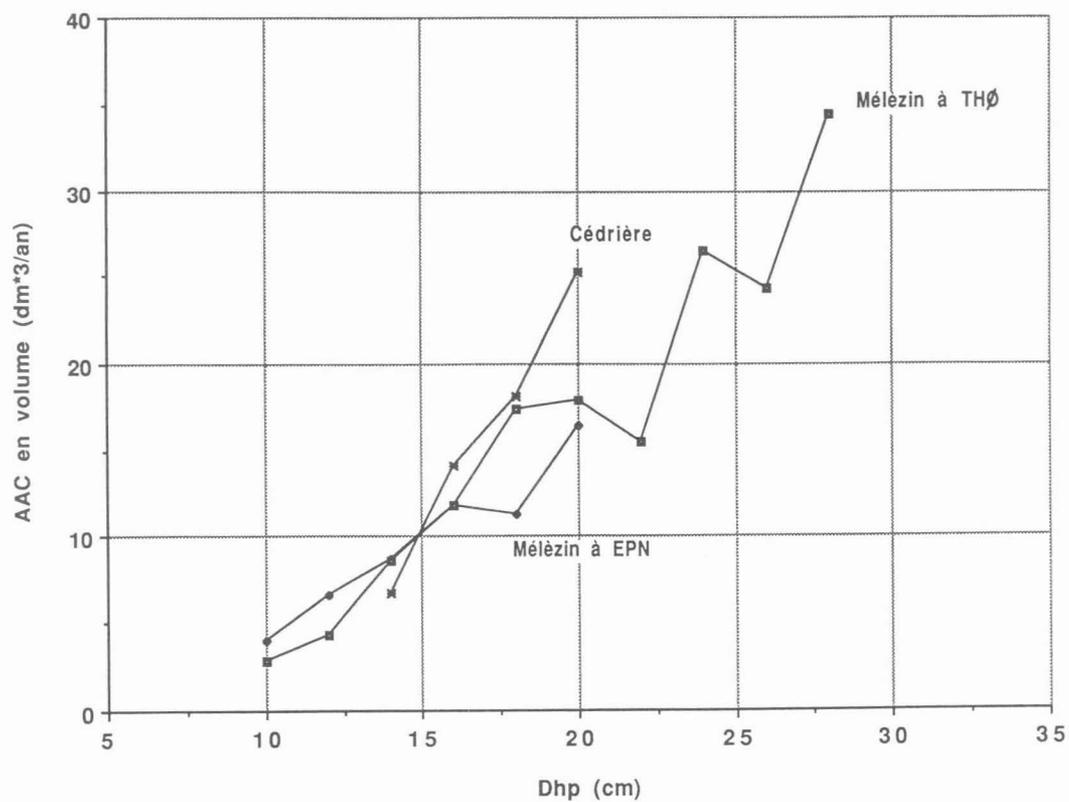


Figure 2. Accroissement annuel en volume du mélèze laricin selon le type forestier.

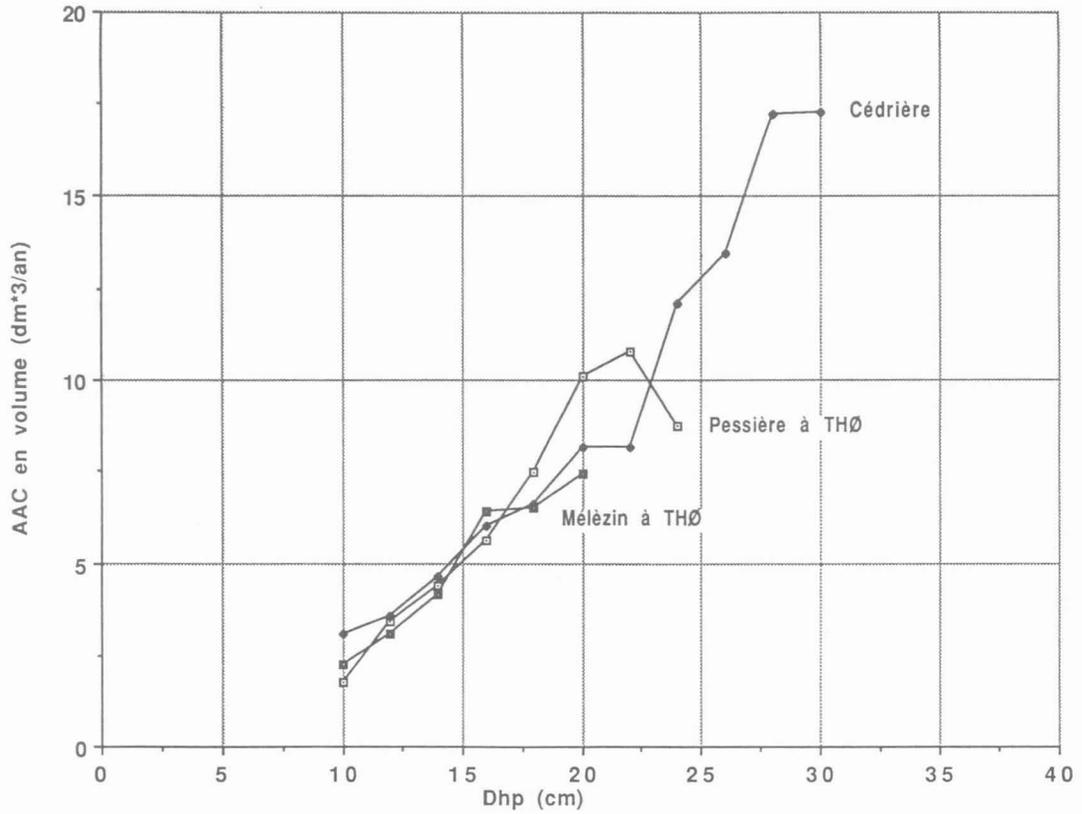


Figure 3. Accroissement annuel en volume du thuya de l'Est selon le type forestier.

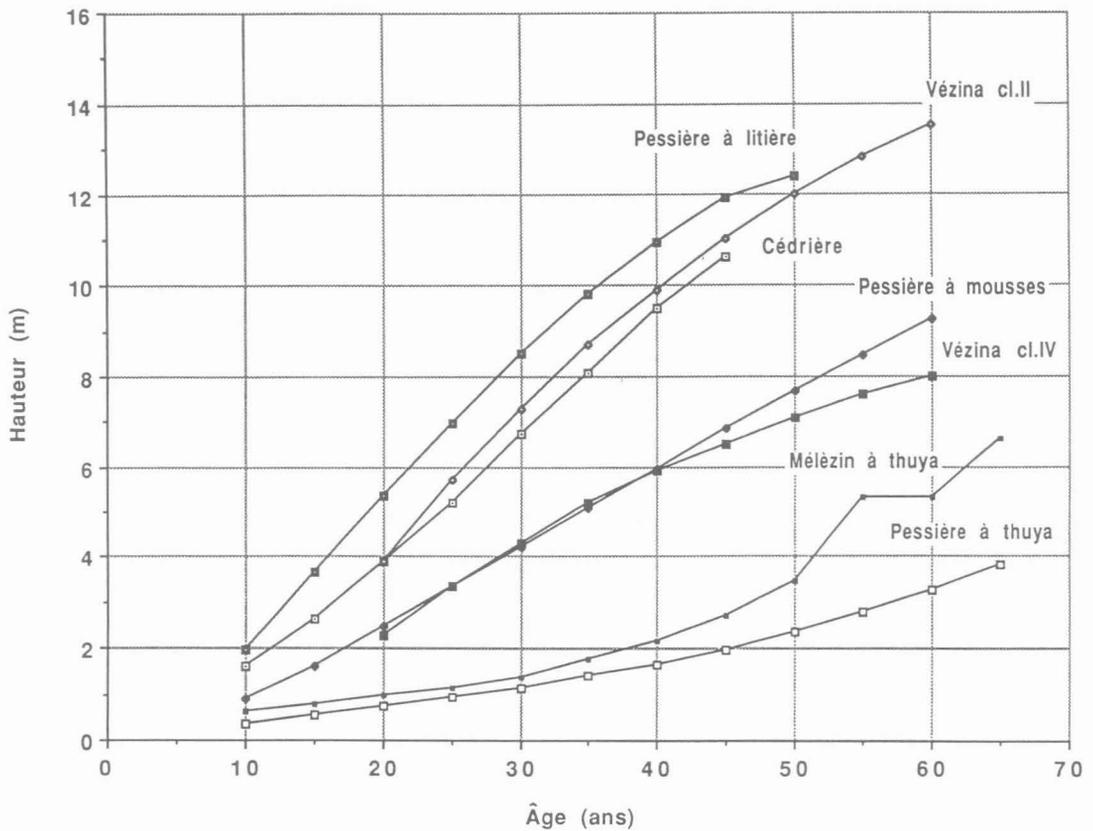


Figure 4. Croissance en hauteur de l'épinette noire selon le type forestier.

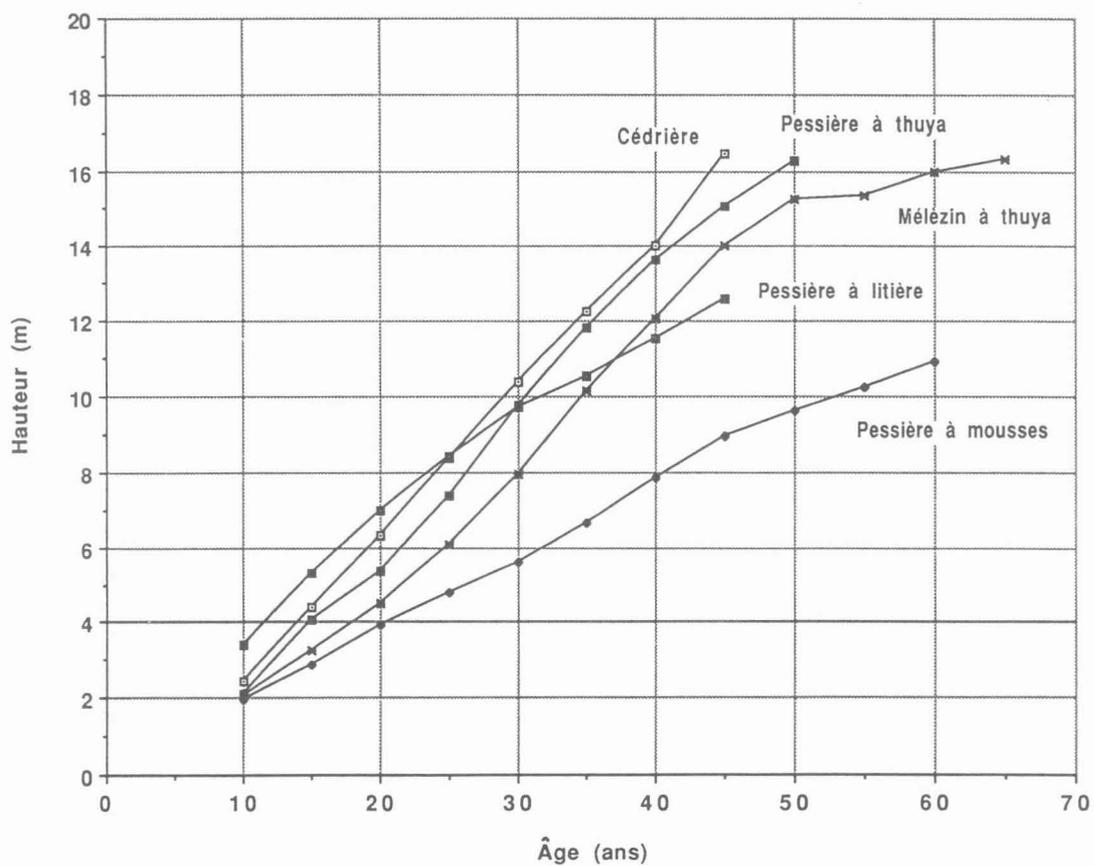


Figure 5. Croissance en hauteur du mélèze laricin selon le type forestier.

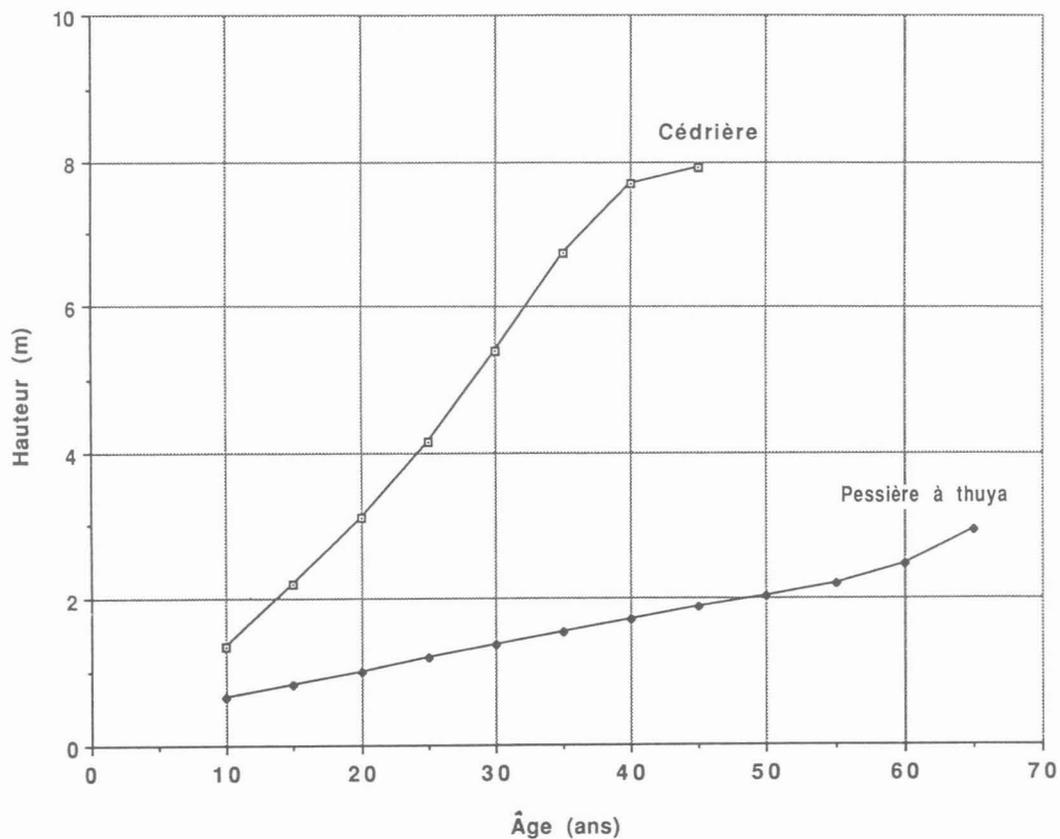


Figure 6. Croissance en hauteur du thuya de l'Est selon le type forestier.

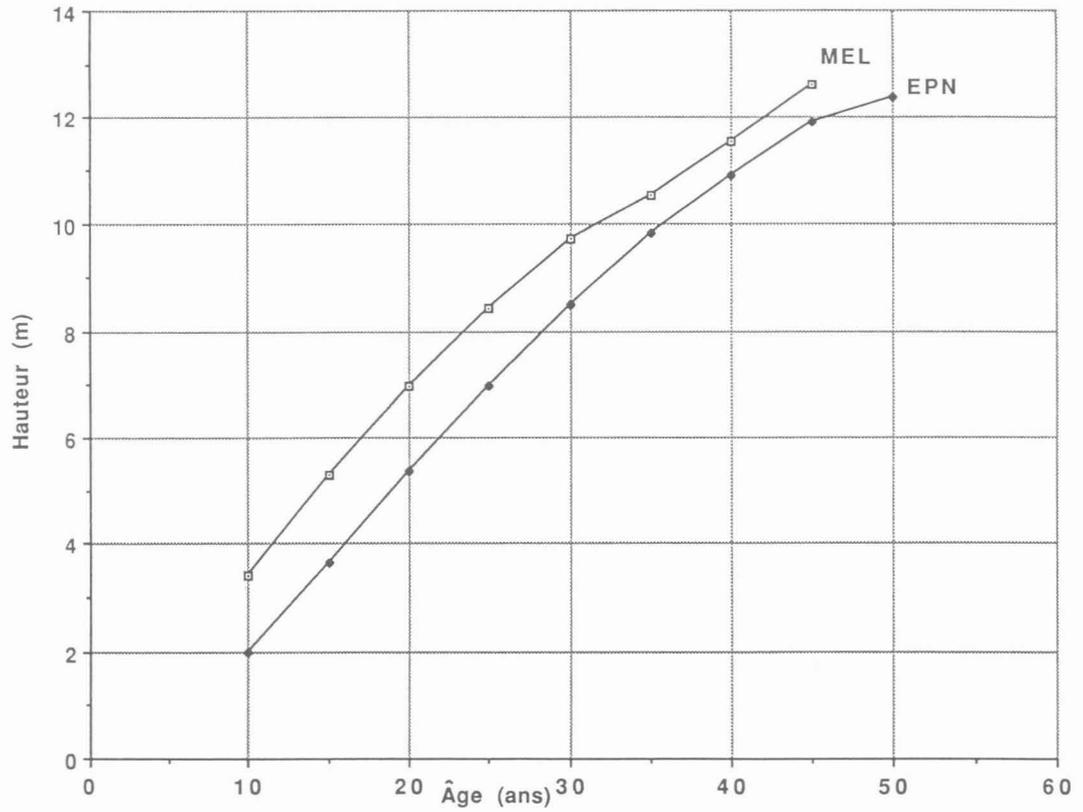


Figure 7. Croissance en hauteur des essences dans la peaussière à litière.

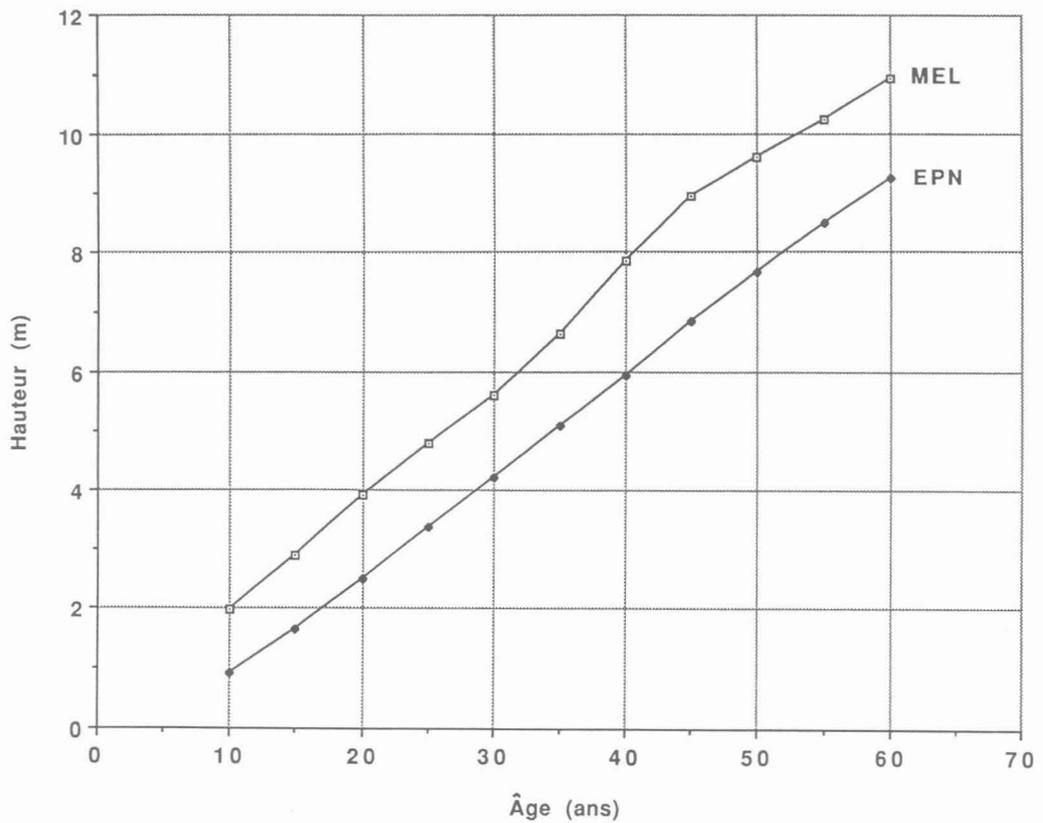


Figure 8. Croissance en hauteur des essences dans la peaussière à mousses.

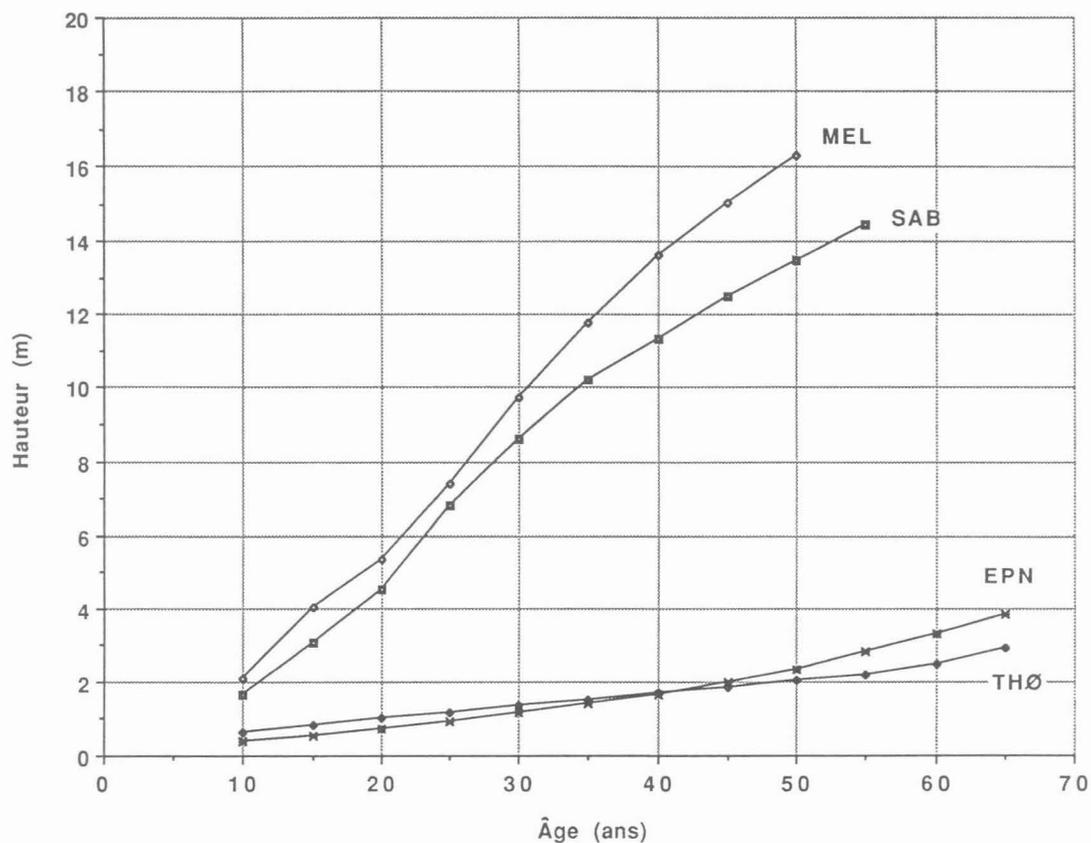


Figure 9. Croissance en hauteur des essences dans la pessière à thuya.

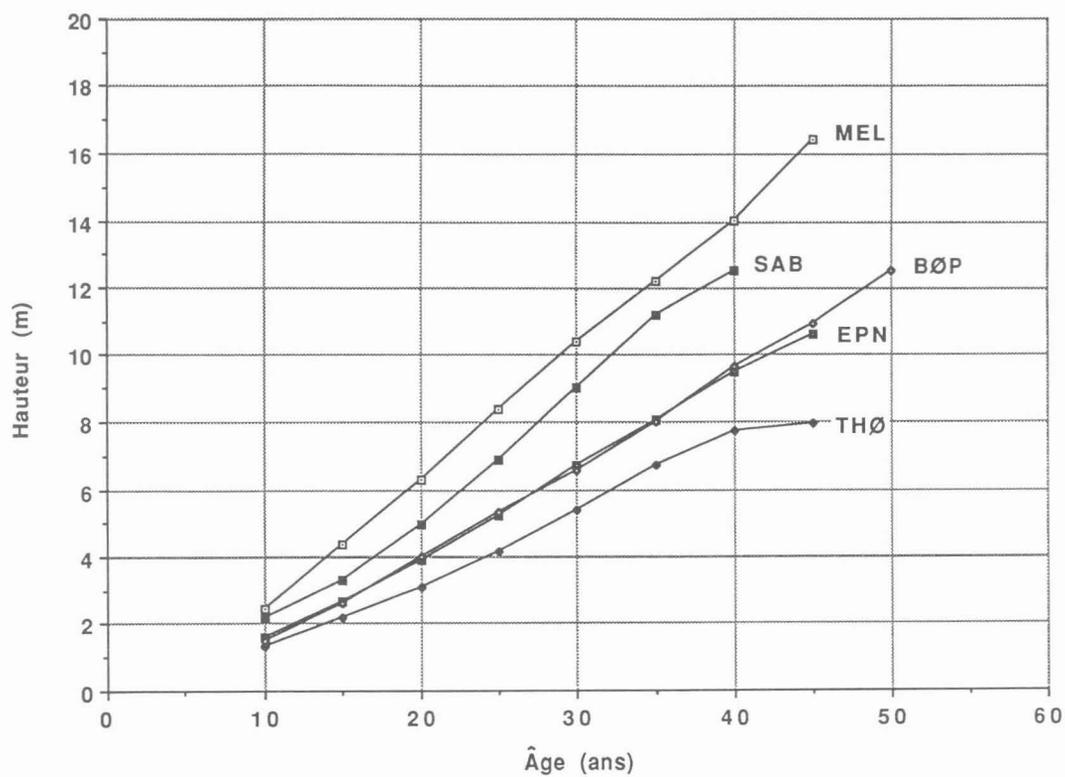


Figure 10. Croissance en hauteur des essences dans la cédrière.

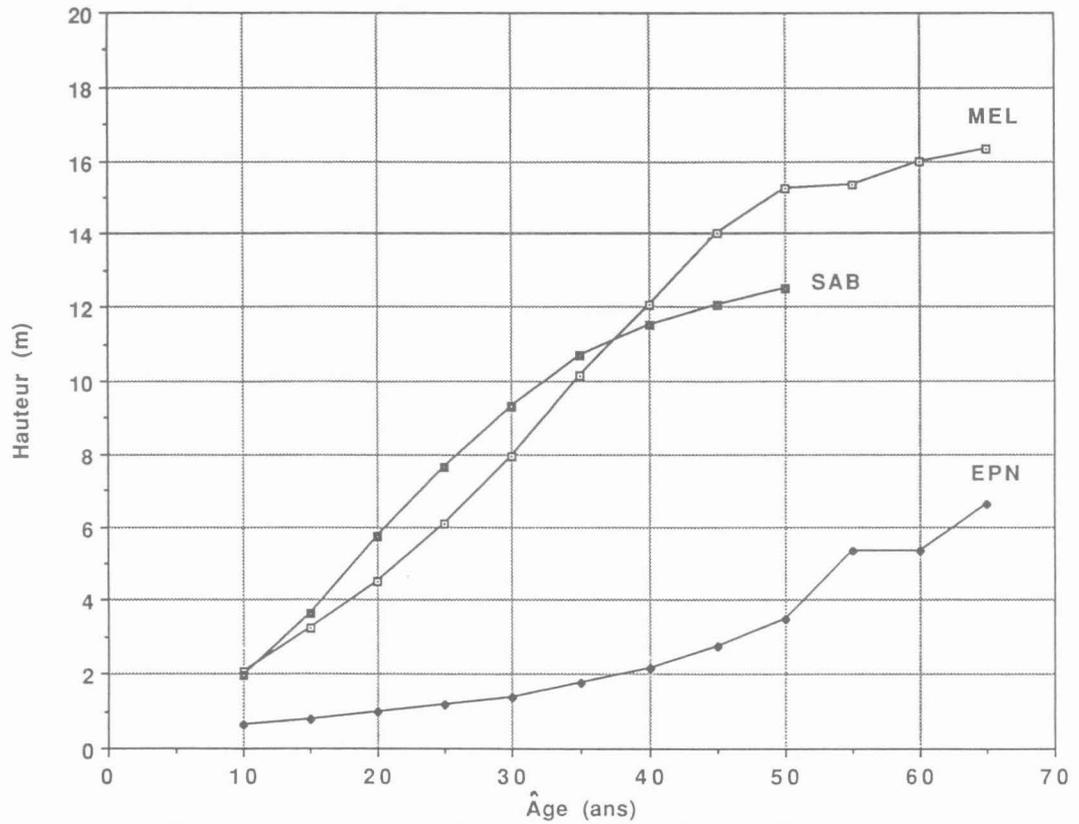


Figure 11. Croissance en hauteur des essences dans le mélèzin à thuya.

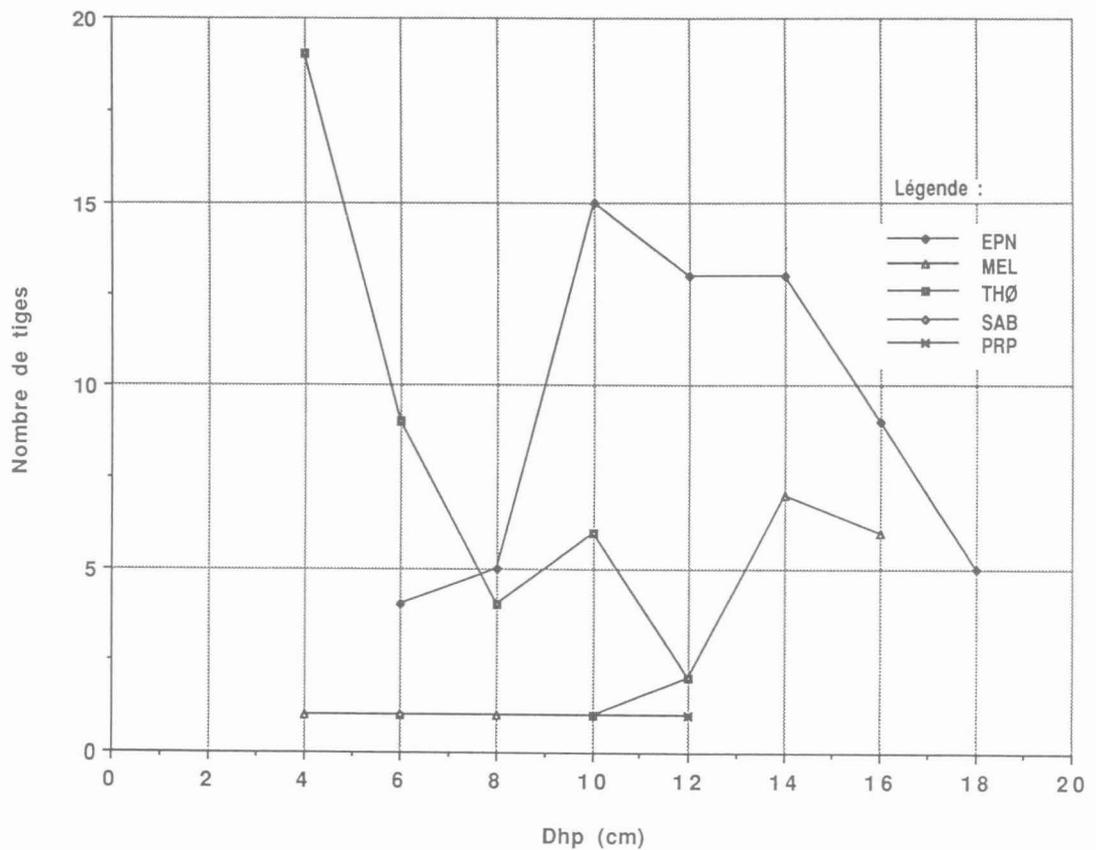


Figure 12. Distribution diamétrale des tiges dans la pessière à liitière.

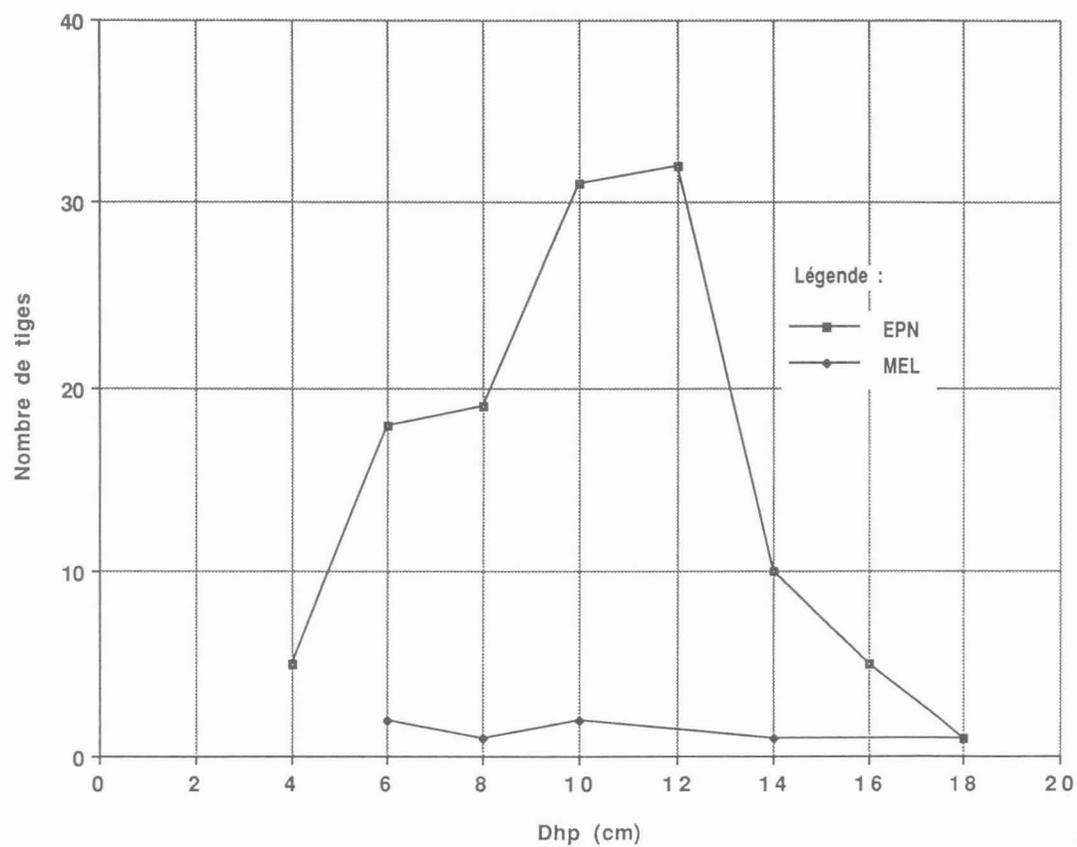


Figure 13. Distribution diamétrale des tiges dans la pessière à mousses.

Canada