



CFL-ARCHIVES

Suivi des travaux de drainage forestier : (2) Effet du drainage sur la croissance de l'épinette noire et du mélèze laricin à Saint-Anaclet

Richard Zarnovican et Claude Laberge
Région du Québec • Rapport d'information LAU-X-107



Ressources naturelles
Canada

Service canadien
des forêts

Natural Resources
Canada

Canadian Forest
Service

Canada

LE CENTRE DE FORESTERIE DES LAURENTIDES est un des six établissements régionaux du Service canadien des forêts (Ressources naturelles 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 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 de divers organismes intéressés à l'aménagement forestier. Les résultats de ces travaux sont diffusés sous forme de rapports techniques et scientifiques, de conférences et autres publications.

THE LAURENTIAN FORESTRY CENTRE is one of six regional establishments of the Canadian Forest Service (Natural Resources Canada). The Centre cooperates with other government agencies, educational institutions and the forest industry to promote through research and development the most efficient and rational management and use of Quebec's forests.

In Quebec, the program consists of forest resource 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, conferences, and other publications.



Richard Zarnovican

Richard Zarnovican travaille au Centre de foresterie des Laurentides à Sainte-Foy depuis 1977. Il détient un doctorat en aménagement et sylviculture de l'Université Laval et il conduit présentement des recherches en sylviculture et en production des forêts aménagées. Il a aussi travaillé au Service des études écologiques régionales de 1974 à 1976.



Claude Laberge

Claude Laberge a obtenu un baccalauréat spécialisé en statistiques et une maîtrise en mathématiques (option statistique) de l'Université Laval. Il termine présentement un doctorat en sciences de l'eau à l'INRS-Eau (composante de l'Université du Québec). Il a occupé différents postes de recherche à l'INRS-Eau, au CIRAL de l'Université Laval et au Service canadien des forêts. Il se spécialise dans l'application de la statistique au domaine de l'environnement et de la détection de tendances temporelles.

Suivi des travaux de drainage forestier :
(2) Effet du drainage sur la croissance de l'épinette noire
et du mélèze laricin à Saint-Anaclet

Richard Zarnovican et Claude Laberge

Rapport d'information LAU-X-107

1994

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts - Région du Québec

**LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DU CANADA A CATALOGUÉ
CETTE PUBLICATION DE LA FAÇON SUIVANTE :**

Zarnovican, Richard

Suivi des travaux de drainage forestier : (2) Effet du drainage sur la croissance de l'épinette noire et du mélèze laricin à Saint-Anaclet

(Rapport d'information ; LAU-X-107)

Comprend des résumés en français et en anglais.

Publ. aussi en anglais sous le titre: Survey of the effects of forest drainage operations: (2) Effect of drainage on black spruce and tamarack growth at Saint-Anaclet.

Publ. par Centre de foresterie des Laurentides.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-662-98812-4

Cat. MAS no Fo46-18/107F

1. Drainage forestier -- Québec (Province). 2. Épinette noire -- Québec (Province) -- Croissance. 3. Mélèze laricin -- Québec (Province) -- Croissance. I. Laberge, Claude
II. Service canadien des forêts. Région du Québec.
III. Centre de foresterie des Laurentides. IV. Titre.
V. Collection: Rapport d'information (Centre de foresterie des Laurentides) ; LAU-X-107.

SD408.2.Z37 1994 634.9'9 C94-900127-9

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1994

N° de catalogue Fo46-18/107F

ISBN 0-662-98812-4

ISSN 0835-1589

Il est possible d'obtenir sans frais un nombre restreint d'exemplaires de cette publication auprès de:

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts - Région du Québec
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente chez:

Micromédia Ltée
Place du Portage
165, rue Hôtel-de-Ville
Hull (Québec)
J8X 3X2

This publication is also available in English under the title "Survey of the effects of forest drainage operations: (2) Effect of drainage on black spruce and tamarack growth at Saint-Anaclet" (Catalog No. Fo46-18/107E).



TABLE DES MATIÈRES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi
RÉSUMÉ	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCTION	1
Hypothèses de travail	1
Objectifs du travail	2
MATÉRIEL ET MÉTHODES	2
Dispositif expérimental	2
Facteurs expérimentaux	4
Choix du plan expérimental	4
Modèle linéaire utilisé	5
RÉSULTATS ET DISCUSSION	7
Production des parcelles expérimentales	7
Pessière à litière	7
Pessière à mousses	8
Description des arbres étudiés	11
Croissance et drainage	13
Accroissement en diamètre	13
Comparaison des parcelles	13
Comparaison des essences	13

TABLE DES MATIÈRES

(suite)

	Page
Accroissement en hauteur	15
Comparaison des parcelles	15
Comparaison des essences	17
Coefficient de forme	17
Comparaison des parcelles	17
Comparaison des essences	19
Accroissement en volume	19
Comparaison des parcelles	19
Comparaison des essences	20
 CONCLUSION	 20
 REMERCIEMENTS	 24
 OUVRAGES CONSULTÉS	 25

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Espérances des carrés moyens pour le modèle linéaire portant sur les facteurs traitement (A), parcelle (B), classe (C) et arbre (D) à effet fixe (F) ou aléatoire (R)	6
Tableau 2. Espérances des carrés moyens pour le modèle linéaire portant sur les facteurs traitement (A), espèce (B), classe (C) et arbre (D) à effet fixe (F) ou aléatoire (R)	7
Tableau 3. Composition de la parcelle expérimentale de la pessière à litière selon la surface terrière (dm ²)	8
Tableau 4. Production de la parcelle expérimentale de la pessière à litière, de 1987 à 1992	8
Tableau 5. Composition de la parcelle expérimentale de la pessière à mousses selon la surface terrière (dm ²)	10
Tableau 6. Production de la parcelle expérimentale de la pessière à mousses, de 1987 à 1992	10
Tableau 7. Caractéristiques dendrométriques des arbres analysés	12
Tableau 8. Changements dans la croissance de l'épinette noire et du mélèze laricin à la suite du drainage, selon le groupement forestier et la classe de croissance	22

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Localisation du secteur d'étude	3
Figure 2. Distribution du volume par classe de dhp en 1987 et en 1992 dans la pessière à litière	9
Figure 3. Distribution du volume par classe de dhp en 1987 et en 1992 dans la pessière à mousse	9
Figure 4. Accroissement en diamètre (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance	14
Figure 5. Accroissement apical (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance	16
Figure 6. Coefficient de forme (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance	18
Figure 7. Accroissement en volume (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance	21
Figure 8. Série moyenne de l'accroissement en volume de l'épinette noire dans la pessière à litière	23
Figure 9. Série moyenne de l'accroissement en volume de l'épinette noire dans la pessière à mousses	23

RÉSUMÉ

Le présent rapport présente l'évaluation de l'effet du drainage sur la croissance de l'épinette noire (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) et du mélèze laricin (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch) dans la pessière à mousses et dans la pessière à litière situées à Saint-Anaclet, près de Rimouski, Québec.

En l'absence des parcelles témoins, l'effet du drainage a été évalué à partir de données temporelles à la suite d'une analyse de variance à mesures répétées. Les données temporelles correspondent aux moyennes des accroissements (radial, apical et volumique) et aux moyennes des coefficients de forme, avant et après le drainage, qui sont établies au moyen de l'analyse des tiges. L'étude comprend également l'évaluation de la production ligneuse des parcelles expérimentales qui a été effectuée après la comparaison des inventaires au terme de 5 ans.

La comparaison des inventaires donne comme résultats des taux d'accroissement annuels nets en surface terrière et en volume très intéressants. Au plan de la croissance en hauteur, la pessière à litière se compare à la classe II de Vézina et Linteau et à la classe 1 de Plonski. Quant à l'indice de site de la pessière à mousses, il est comparable à celui de la classe IV de Vézina et Linteau et à celui de la classe 3 de Plonski.

L'analyse de variance ne permet pas d'attribuer au drainage des effets positifs et statistiquement significatifs sur la croissance des deux essences dans les deux groupements étudiés. En effet, les résultats montrent des effets non significatifs ou négatifs pour les différents accroissements de la pessière à litière. Dans la pessière à mousses, on constate, après le drainage, qu'il y a une augmentation statistiquement significative des croissances radiale et apicale dans toutes les classes de croissance, alors que l'effet du drainage sur l'accroissement volumique est non significatif.

ABSTRACT

This report presents the assessment of the effect of drainage on the growth of black spruce (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) and tamarack (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch) in the spruce-mosses and spruce-litter forests located at Saint-Anaclet, near Rimouski, Quebec.

In the absence of control plots, the effect of drainage was assessed from time data using the analysis of variance with repeated measurements. The time data correspond to the means of the increments (radial, apical and volume) and to the means of the form factors before and after drainage, which are determined using stem analysis. The study also includes the assessment of the ligneous production of the experimental plots, which was done by comparing inventories after 5 years.

Comparison of the inventories results in very interesting net annual increment rates for basal area and volume. On the basis of height growth, the spruce-litter forest is comparable to Vézina and Linteau's class II and Plonski's class I. The site index of the spruce-mosses forest is comparable to Vézina and Linteau's class IV and Plonski's class 3.

Analysis of variance does not make it possible to assign to the drainage operations any positive and statistically significant effects on the growth of the 2 species in the 2 forest types under study. In fact, the results show nonsignificant or negative effects for the different increments of the spruce-litter forest. In the spruce-mosses forest, it is found that after drainage, there is a statistically significant increase in radial and apical growths in all growth classes, whereas the effect of drainage on volume increment is nonsignificant.

INTRODUCTION

Dans le cadre de l'aménagement forestier des lots privés dans le Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie, les responsables du comité technique du Service canadien des forêts - Région du Québec à Rimouski ont fait effectuer le drainage de plusieurs massifs boisés. L'objectif de ces travaux était d'abaisser la nappe phréatique par des canaux de drainage afin d'améliorer les conditions de croissance des arbres.

En 1987, le comité technique nous a confié le mandat d'évaluer l'effet du drainage sur la croissance et la production. La première étape de ce mandat consistait, d'une part, à décrire les conditions écologiques et les paramètres dendrométriques des principaux groupements forestiers à Saint-Anaclet et à Cabano et, d'autre part, à établir les parcelles permanentes dans les groupements les plus productifs pour y effectuer un suivi dendrométrique pendant 5 ans.

Les résultats de la première étape ont permis d'installer deux parcelles expérimentales dans la pessière à mousses et dans la pessière à litière pour assurer le suivi quinquennal (Zarnovican, 1989), en plus de caractériser la fertilité stationnelle et la croissance en volume de l'épinette noire (EPN) (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) (Zarnovican, 1990 et 1991).

La deuxième étape du mandat consistait à étudier la croissance et la production de l'épinette noire et du mélèze laricin (MEL) (*Larix laricina* [Du Roi] K. Koch), avant et après le drainage, afin d'évaluer l'effet de l'abaissement de la nappe phréatique après 5 ans.

Dans cette perspective, le présent travail étudie l'effet du drainage sur les principales grandeurs dendrométriques de l'arbre par l'analyse de variance à l'aide du modèle linéaire.

Hypothèses de travail

Pour dégager la part respective du drainage dans le déterminisme régissant la croissance des arbres, les hypothèses suivantes ont été émises :

- 1) La réaction des arbres quant à leur production est semblable lorsqu'ils appartiennent à une même classe de croissance (Horne et collab., 1986);
- 2) Les conditions de croissance après le drainage sont semblables sur toute la parcelle, car la distance minimale entre les arbres et le canal du drainage est de 12 m (Seppälä, 1972).

Objectifs du travail

Compte tenu des ressources mises à notre disposition, du temps alloué ainsi que de l'avancement des travaux de drainage, les objectifs de la présente étude ont été définis ainsi :

- 1) Évaluer la production quinquennale des deux parcelles expérimentales en comparant des inventaires;
- 2) Évaluer les changements survenus dans la croissance de l'épinette noire, en raison du drainage, selon le groupement (pessière à litière et pessière à mousses) et selon la classe de croissance;
- 3) Évaluer les changements survenus dans la croissance du mélèze laricin dans la pessière à litière, en raison du drainage et selon la classe de croissance.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dispositif expérimental

Selon les recommandations du comité technique, le suivi quinquennal a eu lieu à Saint-Anaclet, dans deux parcelles expérimentales de 15 m sur 20 m choisies de façon aléatoire dans la pessière à litière et dans la pessière à mousses (figure 1).

Compte tenu des schémas de classification (Assmann, 1970; Leibundgut, 1956) et de la variabilité de la croissance radiale de l'épinette dans la pessière à mousses (Zarnovican, 1991), trois classes de croissance ont été utilisées, à savoir : supérieure, moyenne et inférieure. Tous les arbres vivants des deux parcelles ont été numérotés et classifiés selon les critères suivants :

- La position de l'arbre dans la hiérarchie sociale du peuplement, telle qu'exprimée par la hauteur;
- La vigueur ou la vitalité de l'arbre, telle qu'exprimée par la grosseur de l'arbre et le volume de sa cime verte.

Un suivi dendrométrique quinquennal a été effectué dans les parcelles expérimentales. La comparaison des inventaires a permis d'établir les principaux paramètres de la production, soit la mortalité et les accroissements périodiques bruts et nets en surface terrière et en volume. Pour comparer l'indice de site de l'épinette noire aux tables de Vézina et Linteau (1968) et de Plonski (1981), la hauteur dominante a été utilisée à partir de l'analyse des tiges.

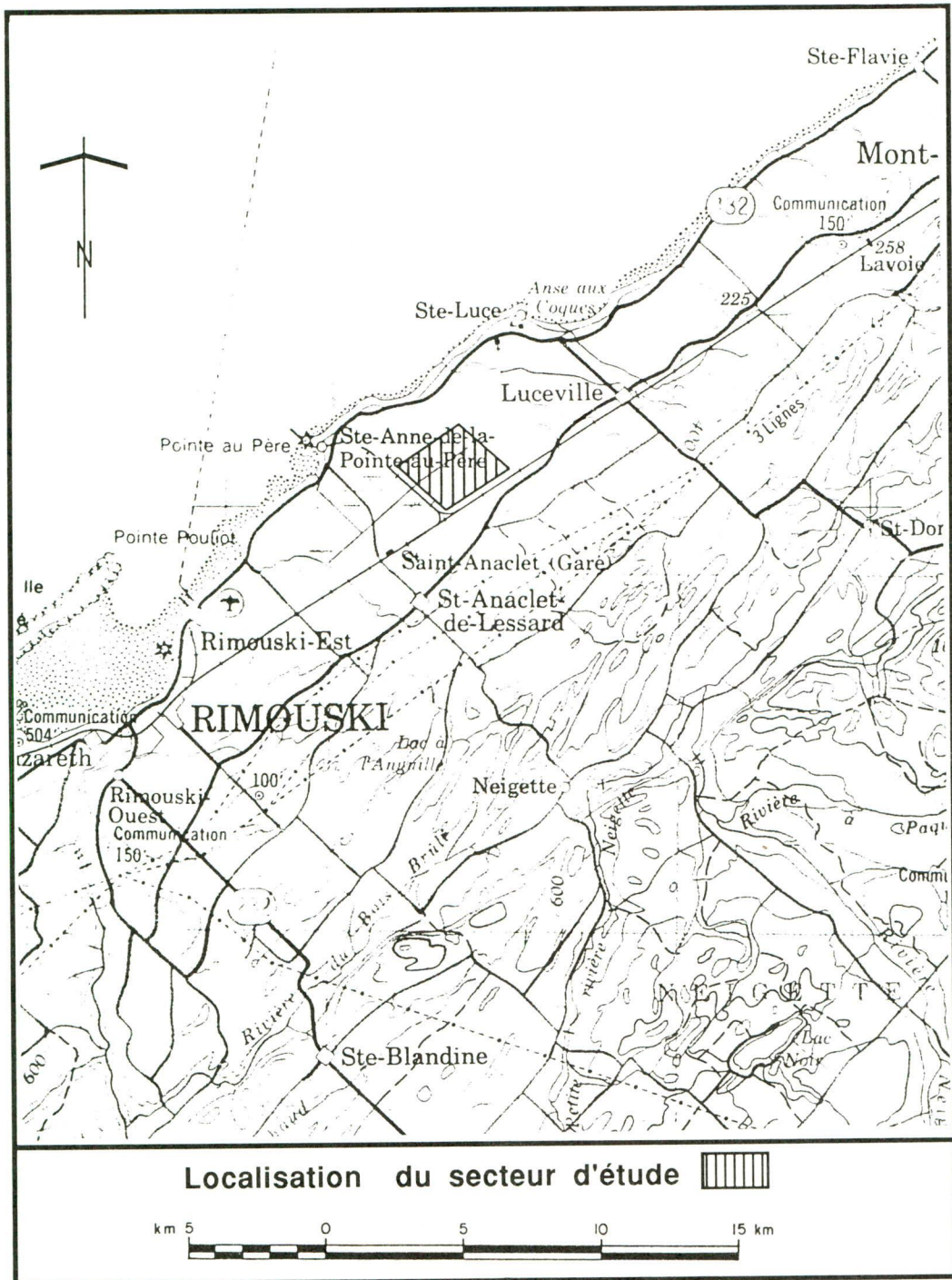


Figure 1. Localisation du secteur d'étude.

L'effet du drainage sur la croissance quinquennale a été déterminé après avoir comparé les moyennes des accroissements annuels avant le drainage aux moyennes des accroissements annuels après le drainage. La comparaison des données temporelles s'est avérée essentielle en raison de l'absence du secteur témoin dans le complexe drainé. Les moyennes des accroissements annuels ont été établies pour chaque classe de croissance à partir de l'analyse de dix arbres choisis de façon aléatoire pour l'épinette noire dans deux parcelles et de cinq arbres pour le mélèze laricin dans la pessière à litière.

Facteurs expérimentaux

L'analyse statistique repose sur l'analyse de variance, et les différents facteurs étudiés sont les suivants :

- Le traitement, avec deux modalités (avant drainage, après drainage);
- La parcelle, avec deux modalités pour l'épinette noire (pessière à mousses, pessière à litière) et avec une modalité pour le mélèze laricin (pessière à litière);
- La classe de croissance, avec trois modalités (inférieure, moyenne et supérieure);
- L'essence, avec deux modalités (épinette noire et mélèze laricin);
- L'arbre, avec dix modalités pour l'épinette noire et cinq pour le mélèze laricin.

Cette description des facteurs permet déjà de formuler certaines observations quant aux analyses possibles. La comparaison des parcelles ne peut se faire qu'avec l'épinette noire. L'étude des espèces utilise un schéma non balancé, car le nombre d'arbres par espèce diffère. De plus, la présence des deux parcelles pour l'épinette noire contre une pour le mélèze doit être prise en considération lors de l'analyse. Les facteurs traitement, classe et essence sont à effet fixe, alors que les autres facteurs sont à effet aléatoire. Les variables dépendantes numériques sont établies au moyen de l'analyse de tiges et constituent les moyennes des accroissements en diamètre (cm.an^{-1}), en hauteur (m.an^{-1}), en volume ($\text{dm}^3.\text{an}^{-1}$) ainsi que les moyennes des coefficients de forme.

Choix du plan expérimental

Le plan expérimental a été déterminé en fonction du coût associé à la cueillette d'échantillons et des ressources allouées par le comité technique. Le choix des arbres est aléatoire stratifié, avec certaines restrictions, à savoir comporter un nombre égal d'arbres

dans chaque classe de croissance et éviter d'ouvrir le peuplement. Pour ce plan expérimental, on reconnaît ce qui suit :

- Les arbres sont emboîtés dans les classes de croissance (un arbre appartient à une seule classe, donc il n'y a pas d'interaction arbre x classe);
- Les classes sont emboîtées dans les parcelles (la définition des classes est propre à chaque parcelle, donc il n'y a pas d'interaction classe x parcelle);
- Les arbres représentent des blocs pour lesquels nous avons deux mesures (avant et après le drainage); ces mesures ne sont donc pas indépendantes;
- Les arbres (blocs) représentent les réplicats, il est donc impossible de les comparer.

Modèle linéaire utilisé

Pour répondre aux objectifs de l'analyse, le modèle linéaire suivant a été choisi :

$$y_{ijklm} = m + t_i + b_j + d_{k(j)} + l_{l(jk)} + (tb)_{ij} + (td)_{ik(j)} + (tl)_{il(jk)} + e_{(ijkl)m} \quad [1]$$

où m = la moyenne générale; t_i = l'effet associé au traitement ($i = 1 =$ avant et $i = 2 =$ après); b_j = l'effet de la j_e parcelle (dans l'étude de l'épinette noire seulement); $d_{k(j)}$ = l'effet de la k_e classe dans la j_e parcelle; $l_{l(jk)}$ = l'effet du l_e arbre dans la k_e classe et dans la j_e parcelle; $(tb)_{ij}$ = l'interaction entre le traitement et la parcelle; $(td)_{ik(j)}$ = l'interaction entre le traitement et la classe; $(tl)_{il(jk)}$ = l'interaction entre le traitement et l'arbre; $e_{(ijkl)m}$ = le terme d'erreur.

Il faut noter que les autres termes d'interaction ne peuvent être inclus dans le modèle puisque les facteurs sont emboîtés. Le tableau 1 présente les espérances des carrés moyens qui permettent de construire les tests adéquats pour les différentes hypothèses dans le cas de l'épinette noire (facteur parcelle présent).

L'étude des espérances des carrés moyens montre que pour tester :

- L'effet du traitement (A), il faut utiliser la statistique $F_1 = CM_A/CM_{AB}$, où CM_{AB} représente les carrés moyens pour l'interaction entre le temps (A) et la parcelle (B);
- L'effet de la parcelle (B), il faut utiliser la statistique $F_2 = CM_B/CM_D$, où CM_D représente les carrés moyens pour le facteur arbre (D);
- L'effet de la classe (C), il faut utiliser la statistique $F_3 = CM_C/CM_D$, où CM_D représente les carrés moyens pour le facteur arbre (D);

- L'interaction traitement x parcelle (AB), il faut utiliser la statistique $F_4 = CM_{AB}/CM_{AD}$, où CM_{AC} représente les carrés moyens pour l'interaction entre le temps (A) et la classe (C);
- L'interaction traitement x classe (AC), il faut utiliser la statistique $F_5 = CM_{AC}/CM_{AD}$, où CM_{AD} représente les carrés moyens pour l'interaction entre le temps (A) et l'arbre (D). Étant donné qu'aucun réplicat autre que le bloc arbre n'est présent dans l'analyse, il est impossible d'estimer la valeur de CM_e et, par le fait même, il est impossible de tester le facteur arbre (D) et l'interaction traitement x arbre (AD).

Tableau 1. Espérances des carrés moyens pour le modèle linéaire portant sur les facteurs traitement (A), parcelle (B), classe (C) et arbre (D) à effet fixe (F) ou aléatoire (R)

Facteur	F	R	F	R	R	E(CM) : Espérance des carrés moyens
	2	2	3	10	1	
	i	j	k	1	m	
A : τ_i	0	2	3	10	1	$E(CM_A) = \sigma^2 + \sigma^2_{\tau\lambda} + 30\sigma^2_{\tau\beta} + 60\sum (\tau_i)^2$
B : β_j	2	1	3	10	1	$E(CM_B) = \sigma^2 + 2\sigma^2_{\lambda} + 60\sigma^2_{\beta}$
C : $\delta_{k(j)}$	2	1	0	10	1	$E(CM_C) = \sigma^2 + 2\sigma^2_{\lambda} + 10\sum (\delta_k)^2$
D : $\lambda_{l(jk)}$	2	1	1	1	1	$E(CM_D) = \sigma^2 + 2\sigma^2_{\lambda}$
AB : $(\tau\beta)_{ij}$	0	1	3	10	1	$E(CM_{AB}) = \sigma^2 + \sigma^2_{\tau\lambda} + 30\sigma^2_{\tau\beta}$
AC : $(\tau\delta)_{ik(j)}$	0	1	0	10	1	$E(CM_{AC}) = \sigma^2 + \sigma^2_{\tau\lambda} + 5\sum \sum ((\tau\delta)_{ik})^2$
AD : $(\tau\lambda)_{il(jk)}$	0	1	1	1	1	$E(CM_{AD}) = \sigma^2 + \sigma^2_{\lambda}$
E : $e_{(ijkl)m}$	1	1	1	1	1	$E(CM_E) = \sigma^2$

Pour la comparaison des essences, le facteur parcelle est remplacé par le facteur essence dans le modèle 1. Comme le facteur essence est à effet fixe et que le facteur parcelle est à effet aléatoire, le test change. Le tableau 2 présente les espérances des carrés moyens en présence du facteur essence. Pour tester les différentes hypothèses, tous les tests demeurent identiques à ceux associés au tableau 1, sauf dans le cas de celui du facteur temps, où la statistique F_1 est remplacée par $F_1^* = CM_A/CM_{AD}$, où CM_{AD} représente les carrés moyens pour l'interaction entre les facteurs temps (A) et arbre (D). L'homogénéité des variances a toujours été testée et, lors du rejet de cette hypothèse, les variables ont été transformées. En présence

d'une interaction significative, l'analyse de variance a été effectuée pour chacune des modalités des facteurs. Les différents tests statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel de SAS Institute Inc. (1985) au seuil critique de 5 %.

Tableau 2. Espérances des carrés moyens pour le modèle linéaire portant sur les facteurs traitement (A), espèce (B), classe (C) et arbre (D) à effet fixe (F) ou aléatoire (R)

Facteur	F	R	F	R	R	E(CM) : Espérance des carrés moyens
	i	j	k	1	m	
A : τ_i	0	2	3	7,5	1	$E(CM_A) = \sigma^2 + \sigma^2_{\tau\lambda} + 45\Sigma (\tau_i)^2$
B : β_j	2	0	3	7,5	1	$E(CM_B) = \sigma^2 + 2\sigma^2_{\lambda} + 45\Sigma (\beta_j)^2$
C : $\delta_{k(j)}$	2	1	0	7,5	1	$E(CM_C) = \sigma^2 + 2\sigma^2_{\lambda} + 7,5\Sigma (\delta_k)^2$
D : $\lambda_{l(jk)}$	2	1	1	1	1	$E(CM_D) = \sigma^2 + 2\sigma^2_{\lambda}$
AB : $(\tau\beta)_{ij}$	0	0	3	7,5	1	$E(CM_{AB}) = \sigma^2 + \sigma^2_{\tau\lambda} + 11,25\Sigma ((\tau\beta)_{ij})^2$
AC : $(\tau\delta)_{ik(j)}$	0	1	0	7,5	1	$E(CM_{AC}) = \sigma^2 + \sigma^2_{\tau\lambda} + 3,75\Sigma ((\tau\delta)_{ik})^2$
AD : $(\tau\lambda)_{il(jk)}$	0	1	1	1	1	$E(CM_{AD}) = \sigma^2 + \sigma^2_{\lambda}$
E : $e_{(ijkl)m}$	1	1	1	1	1	$E(CM_E) = \sigma^2$

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Production des parcelles expérimentales

Pessière à litière

Dans la composition de la pessière à litière, on trouve cinq essences (tableau 3). Toutefois, d'après la surface terrière, le peuplement est formé de trois essences principales, soit l'épinette noire, le mélèze laricin et le thuya de l'Est (THO) (*Thuja occidentalis* L.). La comparaison des deux inventaires (tableau 4) indique la mortalité de sept tiges, concentrée surtout dans les faibles diamètres. Ce tableau montre aussi que le taux de croissance annuel net était de 1,786 % en surface terrière et de 2,487 % en volume. Pour ce qui est de la distribution du volume par classe de diamètres (figure 2), on constate que le volume s'est accru dans les classes supérieures, à l'exception de la classe de 14 cm, alors que, pour les classes inférieures à 12 cm, on constate une diminution de la production en volume de la

peSSIÈRE à litiÈRE. Pour ce qui est de la croissance en hauteur, la peSSIÈRE à litiÈRE est comparable à la classe II de Vézina et Linteau et à la classe I de Plonski.

Tableau 3. Composition de la parcelle expérimentale de la peSSIÈRE à litiÈRE selon la surface terrière (dm²)

Année	Essence					Total
	EPN	MEL	THO	SAB	PRP	
1987	82,83	25,48	8,13	1,10	1,83	119,37
(%)	69	21	7	1	2	
1992	90,17	27,66	9,01	0,82	2,04	129,70
(%)	70	21	7	0,5	1,5	

Note: SAB = sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.); PRP = cerisier de Pennsylvanie (*Prunus Pennsylvanica* L. fil.)

Tableau 4. Production de la parcelle expérimentale de la peSSIÈRE à litiÈRE, de 1987 à 1992

Année	Âge (années)	d _{a.é.} (cm)	h (m)	g _{a.é.} (dm ²)	v _{a.é.} (dm ³)	n
1987	49	11,81	10,7	116,44	7531,6	103
1992	54	12,74	11,4	126,84	8468,2	96
Accroissement net				10,40	936,6	
Mortalité				2,79	155,9	7
Accroissement brut				13,19	1092,5	
Taux annuel net (%)				1,786	2,487	

Note: d_{a.é.} = diamètre avec écorce; h = hauteur; g_{a.é.} = surface terrière avec écorce; v_{a.é.} = volume avec écorce; n = nombre de tiges.

PeSSIÈRE à mousses

Le peuplement de la parcelle expérimentale est formé d'épinettes noires et de mélèzes laricins, avec une nette dominance d'épinettes noires (tableau 5). La comparaison des inventaires (tableau 6) montre une mortalité de trois tiges et un taux d'accroissement annuel net de 1,452 % en surface terrière et de 2,279 % en volume avec écorce.

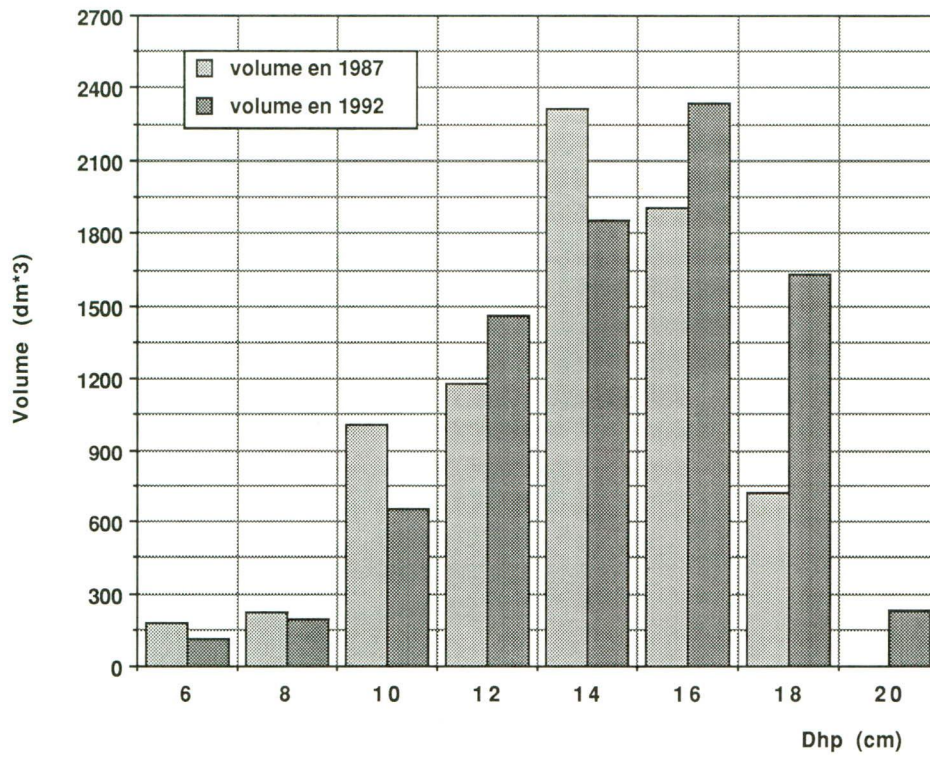


Figure 2. Distribution du volume par classe de dhp en 1987 et en 1992 dans la peissière à litière.

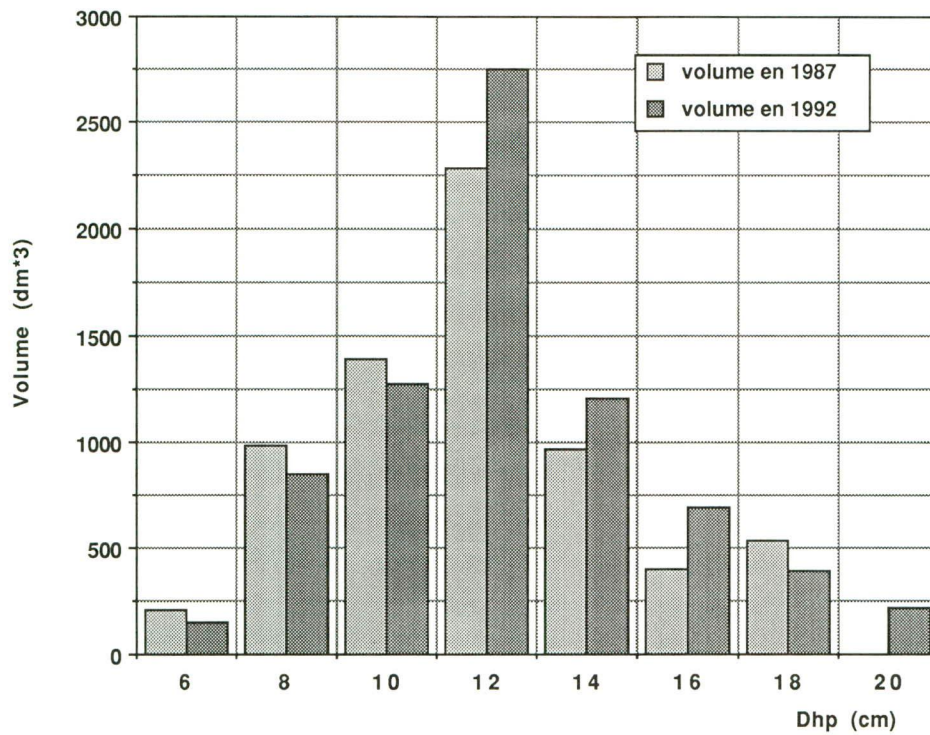


Figure 3. Distribution du volume par classe de dhp en 1987 et en 1992 dans la peissière à mousse.

Tableau 5. Composition de la parcelle expérimentale de la pessière à mousses selon la surface terrière (dm^2)

Année	Essence		Total
	EPN	MEL	
1987	98,30	8,13	106,43
(%)	92	8	
1992	104,66	9,50	114,16
(%)	92	8	

Tableau 6. Production de la parcelle expérimentale de la pessière à mousses, de 1987 à 1992

Année	Âge (années)	$d_{a.é.}$ (cm)	h (m)	$g_{a.é.}$ (dm^2)	$v_{a.é.}$ (dm^3)	n
1987	77	10,35	10,4	106,43	6766,7	119
1992	82	10,86	10,9	114,16	7537,8	116
Accroissement net				7,73	771,1	
Mortalité				2,98	205,0	3
Accroissement brut				10,71	976,1	
Taux annuel net (%)				1,452	2,279	

Note: $d_{a.é.}$ = diamètre avec écorce; h = hauteur; $g_{a.é.}$ = surface terrière avec écorce; $v_{a.é.}$ = volume avec écorce; n = nombre de tiges.

La distribution du volume des deux inventaires (figure 3) indique que le volume des classes inférieures à 12 cm a diminué, alors qu'il s'est accru pour les classes supérieures, sauf pour la classe de 18 cm. La pessière à mousses présente un volume sur pied plus faible que celui de la pessière à litière; la surface terrière, le dhp moyen et la hauteur moyenne du peuplement sont aussi plus faibles. De plus, le rendement en volume annuel est moindre lorsqu'on compare ces données à celles des tables. Ce groupement est comparable à la classe IV de Vézina et Linteau et à la classe 3 de Plonsky.

Enfin, il convient de souligner que le volume avec écorce a été calculé à l'aide des tarifs locaux à deux entrées. La précision de ces tarifs, établie sur un échantillon de 60 arbres, était de $\pm 4,2\%$ avec un biais de $+0,005\%$ pour l'épinette noire. Dans le cas du mélèze

laricin, la précision était de $\pm 5,2 \%$ et le biais de $+ 0,081 \%$ pour un échantillon de 15 arbres. Si l'on admet que les biais sont négligeables et que les erreurs relatives des accroissements sont égales aux erreurs connues des volumes, soit celles des tarifs, et qu'elles sont égales pour les deux inventaires, il est alors possible de donner un ordre de grandeur aux erreurs des accroissements (Kramer et Akça, 1987) selon la formule suivante :

$$e_{iv} = \pm (e_{im} \cdot V_m \cdot \sqrt{2})/n \cdot (V_2 - V_1) \quad [2]$$

Dans cette équation, e_{iv} correspond à l'erreur sur l'accroissement; e_{im} à la moyenne quadratique pondérée des erreurs des tarifs; V_m représente la moyenne quadratique des deux volumes; n , la période de 5 ans; V_2 , le volume de 1992 et V_1 , le volume de 1987.

L'erreur de l'accroissement en volume est de $\pm 10,8 \%$ dans la pessière à litière, alors qu'elle est de $\pm 11,3 \%$ dans la pessière à mousses.

Description des arbres étudiés

Pour évaluer l'effet de l'abaissement de la nappe phréatique sur la croissance des arbres, l'analyse des 75 tiges a été effectuée, ce qui a permis de constituer les moyennes des variables dendrométriques avant et après le drainage. Les principales caractéristiques statistiques des tiges abattues sont résumées au tableau 7. L'analyse de variance des caractéristiques morphométriques de la tige et de la cime a confirmé qu'il existe des différences statistiquement significatives entre les classes de croissance pour l'épinette noire et pour le mélèze laricin dans les deux groupements. Cette analyse indique aussi que la morphométrie du mélèze est différente de celle de l'épinette noire dans la pessière à litière. Enfin, il n'y a pas de différences significatives entre l'âge des arbres des deux essences et celui des trois classes de croissance dans la pessière à litière et dans la pessière à mousses. Toutefois, il est évident que l'âge moyen des arbres des deux parcelles diffère de façon significative.

Tableau 7. Caractéristiques dendrométriques des arbres analysés

Groupement forestier :	Pessière à litière						Pessière à mousses		
	Épinette noire			Mélèze laricin			Épinette noire		
Essence :	sup.	moy.	inf.	sup.	moy.	inf.	sup.	moy.	inf.
Classe de croissance :	sup.	moy.	inf.	sup.	moy.	inf.	sup.	moy.	inf.
Tige :									
âge (ans)	54*	55	53	52	53	52	83	82	81
	1,7**	2,1	1,9	1,3	1,5	1,1	2,7	3,5	3,1
dhp _{a.é.} (cm)	18,2	14,5	11,5	16,8	13,0	9,3	16,8	12,5	9,9
	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	1,8	0,5	0,8
h (m)	14,0	13,0	11,5	13,9	12,2	11,3	13,7	12,1	11,0
	0,6	0,8	0,7	0,8	0,6	0,7	1,0	0,5	0,8
v _{a.é.} (dm ³)	195	118	67	157	88	42	167	84	49
	20	17	8	11	15	5	42	7	10
coeff. forme	0,536	0,547	0,565	0,510	0,539	0,544	0,542	0,563	0,571
	0,012	0,022	0,025	0,027	0,022	0,025	0,027	0,019	0,026
h/dhp	0,774	0,893	1,001	0,824	0,941	1,223	0,817	0,967	1,118
	0,055	0,043	0,079	0,043	0,072	0,052	0,047	0,058	0,073
Cime :									
largeur (m)	2,0	1,6	1,3	2,2	1,8	1,3	2,0	1,5	1,1
	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	0,3	0,2	0,1
longueur (m)	7,9	6,2	4,6	6,0	4,5	3,4	6,9	5,2	4,1
	1,2	1,3	0,9	1,1	1,0	0,5	1,2	1,0	1,1

Note: * = moyenne arithmétique; ** = écart type; sup. = supérieure; moy. = moyenne; inf. = inférieure; dhp_{a.é.} = diamètre à hauteur de poitrine avec écorce; h = hauteur; v_{a.é.} = volume avec écorce

Croissance et drainage

Accroissement en diamètre

Comparaison des parcelles

La comparaison des variances effectuée par le test de Bartlett a permis de conclure à l'inégalité des variances au seuil de 5 % et à la nécessité de transformer des variables ($X^{0,5}$) afin d'obtenir des conclusions valables quant à la signification des termes d'interaction.

En analysant ces termes, on note une forte interaction entre les facteurs classe de croissance et traitement ($F_{4,54} = 7,74$, Prob > F = 0,007), ainsi qu'une interaction significative entre les facteurs parcelle et traitement ($F_{1,54} = 3,90$, Prob > F = 0,007). Ces conclusions ont justifié des analyses de variance pour chaque parcelle.

Dans la pessière à litière (figure 4A), le terme d'interaction entre les facteurs classe et traitement est toujours significatif ($F_{2,27} = 6,65$, Prob > F = 0,005), ce qui nécessite une analyse de variance pour chaque classe de croissance. Les résultats en ce qui a trait aux classes indiquent une diminution significative, au seuil de 5 %, de l'accroissement en diamètre pour la classe supérieure seulement.

Dans la pessière à mousses (figure 4A), le terme d'interaction entre les facteurs classe et traitement n'est plus significatif ($F_{2,27} = 0,46$, Prob > F = 0,634), on peut donc conclure que l'effet du drainage est le même pour toutes les classes de croissance dans cette parcelle. Le test effectué sur le facteur classe ($F_{2,27} = 22,57$, Prob > F = 0,000) indique que l'accroissement en diamètre diffère de façon significative d'une classe de croissance à l'autre, alors que le test effectué sur le facteur traitement ($F_{1,27} = 6,12$, Prob > F = 0,020) montre que l'accroissement en diamètre a augmenté significativement après le drainage.

Comparaison des essences

La comparaison des essences de la pessière à litière montre (figure 4B) que les deux essences ne réagissent pas de la même façon au drainage dans leur croissance radiale (interaction significative entre les facteurs essence et traitement, Prob > F = 0,026). De plus, l'effet du drainage n'est pas le même d'une classe de croissance à l'autre (interaction significative entre les facteurs classe et traitement, Prob > F = 0,0003).

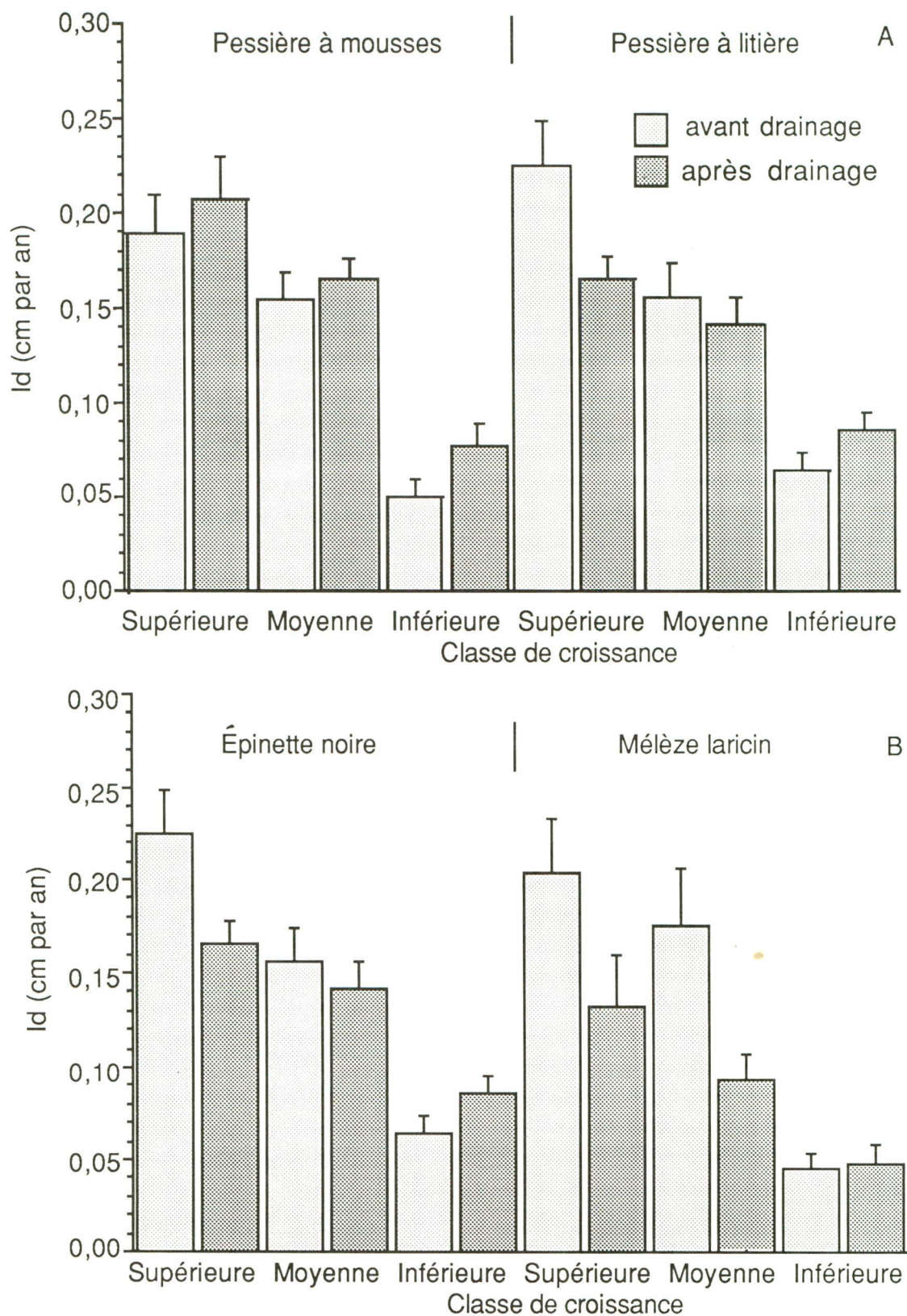


Figure 4. Accroissement en diamètre (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance.

Les résultats de l'analyse de variance pour chaque classe de croissance indiquent ce qui suit :

- Il y a une diminution de la croissance radiale après le drainage ($F_{1,13} = 26,10$, $\text{Prob} > F = 0,0002$) pour les épinettes et les mélèzes de la classe supérieure, et cette diminution est semblable pour les deux essences ($F_{1,13} = 0,86$, $\text{Prob} > F = 0,370$);
- La croissance radiale des épinettes et des mélèzes de la classe moyenne diffère après le drainage; on note une diminution significative chez le mélèze, alors qu'il n'y a aucun changement significatif chez l'épinette noire;
- Il n'y a aucun changement significatif dans la croissance radiale des épinettes et des mélèzes de la classe inférieure ($F_{1,13} = 1,65$, $\text{Prob} > F = 0,221$). Toutefois, on constate que l'accroissement en diamètre de l'épinette est plus grand de façon significative que l'accroissement en diamètre du mélèze (figure 4B).

Accroissement en hauteur

Comparaison des parcelles

Le test de Bartlett confirme l'homogénéité des variances de la croissance apicale dans les différentes combinaisons de modalités des facteurs. L'étude des interactions par l'analyse de variance, pour les facteurs parcelle, classe et traitement, permet de formuler les conclusions suivantes :

- Il n'y a pas d'interaction significative entre les facteurs traitement et classe, ce qui veut dire que l'effet du drainage sur la croissance apicale est le même pour toutes les classes de croissance;
- Il existe une interaction significative entre les facteurs traitement et parcelle, ce qui veut dire que l'effet de drainage sur la croissance en hauteur est différent de façon significative entre les deux parcelles, d'où la nécessité d'une analyse de variance pour chaque parcelle.

Dans la pessière à litière (figure 5A), le test sur le facteur classe ($F_{2,27} = 0,61$, $\text{Prob} > F = 0,553$) montre que l'accroissement en hauteur est le même dans toutes les classes de croissance, alors que le test sur le facteur traitement ($F_{1,27} = 0,61$, $\text{Prob} > F = 0,443$) indique qu'il n'y a eu aucun changement dans la croissance en hauteur après le drainage.

Dans la pessière à mousses (figure 5A), on conclut de nouveau que l'accroissement en hauteur est le même pour toutes les classes de croissance ($F_{2,27} = 1,76$; $\text{Prob} > F = 0,192$).

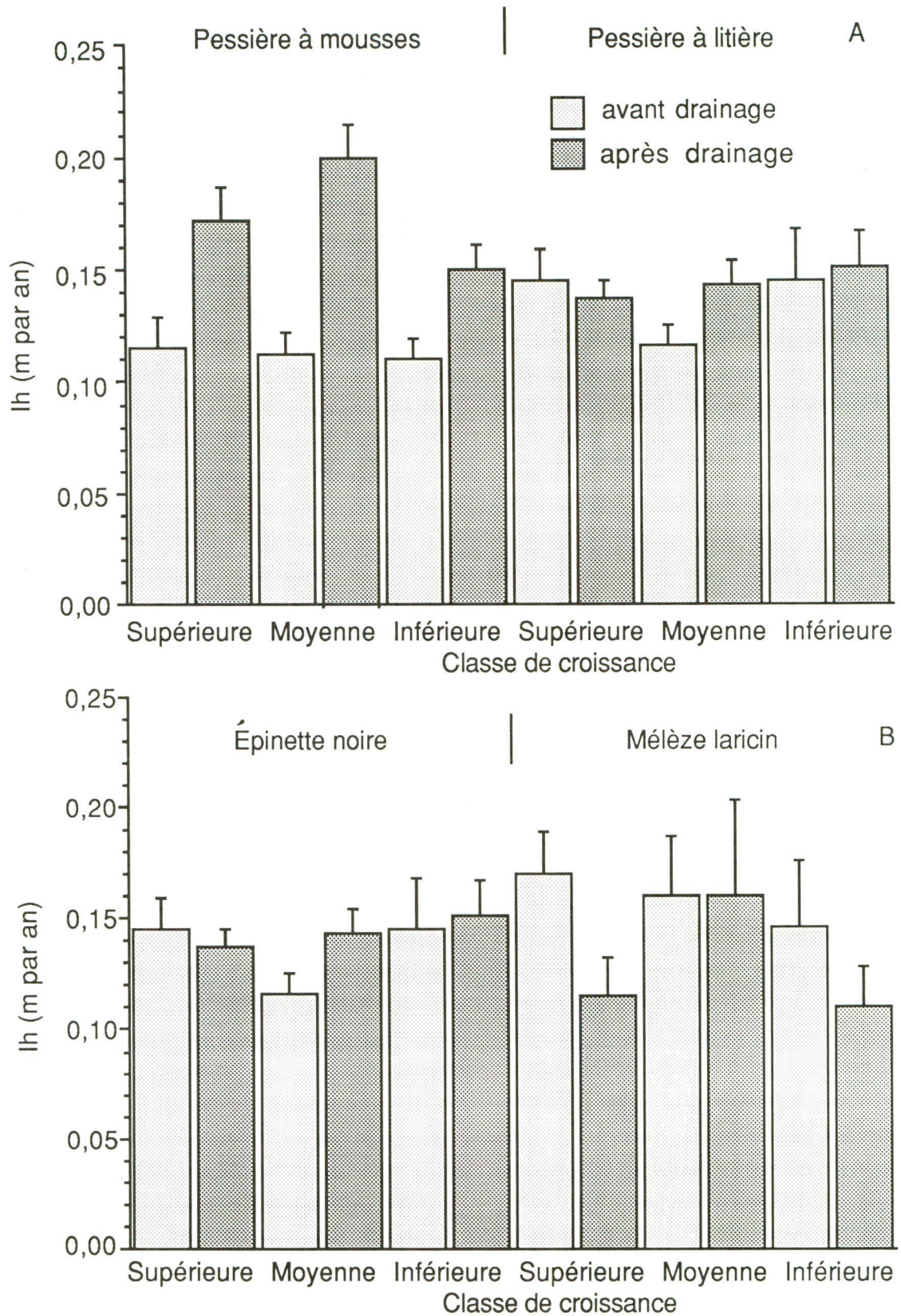


Figure 5. Accroissement apical (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance.

Cependant, le test effectué sur le facteur traitement ($F_{1,27} = 60,31$, $\text{Prob} > F = 0,000$) montre que l'accroissement en hauteur change d'une manière très significative après le drainage. On note alors une augmentation de l'accroissement en hauteur, passant de $0,11 \text{ m.an}^{-1}$ avant le drainage à $0,17 \text{ m.an}^{-1}$ après le drainage.

Comparaison des essences

La comparaison des essences quant à la croissance apicale dans la pessière à litière (figure 5B) ne démontre aucun changement significatif, ce qui veut dire que l'accroissement en hauteur est le même avant et après le drainage et cela pour les deux essences et les trois classes de croissance.

Coefficient de forme

Comparaison des parcelles

La comparaison des variances des coefficients de forme au moyen du test de Bartlett indique qu'elles sont égales dans les différentes combinaisons de modalités des facteurs. Il est ainsi possible d'étudier les interactions pour les facteurs parcelle, classe et traitement. Les résultats de l'analyse de variance montrent ce qui suit :

- Il n'y a pas d'interaction significative entre les facteurs traitement et parcelle ($F_{1,54} = 0,12$, $\text{Prob} > F = 0,727$), ce qui veut dire que l'effet du drainage (figure 6A) sur le coefficient de forme est le même dans les deux parcelles;
- Il y a une interaction significative entre les facteurs traitement et classe ($F_{4,54} = 4,33$, $\text{Prob} > F = 0,004$), ce qui demande une analyse de variance pour chaque classe de croissance afin de vérifier adéquatement le comportement du coefficient de forme après le drainage.

L'analyse de variance du coefficient de forme pour les trois classes de croissance indique que :

- Il y a une augmentation significative du coefficient de forme après le drainage pour la classe supérieure, et le coefficient de forme n'est pas différent de façon significative d'une parcelle à l'autre;
- Il y a aussi une augmentation significative du coefficient de forme après le drainage pour la classe moyenne, et le coefficient de forme n'est toujours pas différent de façon significative d'une parcelle à l'autre;

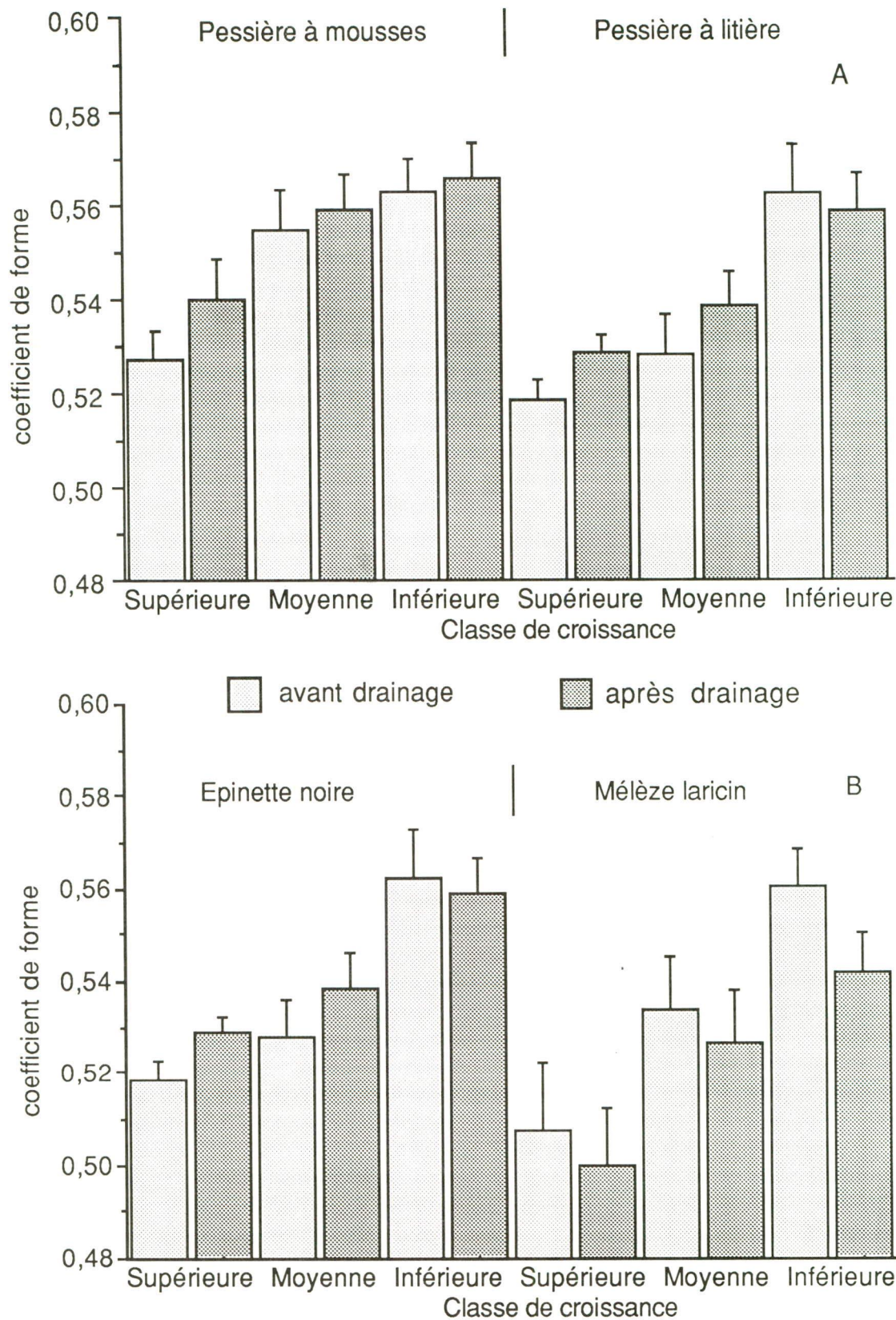


Figure 6. Coefficient de forme (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance.

- Après le drainage, le coefficient de forme des arbres de la classe inférieure ne change pas significativement et il est semblable pour les deux parcelles.

Comparaison des essences

La comparaison des coefficients de forme pour les essences de la pessière à litière (figure 6B) montre que les deux essences n'ont pas réagi de la même façon au drainage, interaction significative entre essence et traitement ($\text{Prob} > F = 0,0001$). De plus, l'effet du drainage est différent d'une classe de croissance à l'autre, car l'interaction entre les facteurs classe et traitement est significative ($\text{Prob} > F = 0,0277$). Enfin, en raison de l'interaction significative entre les facteurs essence et traitement pour chaque classe de croissance, une analyse de variance a été effectuée pour chaque combinaison des facteurs essence et classe.

Les résultats de ces analyses permettent de conclure que le coefficient de forme du mélèze laricin de la classe supérieure ne montre aucun changement significatif après le drainage, alors qu'une augmentation du coefficient de forme après le drainage au seuil de 5 % a déjà été détectée pour l'épinette noire dans cette classe de croissance. Par ailleurs, lorsqu'on étudie seulement la pessière à litière, l'augmentation pour l'épinette noire n'est significative qu'au seuil de 10 %. Aucun changement significatif n'a été observé après le drainage quant au coefficient de forme pour les classes moyenne et inférieure.

Accroissement en volume

Comparaison des parcelles

Dans un premier temps, le test de Bartlett a permis de détecter l'inégalité des variances entre les classes de croissance, ce qui a rendu nécessaire une transformation pour l'accroissement en volume. Les résultats de l'analyse de variance indiquent une interaction significative ($\text{Prob} > F = 0,005$) entre les facteurs parcelle et traitement pour l'accroissement en volume après le drainage dans les deux pessières. On constate (figure 7A) que, dans la pessière à litière, il y avait une diminution de l'accroissement en volume, alors que, dans la pessière à mousses, une augmentation a été observée. Des analyses de variances séparées ont donc été effectuées pour chaque parcelle afin de pouvoir tirer les conclusions pertinentes.

Dans la pessière à litière, l'homogénéité des variances est acceptée, et l'analyse de variance indique une interaction significative ($\text{Prob} > F = 0,006$) entre les facteurs classe et traitement. Dans la pessière à mousses, la transformation logarithmique a été utilisée pour

homogénéiser la variance, et l'analyse de variance montre que l'interaction entre les facteurs classe et traitement est aussi significative (Prob > F = 0,0276).

Ces conclusions nous ont amenés à étudier l'effet du drainage pour chaque classe de croissance. Les résultats de cette analyse permettent d'affirmer que, dans la pessière à litière, la diminution de l'accroissement en volume est significative au seuil de 5 % pour la classe supérieure seulement, alors que, dans la pessière à mousses, cette augmentation n'est significative, au seuil de 5 %, que pour la classe inférieure. Il faut cependant noter que dans la pessière à mousses, il y a une augmentation d'environ $0,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$ pour les trois classes de croissance, mais l'inégalité des variances donne lieu à un résultat significatif seulement pour la variance la plus faible.

Comparaison des essences

La comparaison des accroissements en volume dans la pessière à litière montre (figure 7B) que la réaction des deux essences après le drainage est la même: il s'agit d'une diminution significative au seuil de 5 % de l'accroissement en volume dans la classe supérieure des deux essences.

CONCLUSION

La comparaison des inventaires des deux parcelles expérimentales indique que la pessière à litière est plus productive que la pessière à mousses. La pessière à litière, âgée de 54 ans, a donné un taux annuel net de 1,786 % en surface terrière et de 2,487 % en volume avec écorce. Considéré sous l'angle de la croissance en hauteur dominante, ce groupement est comparable à la classe II de Vézina et Linteau et à la classe I de Plonski.

La pessière à mousses, âgée de 82 ans, a donné un taux annuel net de 1,452 % en surface terrière et de 2,279 % en volume avec écorce. La fertilité stationnelle au plan de la croissance en hauteur dominante est comparable à la classe IV de Vézina et Linteau et à la classe 3 de Plonski.

La comparaison de la croissance avant le drainage avec la croissance après le drainage ne permet pas de tirer des conclusions claires et sans ambiguïté quant à l'effet du drainage sur le rendement.

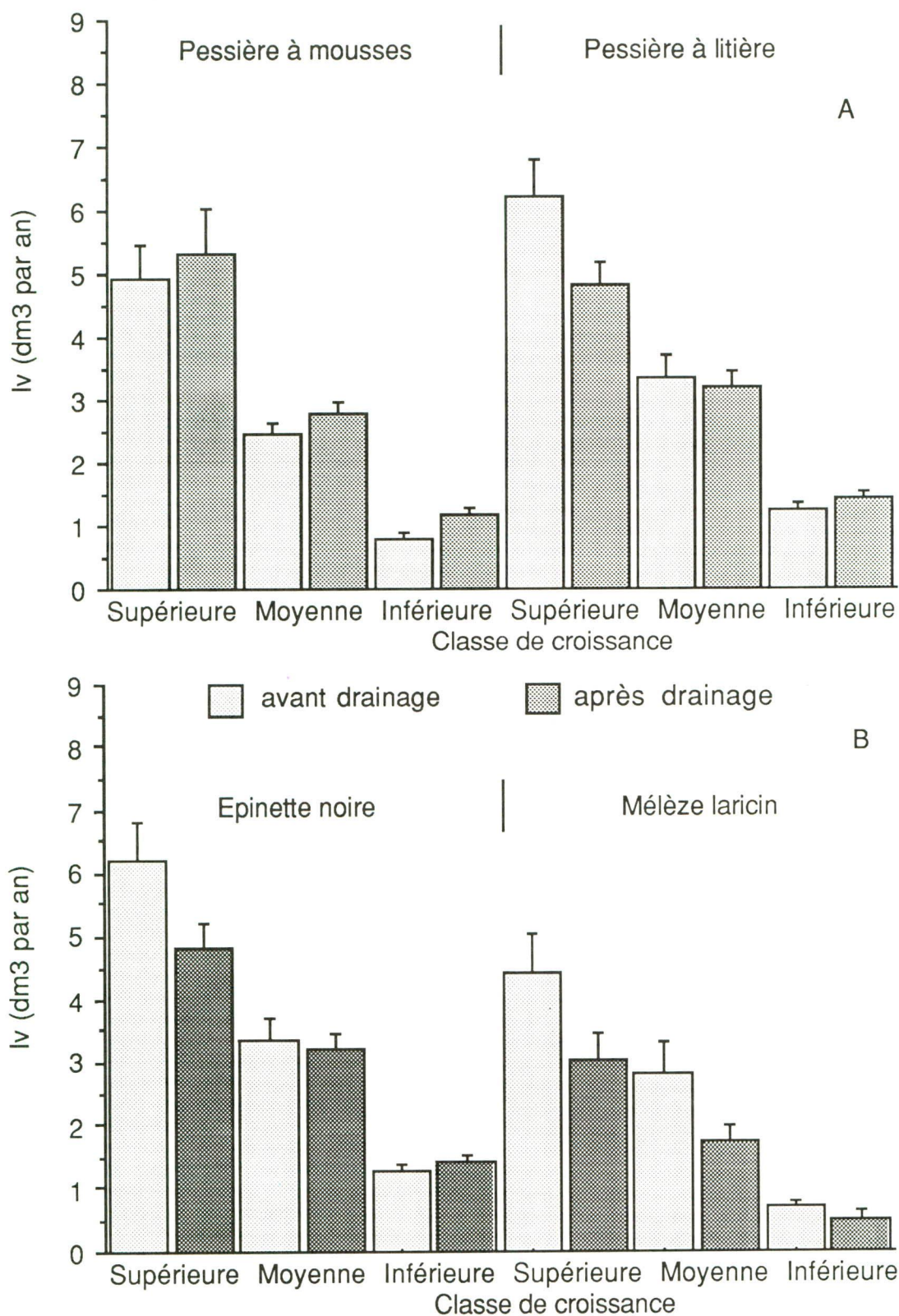


Figure 7. Accroissement en volume (moyenne et erreur type) de l'épinette noire selon le groupement (A) et de l'épinette noire et du mélèze laricin dans la pessière à litière (B) avant et après le drainage selon la classe de croissance.

Selon le résumé des analyses de variances (tableau 8), l'accroissement en volume a enregistré une baisse significative dans la pessière à litière, alors que l'augmentation en volume était significative dans la pessière à mousses seulement dans la classe inférieure.

Il convient cependant de noter que, pour toutes les classes de croissance, les croissances radiale et apicale de l'épinette noire ont été plus importantes dans la pessière à mousses.

Tableau 8. Changements dans la croissance de l'épinette noire et du mélèze laricin à la suite du drainage, selon le groupement forestier et la classe de croissance

Variable	Classe de croissance		
	supérieure	moyenne	inférieure
Pessière à litière : épinette noire			
volume (dm ³ .an ⁻¹)	*↓	N.S.	N.S.
dhp (cm.an ⁻¹)	*↓	N.S.	N.S.
hauteur (m.an ⁻¹)	N.S.	N.S.	N.S.
coefficient de forme	*↑	*↑	N.S.
Pessière à litière: mélèze laricin			
volume (dm ³ .an ⁻¹)	*↓	N.S.	N.S.
dhp (cm.an ⁻¹)	*↓	*↓	N.S.
hauteur (m.an ⁻¹)	N.S.	N.S.	N.S.
coefficient de forme	N.S.	N.S.	N.S.
Pessière à mousses : épinette noire			
volume (dm ³ .an ⁻¹)	N.S.	N.S.	*↑
dhp (cm.an ⁻¹)	*↑	*↑	*↑
hauteur (m.an ⁻¹)	*↑	*↑	*↑
coefficient de forme	*↑	*↑	N.S.

Note: N.S. = non significatif (0,05); *↑ = significatif et positif; *↓ = significatif et négatif.

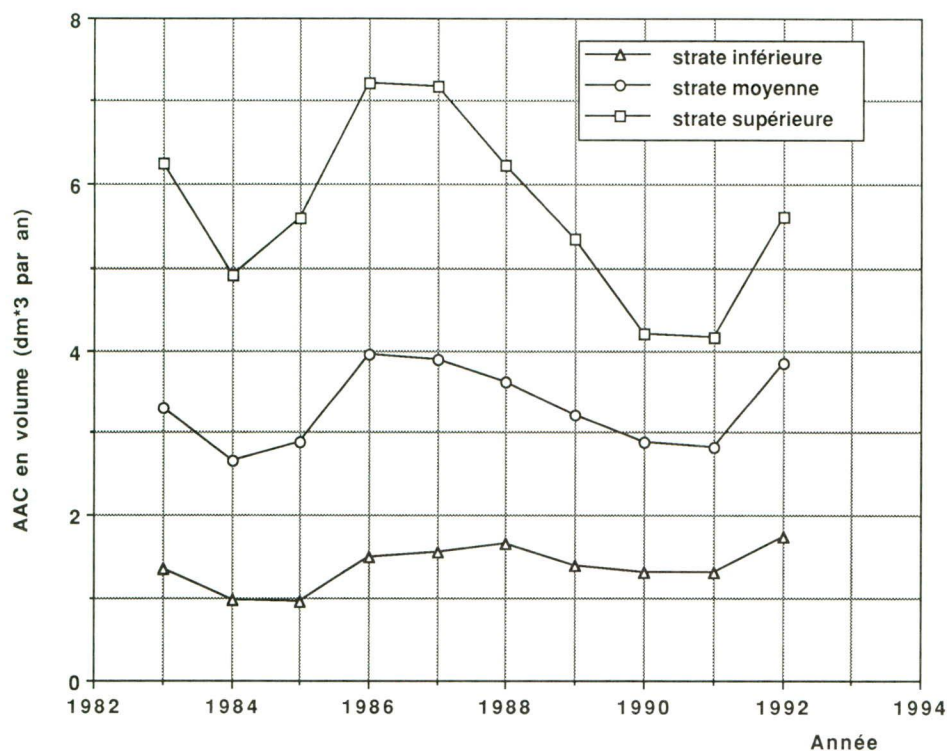


Figure 8. Série moyenne de l'accroissement en volume de l'épinette noire dans la pessière à litière.

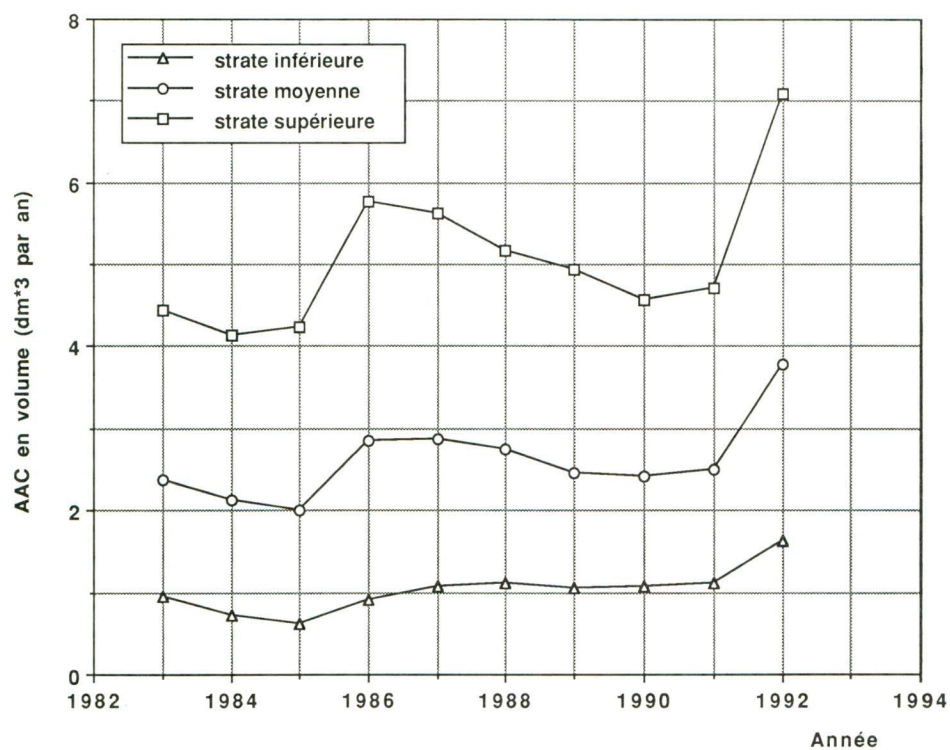


Figure 9. Série moyenne de l'accroissement en volume de l'épinette noire dans la pessière à mousses.

Parmi les explications possibles quant aux résultats du rendement en volume après drainage, il est possible d'en énumérer plusieurs. Par exemple, on sait que, tout comme le mélèze laricin, l'épinette noire a, dans certaines conditions, un développement racinaire superficiel (moins de 40 cm) et latéral (Strong et La Roi, 1983; Lieffers et Rothwell, 1987). De plus, la rhizogénèse plagiotrope de l'épinette noire, souvent marquée par une répétition partielle des axes latéraux (Zarnovican, 1989), aurait pu limiter cette essence à bénéficier de l'abaissement de la nappe phréatique par le drainage.

On peut aussi évoquer le temps de réaction des essences au drainage. Bien que ce temps soit en général assez court (Trottier, 1985), il est possible que, en raison des conditions des parcelles étudiées, le temps de réaction de l'épinette noire et du mélèze laricin au drainage soit beaucoup plus long.

D'autre part, il y a lieu de se demander si le drainage constituait un traitement approprié, étant donné que la nappe phréatique, dans le profil de sol des deux parcelles, se trouvait à plus de 60 cm pendant la saison de croissance en 1987. Or, cette profondeur dépasse nettement celle de la norme biologique de Päävänen et Wells (1978) qui se situe entre 30 et 50 cm pour la période active de la croissance.

Enfin, il est parfaitement possible que l'effet du drainage, s'il y en avait un, ait été masqué par des facteurs beaucoup plus importants, tels que les facteurs climatiques, qui auraient imposé à la croissance des arbres une variation cyclique spécifique. L'effet du climat nous apparaît comme le facteur le plus probable, lorsqu'on examine les séries temporelles des accroissements pour les 10 dernières années (figures 8 et 9) avec une périodicité bien évidente et synchrone. Par ailleurs, pour vérifier ces hypothèses, il serait nécessaire de mener une étude dendrochronologique, ce qui dépasse les objectifs de la présente étude.

REMERCIEMENTS

Nous remercions MM. Denis Vignola et Mario Paradis du Syndicat des producteurs du bois (SPB) du Bas-Saint-Laurent, à Rimouski, pour avoir effectué la récolte des échantillons devant servir à l'analyse de tiges.

Nous remercions aussi M. André Lamontagne, de la compagnie Del Degan, Massé et Ass. de Québec pour avoir procédé à la saisie des données d'analyse de tiges ainsi que M^{me} Paule de Margerie du Centre de foresterie des Laurentides (CFL) pour sa participation aux travaux

d'inventaire sur le terrain et pour avoir fait la compilation et la mise en mémoire des données.

Nous remercions enfin le D^r Jean Begin de l'Université Laval pour ses critiques constructives du manuscrit.

OUVRAGES CONSULTÉS

- Assmann, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press, Oxford.
- Horne, R.; Robinson, G.; Gwalter, J. 1986. Response increment: A method to analyze thinning response in even-aged forests. *For. Sci.* 32(1):243-253.
- Kramer, H.; Akça, A. 1987. Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- Leibundgut, H. 1956. Exemple d'une analyse de peuplements d'après une nouvelle classification des arbres. 12 IUFRO-Congrès, Oxford, 2:92-94.
- 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.
- Päivänen, J.; Wells, E.D. 1978. Guidelines for the development of peatland drainage systems for forestry in Newfoundland. Fisheries and Environment Canada, For. Serv. Newfoundland Forest Research Centre, St. John's, Newfoundland. Inf. Rep. N-X-156.
- Plonski, W. 1981. Normal yield tables (metric) for major forest species of Ontario. For. Resour. Group, Ont. Minist. Nat. Resour.
- SAS Institute Inc. 1985. SAS/STAT guide for personal computers, version 6 Edition. SAS Institute Inc., Cary, N.C.
- Seppälä, K. 1972. Ditch spacing as a regulator of postdrainage stand development in spruce and in pine swamps. *Acta forestalia fennica*, Vol. 125.
- Strong, W.L.; La Roi, G.H. 1983. Root-system morphology of common boreal forest trees in Alberta. *Can. J. For. Res.* 13:1164-1173.
- Trottier, F. 1985. Accroissement de certains peuplements forestiers attribuable à la construction de cours d'eau artificiels. Pages 66-84 in *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, éditeurs. Textes de conférences prononcées au colloque sur le drainage forestier. 10-11 septembre 1985, Sainte-Foy, Québec.*
- Vézina, P.-É.; Linteau, A. 1968. Growth and yield of balsam fir and black spruce in Quebec. *Can. For. Res. Lab. Inf. Rep. Q-X-2.*
- Zarnovican, R. 1989. Suivi des travaux de drainage forestier: (1) Production forestière et caractéristiques écologiques des massifs de Saint-Anaclet et de Cabano. *For. Can. - Région du Québec, Sainte-Foy, Québec. Rapp. inf. LAU-X-90F.*

Zarnovican, R. 1990. Étude de l'accroissement en volume chez l'épinette noire (*Picea mariana* L.).
58^e Congrès de l'ACFAS, Québec, Québec.

Zarnovican, R. 1991. Accroissement en volume de l'épinette noire : précision de sa détermination.
Can. J. For. Res. 21:1816-1822.

