



Gouvernement
du Canada

Government
of Canada

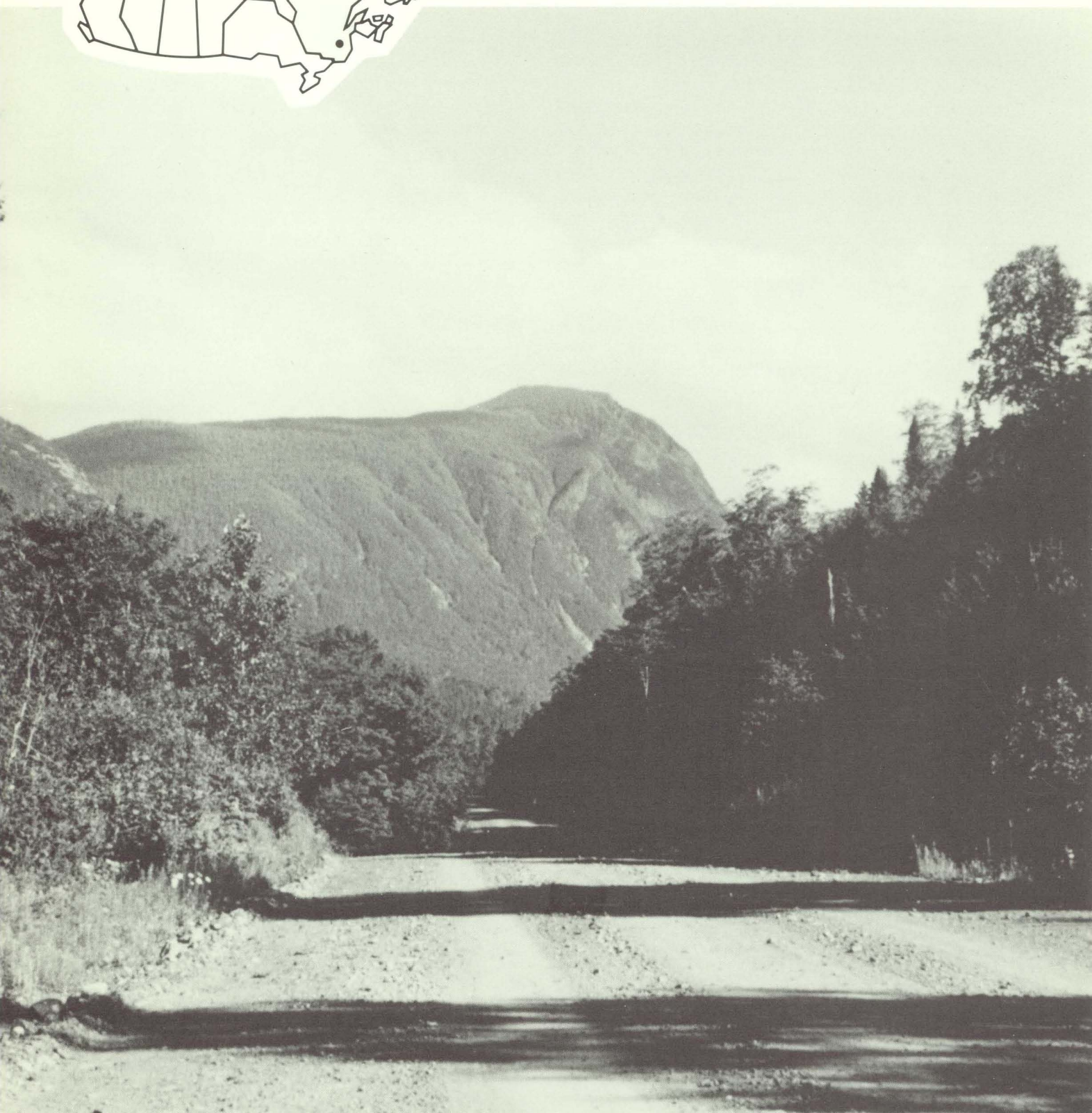
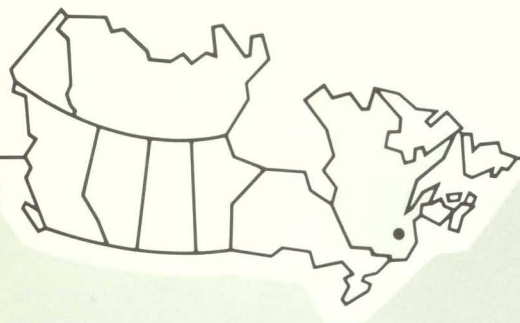
Service
canadien des
forêts

Canadian
Forestry
Service

Analyse de quelques éléments de la production forestière de l'unité de gestion des Chic-Chocs (partie occidentale)

Richard Zarnovican

Rapport d'information LAU-X-74
Centre de foresterie des Laurentides



CENTRE DE FORESTERIE DES LAURENTIDES

Le Centre de foresterie des Laurentides (CFL) est un des six établissements régionaux du Service canadien des forêts (SCF). Le Centre poursuit des travaux de recherche et de développement pour un aménagement et une utilisation plus rationnels des ressources forestières du Québec. En collaboration avec divers groupes et organismes québécois, les chercheurs du CFL visent à acquérir une meilleure compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers en vue de contribuer à solutionner les problèmes majeurs en foresterie au Québec et à développer des méthodes acceptables pour l'amélioration et la sauvegarde de l'environnement forestier.

Au Québec, les activités du SCF portent sur trois éléments majeurs: la recherche dans le domaine des ressources forestières, la recherche dans le domaine de la protection et enfin, le développement forestier. La plupart des travaux sont entrepris pour répondre aux besoins des organismes intéressés à l'aménagement forestier, surtout dans le but d'améliorer la protection, la croissance et la qualité de la ressource forestière de la région. L'information est diffusée sous forme de rapports scientifiques, de feuillets techniques ou autres publications dans le but d'atteindre toutes les catégories d'utilisateurs des résultats de recherche.

LAURENTIAN FORESTRY CENTRE

The Laurentian Forestry Centre (LFC) is one of six regional establishments of the Canadian Forestry Service (CFS). The Centre's objective is to promote, through research and development, the most efficient and rational management and use of Quebec's forest. In cooperation with several Quebec agencies, scientists at LFC seek to acquire a better understanding of how the forest ecosystem works with a view to solving major forestry problems and develop methods to improve and to protect the forest environment.

In the province of Quebec, CFS's program consists of three major elements: forest resources research, forest protection research, and forest development. Most of the research is undertaken in response to the needs of forest management agencies, with the aim of improving the protection, growth, and quality of the region's forest resource. The results of this research are distributed to potential users through scientific and technical reports and other publications.

Analyse de quelques éléments de la production forestière de l'unité de
gestion des Chic-Chocs (partie occidentale)

Richard Zarnovican

Rapport d'information LAU-X-74

1987

Centre de foresterie des Laurentides
Service canadien des forêts

Des exemplaires vous sont offerts gratuitement au:

Centre de foresterie des Laurentides

Service canadien des forêts

1055, rue du P.E.P.S.

C.P. 3800

Sainte-Foy (Québec)

G1V 4C7

N° de catalogue Fo 46-18/74F

ISSN 0835-1589

ISBN 0-662-94099-7

© Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1987

Also available in English under the title: "Analysis of some elements of forest production in the Schickshock Management Unit (western section)"

TABLE DES MATIÈRES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
RÉSUMÉ	vi
ABSTRACT	vi
ÉNONCÉ DE LA PROBLÉMATIQUE ET BUT DU TRAVAIL	1
MÉTHODOLOGIE	2
DÉFINITIONS	3
SYMBOLES	3
FORMULES	3
PRÉPARATION DE DONNÉES	4
QUELQUES HYPOTHÈSES ET LIMITES DU TRAVAIL	5
RÉSULTATS ET DISCUSSION	5
ANALYSE DE QUELQUES GRANDEURS DENDROMÉTRIQUES DE NEUF PRINCIPAUX GROUPES DE STATIONS	8
Taux d'accroissement en volume vs diamètre	8
Accroissement en diamètre vs diamètre	8
Accroissement annuel en volume vs accroissement annuel en diamètre	9
Taux d'accroissement en volume vs taux d'accroissement en diamètre	9
Volume total sans écorce vs diamètre	9
Hauteur vs diamètre	10
Accroissement en volume vs volume	10
Temps de passage vs diamètre	11
FACTEUR D'ÉCORCE DE L'ARBRE	11
Diamètre sous écorce	11
Diamètre sur écorce	12
CONCLUSION	12
RÉFÉRENCES	14
ANNEXE 1	15
ANNEXE 2	25

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1. Caractéristiques dendrométriques du sapin baumier	17
Tableau 2. Principales grandeurs dendrométriques pour le sapin baumier	18
Tableau 3. Caractéristiques biophysiques pour le sapin baumier	19
Tableau 4. Principales grandeurs dendrométriques pour l'épinette blanche du 5e groupe	20
Tableau 5. Caractéristiques biophysiques du 5e groupe	20
Tableau 6. Principales grandeurs dendrométriques pour le bouleau jaune du 6e groupe.	21
Tableau 7. Caractéristiques biophysiques du 6e groupe	21
Tableau 8. Principales grandeurs dendrométriques pour le sapin baumier et l'épinette blanche	22
Tableau 9. Caractéristiques biophysiques pour le sapin baumier et l'épinette blanche	23
Tableau 10. Quelques données sur le boisement et l'espace disponible pour les stations des quatre premiers groupes	24

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour cinq régions de croissance	27
Figure 2. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations	27
Figure 3. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) et l'intervalle d'erreur à craindre au seuil de 95 % pour le sapin baumier des quatre premiers groupes de stations	28
Figure 4. Taux d'accroissement en volume de l'arbre selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations	28
Figure 5. Accroissement annuel en diamètre de l'arbre selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations	29
Figure 6. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon l'accroissement annuel en diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations	29
Figure 7. Taux d'accroissement en volume de l'arbre selon le taux d'accroissement en diamètre à 1,3 m pour neuf groupes de stations	30
Figure 8. Volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations	30
Figure 9. Hauteur de l'arbre selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations	31
Figure 10. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le volume moyen de l'arbre (s.e.) pour neuf groupes de stations	31
Figure 11. Temps de passage selon le diamètre 1,3 m pour neuf groupes de stations	32
Figure 12. Volume d'écorce (en % du volume total de l'arbre) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour le sapin baumier et l'épinette blanche	32

RÉSUMÉ

À partir de données sur la croissance des arbres dominants (Sab, Epb, Boj) de la partie occidentale de l'unité de gestion des Chic-Chocs, quelques aspects de la production en volume ont été analysés.

La comparaison des rendements du sapin baumier (*Abies balsama* (L.) Mill) de cinq régions de croissance (Gerardin *et al.*, 1984) démontre que les régions appelées "Ia, Ib, IIa et IIb" ont un accroissement annuel en volume semblable, malgré les différences altitudinales qui les séparent. Cependant, ce même accroissement est nettement plus faible pour la région III, qui se situe à plus de 600 m d'altitude.

Le regroupement de 67 stations d'étude d'après l'accroissement annuel en volume a permis d'établir neuf groupes de stations. Les quatre premiers groupes de stations représentant le sapin baumier sont statistiquement différents d'après le rendement en volume, en couvrant l'amplitude du plus grand accroissement au plus faible. Le groupe 5 reflète le rendement de l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss) et le groupe 6, le rendement du bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton). Les six premiers groupes sont

Abstract

An analysis was carried out on some aspects of volume production based on data on growth of dominant trees (balsam fir, white spruce, yellow birch) from the western section of the Chic-Chocs Management Unit.

Comparison of balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill) yields in five growth regions shows that the regions termed "Ia, Ib, IIa, and IIb" have similar annual volume increments in spite of their differences in elevation. This same increment is distinctly smaller in region III, which is located above 600 m of elevation.

By grouping 67 research plots according to annual volume increment, nine plot groups were established. The first four plot groups, representing balsam fir, are statistically different in terms of volume yields covering the range from the greatest increment to the smallest. Group 5 reflects the yield of white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss), and Group 6 the yield of yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton). The first six groups are located at elevations below 600 m. Finally, groups 7, 8, and 9 express the yields of balsam fir and white spruce at elevations above 600 m. Finally, groups

situés aux altitudes inférieures à 600 m. Enfin, les groupes 7, 8 et 9 expriment le rendement du sapin baumier et de l'épinette blanche pour les altitudes supérieures à 600 m.

Finalement, l'examen des relations entre les principales grandeurs dendrométriques de neuf groupes de stations complète le présent rapport.

7, 8, and 9 express the yields of balsam fir and white spruce at elevations above 600 m.

The study of the relationships among the main growth dimensions of nine groups of stands completes the present report.

ÉNONCÉ DE LA PROBLÉMATIQUE ET BUT DU TRAVAIL

L'aménagement rationnel de la forêt pour produire la matière ligneuse en quantité et en qualité exige des connaissances détaillées sur la capacité des arbres et des peuplements à produire du bois. Dans le contexte québécois, l'évaluation de cette capacité se fait à l'aide de l'indice de site - la hauteur à un âge donné (Vézina et Linteau, 1968; Bolghari, 1977; Boudoux, 1978), ou de la composition floristique de la forêt (Lafond, 1967) ou bien de l'accroissement (absolu et relatif) en volume (ITC, 1967; Majcen, 1979¹). L'avantage de l'une ou l'autre de ces méthodes dépend largement du contexte d'utilisation, de la précision demandée et de l'objectif poursuivi. Il faut reconnaître cependant que les indices de site et les indices floristiques ne sont que des approximations indirectes de la productivité et de plus,

ils sont liés à la vérification de plusieurs hypothèses. Dans un examen récent (Zarnovican, 1980)², nous avons démontré que les indices de site de Linteau (1957), basés sur la hauteur totale à 50 ans, dérogeaient de la plupart des hypothèses, lorsqu'ils étaient appliqués aux peuplements de sapin dans le massif boisé du lac Joffre. Cette même constatation a été faite aussi par l'équipe de l'Unité de gestion (UG) des Chic-Chocs, lorsqu'ils ont voulu évaluer la productivité des sites exclusivement à l'aide des indices de site (Tourigny, communication personnelle).

L'évaluation de la productivité à partir de l'accroissement en volume absolu ou relatif représente déjà un progrès et une nette amélioration dans la compréhension de la question complexe que forme la productivité forestière. Cependant, il faut reconnaître que l'usage des méthodes basées sur

¹ Majcen, Z. 1979. Relations entre la végétation, les caractères d'habitat et le rendement dans la station forestière d'Argenteuil, Québec (Relationships between vegetation, habitat character and yield in the forest stand of Argenteuil, Quebec). Doc. Thesis Univ. Laval. Fac. For. Geod., Laval Univ., Quebec City, 290 p. (Rapport Int. N° 193, Qué. Minist. Terres & For.).

² Zarnovican, R. 1980. Indices de fertilité et la production dans les sapinières. Pages 3-11 in Aménagement forestier: utilité et utilisation des indices de fertilité au Québec. Unpublished report, LFRC, Sainte-Foy, Québec, 3-11.

l'observation des accroissements en volume doit être fait avec discernement, en tenant compte des variations de la productivité en fonction des caractères propres du peuplement forestier (facteurs endogènes) par rapport à celles qui sont dues aux différentes variables biophysiques (facteurs exogènes).

Le présent rapport analyse les différentes grandeurs dendrométriques, ainsi que leurs interrelations, pour établir les critères quantitatifs propres au classement des stations d'étude et donner ainsi à l'utilisateur (responsables de l'UG-Chic-Chocs) une première évaluation du rendement. Notre rapport fait suite au travail de Gerardin et al. (1984)³, consacré à l'étude des facteurs biophysiques.

MÉTHODOLOGIE

Les données dendrométriques proviennent de parcelles-échantillons, établies lors de travaux d'été en 1978 et 1979 et qui sont concentrées autour du lac Joffre

et de parcelles-échantillons établies en 1984, dans l'ouest du territoire de l'UG. Dans chaque parcelle on a choisi de 3 à 5 arbres, sans défauts apparents sur la cime et sur le tronc et dont le dhp se situait le plus près de la 95e percentile sur la courbe cumulative du nombre de tiges de la parcelle. Sur les arbres ainsi choisis, nous avons effectué l'analyse complète de tige. Rappelons brièvement que l'analyse de tige est une technique dendrométrique qui permet d'étudier le développement des arbres et de reconstituer les phases de croissance avec précision et d'une façon chronologique.

Grâce à cette méthode d'observation, nous avons établi les principales grandeurs dendrométriques de l'arbre, à savoir l'âge, le diamètre, la hauteur, le volume ainsi que les accroissements respectifs. À partir de ces données, il a été possible d'établir les principales relations (allométriques et temporelles), mais aussi de retracer les périodes des épidémies des insectes.

³ Gerardin, V.; Bérubé, D.; Ducruc, J.-P. 1984. Cadre écologique de référence de l'unité de gestion des Chic-Chocs (partie occidentale): Carte des topo-systèmes et des régions de croissance. Contributions de la division des Inventaires écologiques, No. 12, 23 p.

L'analyse de tige a été effectuée au Centre de foresterie des Laurentides (CFL) à l'aide de l'équipement à mesurer les cernes. Quant aux calculs inhérents à la classification, au taux d'accroissement, au temps de passage ou à l'analyse régressive, ils ont été effectués au CFL à l'aide des logiciels disponibles sur l'ordinateur PDP-11/44.

Précisons dès maintenant, que les principales variables dendrométriques reflètent le développement d'un arbre moyen et non pas le développement d'un peuplement moyen.

DÉFINITIONS

L'accroissement d'une grandeur dendrométrique est son augmentation en unité de temps. On peut parler de l'accroissement annuel courant, de l'augmentation par année, ou de l'accroissement moyen périodique qui correspond à l'augmentation moyenne d'une variable par année pour une période donnée. L'accroissement peut être absolu, en m³/ha/an, ou relatif, exprimé en % de la production correspondante. Quand nous parlerons de production dans ce qui suit, il s'agira sauf indication contraire de volume de bois sans écorce, la définition du volume en question étant toujours supposée parfaitement fixée.

SYMBOLES

Pour désigner les différentes grandeurs dendrométriques nous emploierons les symboles usuels: v pour volume, d pour diamètre à hauteur de poitrine ou dhp, i pour l'accroissement annuel courant, p pour le taux d'accroissement, h pour hauteur, t pour le temps de passage et pour l'âge, e pour désigner erreur à craindre au seuil d'une probabilité donnée, N pour le nombre d'observations et enfin n pour le nombre de cernes dans le dernier cm du rayon.

FORMULES

Pour estimer l'accroissement annuel courant nous utiliserons l'accroissement périodique moyen de 2 et de 5 ans. Le calcul est effectué par l'interpolation linéaire, à savoir:

$$i = \frac{v(t_2) - v(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Sur le plan mathématique, cette estimation est valable pour les périodes de 2 et de 5 ans dans les phases de la pleine croissance et après, car le biais est inférieur à 0,01 % (Zarnovican, 1981).

Quant au taux d'accroissement, nous avons utilisé la formule de Pressler, à savoir:

$$p = \frac{200}{n} \cdot \frac{v(t_2) - v(t_1)}{v(t_2) + v(t_1)}$$

de préférence à la formule du taux composé, appelée aussi la formule de Leibniz:

$$p = 100 \left\{ [v(t_2)/v(t_1)]^{1/n} - 1 \right\}$$

car elle introduit un biais considérablement plus grand.

Le temps de passage, c'est-à-dire le nombre d'années pour que le d s'accroisse de 2 cm ou d'une classe, a été calculé à partir de l'accroissement en diamètre par la formule suivante:

$$n = 2/i_d$$

Ce calcul assume que la largeur moyenne d'un cerne est égale à $1/n$ et par conséquent i_d est égal à $2/n$.

Finalement, l'erreur à craindre pour le seuil à 95 %, à l'aide de la formule suivante:

$$e_{0,05} = t_{0,05} [v_x / (N-1)^{1/2}]$$

Il convient de rappeler que $t_{0,05}$ est la valeur du test de Student avec ajustement selon $N-1$ degrés de liberté; quant au v_x , il s'agit du coefficient de variation. L'erreur à craindre nous permet de mesurer tout au moins statistiquement les

différences entre les variables dendrométriques, en spécifiant que la vraie valeur se trouve dans 95 % des cas à l'intérieur d'un intervalle défini.

PRÉPARATION DE DONNÉES

À partir de données sur la croissance, il a été possible d'établir que pendant certaines périodes, le développement d'un arbre a été affecté par les insectes et que la qualité stationnelle fut complètement masquée par ce facteur exogène. Ainsi, il a été possible d'éliminer ces données sur l'accroissement et de n'utiliser que les données qu'on peut raisonnablement considérer comme résultat de la fertilité du site.

Dans un deuxième temps nous avons éliminé de notre collection les données sur la croissance pour la période où le diamètre de l'arbre a été inférieur à 9 cm. Cette élimination avait pour but de ne prendre en considération que les données sur le volume marchand au sens des normes de l'inventaire du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec (MER) d'une part, et d'autre part de nous assurer que la phase juvénile dans la croissance en diamètre et en volume a été dépassée. Ainsi l'estimation de i par l'accroissement périodique moyen (APM) en différentes variables dendrométriques satisfait les critères de la précision.

QUELQUES HYPOTHÈSES ET LIMITES DU TRAVAIL

Les données sur la croissance proviennent d'analyse des arbres dominants selon leur position actuelle dans le peuplement et nous assumons à partir de ces mêmes données que ces arbres ont été dominants aussi dans le passé.

Cette hypothèse s'appuie sur les données de la distribution du nombre de tiges, des sapinières, où la structure diamétrale change avec le temps d'une distribution asymétrique à gauche et leptocurtique vers une distribution normale (Zarnovican, 1983) et qui vérifie aussi la stabilité des hiérarchies dans les peuplements purs et équiennes (Delvaux, 1981). Les résultats de notre travail se limitent donc à la strate des arbres dominants. En plus d'être limités dans l'espace, nos résultats sont limités aussi dans le temps. En effet, selon le travail de Smelko (1976), les données d'analyse de tiges ne permettent pas une prédiction de la croissance future avec une précision acceptable au-delà d'une période de 30 ans.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans un travail signalé plus haut, Gerardin et al. (1984) ont établi un

cadre biophysique de référence à l'aménagement forestier pour la partie occidentale de l'unité de gestion. Parmi les niveaux de perception reconnus, ces auteurs ont proposé les régions de croissance comme une base écologique pour séparer les classes de la productivité forestière. À cet effet, ils ont déterminé les régions de croissance à partir d'une analyse empirique de données altitudinales en affirmant que la forte amplitude de ce facteur dans cette région se reflète directement sur les conditions de croissance et par conséquent sur la productivité de la forêt en matière ligneuse. Au total, ils ont reconnu cinq régions de croissance et ils les ont associées aux tranches altitudinales de 150 m et caractérisées par la température moyenne annuelle et par la précipitation totale annuelle.

L'analyse de données sur la croissance des arbres a été orientée dans un premier temps sur le regroupement de stations par région de croissance, afin de vérifier les hypothèses de Gerardin et al. (op. cit.), quant au pouvoir discriminant de ces unités spatiales sur l'accroissement annuel courant en volume. Rappelons, que les principales grandeurs dendrométriques sont propres au développement d'un individu moyen et non pas au développement d'un peuplement moyen, et

elles sont rapportées au tableau 1. Quant à l'expression graphique de la relation entre l'accroissement annuel courant en volume de l'arbre et le diamètre à hauteur de 1,3 m pour cinq régions de croissance, elle se trouve à la figure 1. À l'examen de ces données on constate que:

- le nombre d'observation varie d'une région à l'autre;
- la région Ia est nettement sous-échantillonnée;
- les régions de croissance Ia, Ib, IIa, IIb sont semblables dans la productivité en volume pour le sapin baumier;
- la région III est différente des autres, d'après le rendement en volume;
- on ne peut pas inférer un pouvoir discriminant aux régions de croissance sur la productivité forestière.

La difficulté de séparer les classes de productivité à l'aide des régions de croissance, nous a amené à effectuer dans un deuxième temps un regroupement des stations non plus selon les régions de croissance, mais selon le rendement en volume.

À l'aide d'un algorithme de classification, nous avons séparé 67 stations

en neuf groupes différents. Les quatre premiers groupes sont formés des stations à dominance de sapin baumier. Les principales variables dendrométriques caractérisant le développement de sapin baumier selon le diamètre à hauteur de 1,3 m se trouvent au tableau 2 et elles sont accompagnées par quelques caractéristiques biophysiques de ces groupes au tableau 3.

Le groupe 5 est composé de stations pour lesquelles nous possédons des données sur la croissance de l'épinette blanche. Les principales grandeurs dendrométriques du groupe sont au tableau 4 et les caractéristiques biophysiques au tableau 5.

Le groupe 6 est formé d'une seule station, comme d'ailleurs les groupes 7,8 et 9. Le groupe 6 représente le rendement et les conditions de croissance pour le bouleau jaune, voir tableaux 6 et 7.

Les groupes 7,8 et 9 proviennent des altitudes supérieures à 600 m. Les données sur la croissance et le rendement ont été regroupées pour l'épinette blanche et le sapin baumier et elles se trouvent au tableau 8. Les caractéristiques biophysiques de trois stations sont résumées au tableau 9.

L'illustration du rendement tel que reflété par l'accroissement annuel en volume et le diamètre à hauteur de 1,3 m pour neuf groupes de stations est à la figure 2. À l'examen de cette figure on note que l'accroissement annuel en volume i_v augmente avec le diamètre croissant, que la forme de la relation entre i_v et d n'est pas linéaire, qu'il existe chez le sapin baumier et l'épinette blanche une augmentation proportionnelle dans l'accroissement i_v pour le même diamètre suivant le groupe de stations, que le bouleau jaune présente une augmentation de i_v selon le d différent de résineux, que le groupe d'épinette blanche donne un rendement comparable au meilleur rendement de sapin baumier, que les groupes 4,8 et 9 sont les moins productifs.

L'algorithme de classification a permis d'une part d'individualiser les groupes de stations par essence et rendement et d'autre part de diminuer la variance de différentes grandeurs dendrométriques et en particulier celle de l'accroissement annuel en volume.

Par exemple, malgré une ressemblance de données biophysique (l'altitude autour de 375 m, les pentes de douces à modérées, le drainage du sol de bien à modérément bien drainé avec le dépôt meuble formé essentiellement de saprolite,

c'est-à-dire de la roche pourrie à noyau de pierre sur les grés schisteux finement grenus) les quatre premiers groupes de stations couvrent néanmoins toute amplitude d'accroissements en volume d'après le diamètre.

Afin de vérifier les différences d'après l'accroissement en volume selon le diamètre des quatre groupes, nous avons reproduit à la figure 3 les données respectives sur le rendement, en ajoutant les courbes enveloppantes et qui forment l'intervale d'erreurs à craindre au seuil de 95 %. Selon le résultat obtenu, les quatre groupes sont effectivement différents au plan statistique l'un de l'autre.

En l'absence de relations entre les rendements en volume et les variables biophysiques disponibles pour les stations des quatre premiers groupes, nous examinerons plus en détails quelques données sur le taux de boisement ou le stocking des peuplements et sur l'espace disponible par arbre des quatre premiers groupes de stations, rapportées au tableau 10.

À l'examen de ces données on note que: - le taux de boisement est sensiblement le même pour quatre groupes des stations; - la superficie moyenne par

arbre dans la station est plus élevée pour les stations du premier groupe et qu'elle décroît pour les groupes suivants avec le minimum pour le 4^e groupe. La même remarque s'applique pour la surface terrière moyenne des stations.

Dans ces conditions, il est possible d'évoquer plusieurs raisons possibles pour expliquer les différences dans le rendement selon le diamètre pour les quatre premiers groupes de stations.

- L'échantillonnage de variables biophysiques n'est pas suffisamment détaillé au niveau de la station pour pouvoir discriminer le rendement, et que
- l'effet des épidémies répétées des insectes a provoqué un stress continu sur la croissance des jeunes peuplements sans qu'il soit perceptible par l'analyse de tige.

ANALYSE DE QUELQUES GRANDEURS DENDROMÉTRIQUES DES NEUF PRINCIPAUX GROUPES DE STATIONS

À la lumière des résultats obtenus avec l'ordination de neuf groupes de stations selon le rendement et après la comparaison de quelques variables biophysiques disponibles, nous nous proposons d'analyser plus en détails quelques grandeurs dendrométriques de l'arbre

moyen et surtout les relations entre elles.

Taux d'accroissement en volume vs diamètre

L'expression relative du rendement est le taux d'accroissement en volume. Rapportés à la figure 4, les taux d'accroissement de neuf groupes de stations sont exprimés en fonction de diamètre à hauteur de 1,3 m.

À l'examen de la figure 4 on constate que: - le taux d'accroissement diminue en fonction du diamètre; - la relation entre les deux grandeurs dendrométriques est curviligne; - la position respective des neuf groupes est la même qu'à la figure 2; - l'erreur à craindre est relativement faible.

Accroissement en diamètre vs diamètre

L'accroissement en diamètre est une grandeur dendrométrique de première importance pour les travaux de terrain, car il est directement mesurable sur la carotte extraite par la tarière de Pressler et il permet de calculer, à l'aide de la formule de différences de tarifs, l'accroissement annuel courant en volume des arbres et des peuplements.

À la figure 5, l'accroissement annuel en diamètre est exprimé en fonction du diamètre pour les neuf groupes de stations. Cette relation est décroissante et de forme plutôt linéaire. Selon la position respective des groupes on constate que l'accroissement en diamètre à lui seul ne permet pas une bonne appréciation du rendement en volume, puisque les groupes 7,8 et 9 ont un accroissement en diamètre aussi élevé que les groupes 2,3,5 et 6. Il convient de préciser cependant que la position respective des quatre premiers groupes reste inchangée.

Accroissement annuel en volume vs accroissement annuel en diamètre

La difficulté d'appréciation du rendement en volume par l'accroissement en diamètre peut être illustrée à la figure 6 à partir de la relation entre l'accroissement annuel en volume et l'accroissement annuel en diamètre. En effet, l'examen de cette figure indique qu'il n'y a pas une relation uniforme entre l'accroissement en volume et celui en diamètre. Par exemple, dans le cas des groupes 1,2,3 et 7, l'accroissement en volume augmente avec une diminution progressive de l'accroissement en diamètre. Quant au groupe 5, l'accroissement en volume augmente tandis que l'accroissement en diamètre reste pratiquement constant. Finalement dans le cas des

groupes 6 et 8, on peut noter une lente augmentation de l'accroissement en volume pour une diminution rapide de l'accroissement en diamètre.

Taux d'accroissement en volume vs taux d'accroissement en diamètre

À l'opposé de la relation entre les accroissements respectifs, la relation entre le taux d'accroissement en volume et le taux d'accroissement en diamètre (voir figure 7) est très étroite et d'une forme plutôt linéaire. Cependant, l'ordination des groupes établie à partir du rendement en volume n'est pas respectée.

Volume total sans écorce vs diamètre

Il s'agit d'une relation de base, appelée aussi tarif de cubage. Illustrée à la figure 8, la relation entre le volume et le diamètre est étroite et curviligne. Selon les résultats obtenus sur l'erreur à craindre, on peut établir le volume à partir du diamètre d'une façon suffisamment précise. L'examen de la figure 8 indique qu'un seul tarif est suffisant pour estimer le volume dans le cas des groupes 1,2,3,4,5 et 6 cependant, la diminution du volume pour le même diamètre devient de plus en plus évidente pour les groupes 7,8 et 9.

Comme ces groupes (7,8 et 9) proviennent des altitudes supérieures à 600 m, nous suggérons alors que des tarifs distincts soient construits pour les altitudes supérieures à 750 m et pour des altitudes inférieures à 750 m.

Hauteur vs diamètre

La relation entre la hauteur et le diamètre est une relation guide dans l'utilisation de tarifs de cubage. Les données sur la hauteur et le diamètre sont rapportées à la figure 9. L'examen de cette figure confirme clairement la nécessité d'avoir des tarifs distincts pour la zone au-dessus et au-dessous de 750 m, d'une part et d'autre part, que le groupe 6, c'est-à-dire celui du bouleau jaune présenté pour le même diamètre, est à une hauteur nettement supérieure par rapport au reste. On peut signaler en outre, que les groupes 1,2,3,4,5 et 7 présentent pour le même diamètre une hauteur sensiblement la même pour le sapin comme pour l'épinette blanche.

Accroissement en volume vs volume

L'aménagement rationnel de la forêt exige des forestiers un suivi et un contrôle régulier de la production du bois et en particulier de l'accroissement annuel courant. On reconnaît cependant

que la mesure directe de cet accroissement se heurte à des difficultés techniques considérables et qu'il n'existe pas pour l'instant de méthodes d'observation satisfaisantes.

En sachant que la structure diamétrale des peuplements de sapin baumier est naturellement normale, il devient intéressant d'examiner les relations entre l'accroissement en volume et le volume de l'arbre moyen. Si une telle relation s'avérait être linéaire, il serait possible de calculer l'accroissement annuel courant en volume d'un peuplement à partir de l'accroissement annuel en volume de l'arbre moyen. Or, c'est précisément l'objet de l'analyse de la figure 10, où nous avons rapporté les données respectives concernant l'accroissement annuel en volume et le volume de l'arbre moyen pour les neuf groupes de stations. Les données indiquent qu'il existe une relation entre cet accroissement et le volume et que cette relation est linéaire. De plus, on peut y reconnaître que l'ordination des groupes des stations est sensiblement la même que pour la productivité. Toutefois, la différence entre le bouleau jaune et les conifères est notable.

Temps de passage vs diamètre

La méthode des différences de tarifs est basée selon sa formulation soit sur l'accroissement annuel en diamètre, soit sur sa valeur réciproque qu'on appelle généralement le temps de passage. Cette grandeur dendrométrique exprime le nombre d'années nécessaires à l'augmentation du diamètre d'une classe. Les données respectives sont rapportées à la figure 11 et elles indiquent une ordination de groupes de stations opposée à celle établie à l'aide de l'accroissement en diamètre et du diamètre. On peut y reconnaître aussi que si l'accroissement en diamètre décroît généralement avec le diamètre croissant, le temps de passage, à l'opposé, augmente habituellement avec le diamètre croissant (voir figure 11).

FACTEUR D'ÉCORCE DE L'ARBRE

Afin d'assurer la continuité des travaux sur l'évaluation de la productivité forestière par les responsables de l'unité de gestion à l'aide de la méthode des différences de tarifs, nous examinerons le dernier élément qui est l'écorce de l'arbre.

Jusqu'à maintenant nous avons parlé de grandeurs dendrométriques sans écorce. Cependant, lors de l'inventaire sur le

terrain, la prise des mesures sur les diamètres se fait avec écorce ou sans écorce et pour cette raison nous croyons nécessaire d'en faire un examen plus détaillé.

Considérons un arbre dont le diamètre à 1,3 m d et le volume v varient en fonction du temps t . À un instant donné, son accroissement courant en volume est dv/vt , que nous pouvons écrire:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dd} \cdot \frac{dd}{dt}$$

Le premier terme de ce produit est donné par la dérivée du tarif de cubage à une entrée $v(d)$ applicable, à l'instant t , à une certaine essence et à une zone de croissance donnée:

$$\frac{dv}{dd} = v'(d)$$

Le deuxième terme $\frac{dd}{dt}$ du produit est l'accroissement courant en diamètre sur ou sous écorce de l'arbre à l'instant t . Il peut être évalué par sondage de l'arbre à la terrière.

Diamètre sous écorce

Il s'agit de la procédure que l'unité de gestion a suivie jusqu'à maintenant et elle est donnée dans notre rapport du 30 novembre 1983 (Zarnovican,

1983). Il convient de rappeler que cette procédure exprime l'accroissement courant en volume sous sa forme relative, donc par le taux d'accroissement en volume, calculé à l'aide de la formule suivante:

$$p_v(\%) = \frac{v'(d)}{v} \cdot \frac{dd}{dt} \cdot 100$$

Diamètre sur écorce

Considérons que l'accroissement périodique moyen i_d peut être calculé à partir de l'accroissement en rayon par l'expression

$$\frac{dd}{dt} = \frac{2(r_2 - r_1)}{t_2 - t_1} \cdot k$$

où r_2 et r_1 sont des rayons au temps t_2 et t_1 et k est le facteur d'écorce. En faisant $r_2 - r_1$ égal à k et $t_2 - t_1$ égal à w et en faisant la substitution dans la formule précédente, on obtient:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{2k}{w} \cdot f \cdot v'(d)$$

L'analyse des données sur l'écorce des 183 arbres de sapin et d'épinette blanche a permis d'établir que le facteur d'écorce k est égal à 1,05235 avec une erreur à craindre au seuil de 95 % égale à 0,00642.

Enfin, l'analyse de données sur le taux d'écorce en volume total de l'arbre et le diamètre avec écorce permettent

d'établir qu'entre les deux grandeurs existe une relation linéaire décroissante (voir figure 12) et très étroite.

D'ailleurs avec l'expression

% d'écorce en volume =

$$14,35801 - 0,1439 \cdot d_{(a.e.)}$$

on peut calculer le pourcentage de l'écorce avec une erreur relative de 3,0 %.

CONCLUSION

La production de la forêt est un processus naturel complexe et difficile à saisir et à modéliser. Pour pouvoir le faire, il faut avoir des dispositifs expérimentaux bien établis et observer la production pendant des périodes suffisamment longues. À partir des données de l'analyse de 183 tiges dominantes de 67 stations d'étude de la partie occidentale de l'UG-Chic-Chocs, nous avons examiné la croissance et le développement des individus moyens par le biais de quelques-unes de leurs grandeurs dendrométriques selon le diamètre à 1,3 m. Conformément aux traditions, nous avons choisi l'accroissement annuel courant en volume de l'arbre moyen pour mesurer la productivité et classer les stations d'étude. Dans un premier temps, cet indice a servi à comparer les unités biophysiques de Gérardin *et al.* (1984).

Le résultat de cette comparaison indique que les unités appelées "régions de croissance" Ia, Ib, IIa et IIb ont un accroissement annuel en volume semblable, malgré les différences altitudinales qui les séparent. Le résultat démontre aussi que pour la tranche altitudinale supérieure à 750 m ce même accroissement est nettement plus faible. Ce résultat nous a amené à comparer l'accroissement annuel en volume d'une station à l'autre et à regrouper les stations ayant le même accroissement. Le procédé a permis d'individualiser neuf groupes de stations, dont quatre groupes représentant le sapin baumier aux altitudes inférieures à 600 m, une station d'épinette blanche, une station pour le bouleau jaune, et trois stations pour le sapin baumier et l'épinette blanche réunis pour les altitudes supérieures à 600 m.

Les groupes 1,2,3,4 et 5 sont bien échantillonnés, quant aux groupes 6,7,8 et 9 un échantillonnage supplémentaire s'impose. Il faut échantillonner particulièrement les essences feuillus (Boj, Ers, Bop) et les résineux (Sab, Epb, Epn et Mel) pour les altitudes supérieures à 600 m. Les quatre premiers groupes de stations, représentant le sapin baumier, sont statistiquement différents d'après leurs accroissements en volume selon le diamètre à 1,3 m en couvrant l'amplitude

du plus grand accroissement au plus faible. Cependant, la ressemblance entre les données biophysiques des stations de quatre groupes, soit l'altitude, le drainage, la pente et l'exposition ne nous permet pas pour l'instant d'expliquer ces différences à l'aide de ces facteurs. De plus, l'analyse des données disponibles sur le boisement et l'espace vital des stations n'indique pas que ces différences sont dues à la structure diamétrale particulière.

Dans des conditions nous pouvons avancer deux hypothèses, soit que:

- l'échantillonnage des variables biophysiques n'est pas assez détaillé au niveau de la station, pour qu'elles puissent expliquer et séparer les différents niveaux de productivité;
- la croissance et le développement des peuplements de sapin baumier et d'épinette blanche sont affectés par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette au point que les stress ne soit pas perceptible, même par l'analyse de tige.

Toutefois, l'examen des données de rendement et de données allométriques (tarif de cubage, hauteur vs diamètre) indique que les stations au-dessus de 750 m d'altitude sont moins productives, que la diminution de la productivité est

progressive et qu'il est nécessaire de construire de tarifs de cubage propres à cette zone.

RÉFÉRENCES

- Bolghari, H.A. 1977. Hauteur dominante et indices de qualité des stations dans les plantations d'épinette blanche et de Norvège. Nat. can. 104: 475-484.
- Boudoux, M. 1978. Tables de rendement empirique pour l'épinette noire, le sapin baumier et le pin gris du Québec. Service de l'information, Min. Terres Forêts-Québec. 101 p.
- Delvaux, J. 1981. Différentiation sociale. Schweiz. Forstwes. 9: 733-749.
- Inventaire des Terres du Canada. 1967. Productivité forestière des terres. Rapp. No. 4, Min. Exp. Écon. Rég., 69 p.
- Lafond, A. 1967. Notes pour l'identification des types forestiers des concessions de la Québec North Shore, Paper Co., 3e édition. Imprimerie Laize Ltée., Hauterive, Québec. 93 p.
- Linteau, A. 1957. Classification des stations forestières de la Section des Conifères du Nord-Est, Région des Forêts Boréales, Québec. Can. Dept. North. Aff., Nat. Resour. For. Br. Bull. No. 118. 85 p.
- Smelko, S. 1976. [Regularities of growth and increment of trees in a stand derived from stem analyses] [In Slovak]. Zbornik vebeckych Prac. LF-VSLD, 18: 59-77.
- Vézina, P.E., et Linteau, A. 1968. Growth and yield of balsam fir and black spruce in Quebec. Can. For. Serv., For. Res. Lab. Sainte-Foy, Québec. Inf. Rep. Q-X-2.
- Zarnovican, R. 1981. À propos de l'estimation de l'accroissement annuel courant par l'accroissement périodique moyen. Can. J. For. Res. 11: 735-738.
- Zarnovican, R. 1983. Production stationnelle dans les sapinières en Gaspésie, Québec. Serv. can. forêts. Centre for. Laurentides, Sainte-Foy, Québec. Rapp. inf. LAU-X-64.

ANNEXE 1

Tableau 1. Caractéristiques dendrométriques du sapin baumier

d cm	N	v dm ³	e _v %	p _v %	e _{p_v} %	i _v dm ³	e _{i_v} * %
Région de croissance Ia							
10	2	39,25	267,6	14,93	26,8	5,85	241,3
12	4	55,77	51,5	12,96	19,6	7,07	32,4
14	4	85,91	38,3	9,50	35,4	7,92	10,8
16	6	125,22	19,5	6,39	12,9	7,89	8,7
18	2	150,46	104,7	5,82	35,9	8,76	140,4
Région de croissance Ib							
10	15	39,09	9,0	9,63	14,2	3,71	14,3
12	43	57,84	5,6	7,80	10,1	4,39	9,5
14	43	87,75	4,9	6,95	8,0	6,07	9,0
16	36	126,67	5,5	5,88	8,2	7,39	9,3
18	21	172,81	6,9	5,48	21,1	9,18	16,5
20	9	216,65	12,3	4,56	20,6	9,90	25,8
22	7	297,50	11,6	3,51	23,9	10,42	26,6
24	6	350,30	23,0	4,70	72,2	15,21	44,4
Région de croissance IIa							
10	15	37,63	7,9	12,63	10,5	4,72	10,5
12	49	55,83	5,2	10,69	7,1	5,78	5,3
14	62	83,27	4,3	8,79	5,7	7,16	4,9
16	66	121,97	3,6	7,10	6,7	8,44	5,3
18	53	168,75	3,5	5,85	6,4	9,72	5,2
20	31	219,89	5,0	5,01	6,5	10,86	5,0
22	10	284,67	9,4	4,89	16,1	13,65	9,5
24	4	332,18	23,6	4,00	34,5	13,07	14,6
Région de croissance IIb							
10	6	31,02	33,0	14,27	20,6	4,35	29,7
12	9	57,55	19,9	10,59	26,9	5,69	14,3
14	13	86,09	11,9	8,34	19,7	6,86	11,7
16	12	133,52	12,4	5,85	20,5	7,53	13,4
18	9	202,83	14,6	4,91	25,3	9,50	10,7
20	8	249,81	15,8	4,05	22,5	9,83	16,1
22	7	303,70	18,9	4,01	27,2	11,82	20,5
24	7	379,85	17,2	3,39	11,3	12,88	20,3
Région de croissance III							
10	8	26,72	14,0	11,11	16,6	2,92	12,1
12	17	44,50	11,4	8,97	7,6	3,91	7,6
14	17	69,50	12,3	6,88	10,3	4,61	6,1
16	7	85,31	19,1	5,26	21,3	4,40	19,3
18	2	110,98	136,1	5,63	4,2	6,25	140,3
20	3	152,82	34,3	4,60	49,8	6,95	16,3
22	2	195,51	54,6	3,45	180,0	6,73	125,8

- *
d = diamètre à hauteur de 1,3 m de l'arbre sans écorce en cm;
N = nombre d'observations;
v = volume total de l'arbre sans écorce;
p_v = taux d'accroissement en volume de l'arbre;
i_v = accroissement annuel en volume de l'arbre sans écorce;
e = erreur à craindre au seuil de 95 %.

Tableau 2. Principales grandeurs dendrométriques pour le sapin baumier

d	N	i _d	e _d	p _d	e _p	v	e _v	i _v	e _i	p _v	e _p	h	e _h	t*
cm		mm	%	%	%	dm ³	%	dm ³	%	%	%	m	%	ans
Groupe 1														
10	7	5,3	15,9	5,02	15,0	37,9	13,4	5,6	11,6	14,8	12,0	8,9	13,3	3,9
12	20	5,3	9,0	4,39	9,4	54,5	9,4	6,6	6,3	12,4	7,2	9,3	6,4	3,9
14	26	4,9	5,7	3,51	5,5	84,1	7,3	8,4	5,5	10,1	5,2	10,8	4,7	4,2
16	18	5,0	7,5	3,11	8,1	120,7	7,4	10,7	5,6	9,0	5,8	12,0	5,4	4,1
18	13	4,8	26,0	2,69	26,3	167,0	9,8	13,2	12,0	8,0	16,4	13,4	7,1	4,5
Groupe 2														
10	17	4,8	14,3	4,64	14,4	34,8	11,1	4,5	11,1	13,3	11,4	7,9	6,9	4,4
12	41	4,5	8,1	3,73	8,6	55,5	6,0	5,6	5,9	10,5	8,1	9,4	4,2	4,9
14	50	4,1	7,5	2,95	7,9	83,4	5,2	6,9	5,0	8,5	6,7	10,7	4,0	5,3
16	35	3,9	7,7	2,43	7,3	116,7	6,1	8,2	5,0	7,2	6,1	11,6	4,6	5,4
18	19	3,8	11,6	2,11	11,7	165,1	8,6	10,2	3,5	6,4	9,7	13,1	6,6	5,6
20	9	3,5	20,6	1,79	20,1	199,1	10,9	11,0	5,9	5,6	11,9	13,3	12,0	6,0
Groupe 3														
10	8	3,8	13,7	3,63	15,5	37,0	17,4	3,9	14,5	10,8	15,2	8,2	9,9	5,4
12	22	3,3	9,7	2,70	10,8	58,3	8,6	4,5	8,3	8,0	10,0	9,3	5,1	6,3
14	27	2,8	7,3	2,01	7,2	86,2	5,7	5,4	6,0	6,3	4,2	11,2	4,2	7,3
16	25	2,6	8,0	1,61	8,5	126,7	6,4	6,5	6,2	5,2	7,7	12,7	4,1	8,1
18	11	2,4	8,8	1,31	10,2	186,5	11,2	8,0	6,3	4,4	8,3	14,3	5,7	8,6
Groupe 4														
10	7	2,4	17,1	2,31	18,2	39,0	13,5	2,7	14,9	7,0	11,4	8,5	8,9	8,6
12	14	2,1	17,0	1,78	17,5	60,0	10,1	3,4	9,2	5,8	11,9	10,2	5,1	10,0
14	6	2,2	13,3	1,65	17,1	81,3	14,1	4,3	10,2	5,3	16,5	11,3	4,8	9,1

*

d = diamètre à hauteur de 1,3 m de l'arbre sans écorce;

N = nombre d'observations;

i = accroissement annuel en diamètre de l'arbre;

d

p = taux d'accroissement en diamètre de l'arbre;

d

v = volume de l'arbre sans écorce;

i = accroissement annuel en volume de l'arbre sans écorce;

v

p = taux d'accroissement en volume de l'arbre;

v

h = hauteur de l'arbre;

t = temps de passage ou le nombre des cernes dans la classe de 2 cm;

e = erreur à craindre au seuil de 95 %.

Tableau 3. Caractéristiques biophysiques pour le sapin baumier

Groupe 1

Altitude: moyen= 360 m, écart type= 68 m; Pente: moyen= 4,6 %, écart type= 4,7 %;

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; Région de croissance: Ia Ib IIa IIb III
(%) 40 33 - 7 - - 7 - 13 (%) 7 20 73 - -

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; Dépôt meuble: lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R)
(%) - 33 67 - - (%) 53 20 7 7 7 6

Groupe 2

Altitude: moyen= 397 m, écart type= 79 m; Pente: moyen= 14,6 %, écart type= 11,7 %

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; Région de croissance: Ia Ib IIa IIb III
(%) 8 38 4 - 8 17 13 4 8 (%) - 29 58 13 -

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; Dépôt meuble: lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R) lgm
(%) 17 46 29 8 - (%) 79 5 4 - - 8 4

Groupe 3

Altitude: moyen= 377 m, écart type= 59 m; Pente: moyen= 12,7 %, écart type= 12,5 %;

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; Région de croissance: Ia Ib IIa IIb III
(%) - 20 - 7 - 27 13 20 13 (%) - 56 31 13 -

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; Dépôt meuble: lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R)
(%) 6 31 56 7 - (%) 100 - - - - -

Groupe 4

Altitude: moyen= 375 m, écart type= 12 m; Pente: moyen= 9 %, écart type= 4,6 %

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; Région de croissance: Ia Ib IIa IIb III
(%) - 67 - - - - - - 33 (%) - 67 33 - -

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; Dépôt meuble: lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R) lgm
(%) - 67 33 - - (%) 100 - - - - -

Tableau 4. Principales grandeurs dendrométriques pour l'épinette blanche du 5^e groupe

d	N	i	e	p	e	v	e	i	e	p	e	h	e	t
cm		d	i	d	p	d	v	i	e	v	p	v	h	e
		mm	%	%	%	dm ³	%	dm ³	%	%	%	m	%	ans
10	7	5,2	35,4	4,9	35,4	39,5	7,5	5,4	25,9	13,7	26,5	8,9	11,7	4,4
12	12	4,9	28,5	4,0	28,6	59,7	10,5	6,3	19,2	10,9	22,9	9,8	12,7	4,9
14	18	4,2	18,7	3,0	19,7	90,4	8,2	7,5	10,4	8,6	15,7	11,6	8,3	5,5
16	25	4,4	15,1	2,8	15,1	121,5	9,3	9,4	9,7	8,0	12,1	12,2	8,6	5,1
18	18	4,5	14,4	2,5	14,2	170,3	10,0	12,3	9,0	7,5	12,9	13,8	9,2	4,8
20	18	4,4	15,7	2,2	15,5	231,6	9,7	14,9	10,1	6,6	13,4	15,1	8,2	4,9
22	7	4,4	21,8	2,0	21,8	267,0	10,6	16,8	19,4	6,3	15,9	15,4	8,8	4,8

*

d = diamètre à hauteur de 1,3 m de l'arbre sans écorce;

N = nombre d'observations;

i = accroissement annuel en diamètre de l'arbre;

d

p = taux d'accroissement en diamètre de l'arbre;

d

v = volume de l'arbre sans écorce;

i = accroissement annuel en volume de l'arbre sans écorce;

v

p = taux d'accroissement en volume de l'arbre;

v

h = hauteur de l'arbre;

t = temps de passage ou le nombre des cernes dans la classe de 2 cm;

e = erreur à craindre au seuil de 95 %.

Tableau 5. Caractéristiques biophysiques du 5^e groupe

Altitude: moyen= 358 m, écart type= 66 m; **Pente:** moyen= 10 %, écart type= 9 %;

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; **Région de croissance:** Ia Ib IIa IIb III
(%) 14 43 - - - 21 8 - 14 (%) 7 22 71 - -

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; **Dépôt meuble:** lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R)
(%) 7 43 36 14 - (%) 79 7 - - - 14

Tableau 6. Principales grandeurs dendrométriques pour le bouleau jaune du 6^e groupe

d	N	i_d	e_{i_d}	p_d	e_{p_d}	v	e_v	i_v	e_{i_v}	p_v	e_{p_v}	h	e_h	t*
cm		mm	%	%	%	dm ³	%	dm ³	%	%	%	m	%	ans
12	4	5,6	24,8	4,7	23,4	59,5	26,5	7,3	31,0	12,2	16,5	11,6	5,9	3,6
14	4	5,4	34,7	3,8	37,2	92,3	21,8	8,6	24,6	9,4	31,5	12,7	3,9	3,8
16	5	4,5	18,5	2,8	16,7	128,4	14,2	8,3	15,8	6,4	9,3	13,8	3,9	4,5
18	5	3,6	28,7	2,0	30,6	174,1	11,4	9,0	19,2	5,2	27,0	15,0	3,3	5,8
20	4	3,4	35,9	1,7	34,3	214,3	10,1	9,5	24,5	4,5	28,5	15,9	4,5	6,1

*

d - diamètre à hauteur de 1,3 m de l'arbre sans écorce;

N - nombre d'observations;

i_d - accroissement annuel en diamètre de l'arbre;

d

p_d - taux d'accroissement en diamètre de l'arbre;

d

v - volume de l'arbre sans écorce;

i_v - accroissement annuel en volume de l'arbre sans écorce;

v

p_v - taux d'accroissement en volume de l'arbre;

v

h - hauteur de l'arbre;

t - temps de passage ou le nombre des cernes dans la classe de 2 cm;

e - erreur à craindre au seuil de 95 %.

Tableau 7. Caractéristiques biophysiques du 6^e groupe

Altitude: moyen= 330 m, écart type= — m; **Pente:** moyen= 0 %, écart type= — %;

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; **Région de croissance:** Ia Ib IIa IIb III
(%) 100 - - - - - - - - (%) - 100 - - -

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; **Dépôt meuble:** lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R)
(%) - 100 - - - (%) 100 - - - -

Tableau 8. Principales grandeurs dendrométriques pour le sapin
baumier et l'épinette blanche

d cm	N	i_d mm	e_i %	p_d %	e_p %	v dm ³	e_v %	i_v dm ³	e_i %	p_v %	e_p %	h m	e_h %	t ans
Groupe 7														
10	7	3,5	13,4	3,4	13,9	30,9	12,1	3,2	15,5	10,2	11,2	7,5	7,6	5,8
12	14	3,3	8,0	2,8	8,4	51,5	11,1	4,5	10,9	8,9	7,9	9,2	4,4	6,1
14	8	3,0	13,6	2,2	14,8	79,3	12,6	5,4	11,0	6,9	11,6	10,7	5,2	6,8
Groupe 8														
10	4	4,8	25,3	4,8	26,6	24,2	27,0	3,0	30,7	12,6	25,0	5,3	9,0	4,2
12	13	4,3	8,4	3,6	10,0	37,1	11,2	3,4	12,3	9,3	8,9	5,8	5,8	4,7
14	9	4,2	11,0	3,0	12,0	54,6	11,4	4,3	13,9	7,9	10,0	8,7	7,1	4,9
16	3	3,2	39,5	2,1	33,8	72,7	16,1	4,2	42,9	5,8	49,0	7,0	16,2	6,3
Groupe 9														
12	3	3,5	54,2	2,9	68,7	43,1	21,8	3,4	69,9	7,7	57,4	7,1	27,5	5,9
14	3	3,8	27,0	2,8	33,0	63,1	26,9	4,7	57,4	7,4	44,4	8,0	34,0	5,2
16	2	3,6	65,2	2,3	78,7	83,4	59,6	4,8	85,0	5,7	86,4	8,3	14,7	5,8
18	2	3,7	53,9	2,1	68,1	110,9	66,1	6,3	90,3	5,6	11,2	9,3	8,2	5,5

*

d = diamètre à hauteur de 1,3 m de l'arbre sans écorce;

N = nombre d'observations;

 i_d = accroissement annuel en diamètre de l'arbre; p_d = taux d'accroissement en diamètre de l'arbre;

v = volume de l'arbre sans écorce;

 i_v = accroissement annuel en volume de l'arbre sans écorce; p_v = taux d'accroissement en volume de l'arbre;

h = hauteur de l'arbre;

t = temps de passage ou le nombre des cernes dans la classe de 2 cm;

e = erreur à craindre au seuil de 95 %.

Tableau 9. Caractéristiques biophysiques pour le sapin baumier et l'épinette blanche

Groupe 7

Altitude: moyen= 660 m, écart type= — m; **Pente:** moyen= 10 %, écart type= — %;

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; Région de croissance: Ia Ib IIa IIb III
(%) - - - - - - - - 100 (%) - - - - 100

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; Dépôt meuble: lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R) lgm
(%) - 100 - - - (%) - - - - - 100

Groupe 8

Altitude: moyen= 870 m, écart type= — m; **Pente:** moyen= 7 %, écart type= — %;

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; Région de croissance: Ia Ib IIa IIb III
(%) - - 100 - - - - - (%) - - - - 100

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; Dépôt meuble: lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R) lgm
(%) - 100 - - - (%) - - - - - 100

Groupe 9

Altitude: moyen= 825 m, écart type= — m; **Pente:** moyen= 10 %, écart type= — %;

Exposition: nulle N NE E SE S SO O NO ; Région de croissance: Ia Ib IIa IIb III
(%) - - - 100 - - - - - (%) - - - - 100

Drainage (classe): 1 2 3 4 5 ; Dépôt meuble: lsg lsg(R) lsa(R) 2bg lfo lcg(R) lgm
(%) - - 100 - - (%) - - - - - 100

Tableau 10. Quelques données sur le boisement et l'espace disponible pour les stations des 4 premiers groupes

Groupe		1	2	3	4
Taux de boisement (%)	moy	90,6	84,0	93,2	91,3
	s_x	13,1	10,1	10,0	3,8
Superficie par arbre (m ²)	moy	4,84	3,73	2,59	1,51
	s_x	1,20	2,03	1,44	0,66
Surface terrière moyenne (dm ³)	moy	2,39	1,92	1,48	0,92
	s_x	0,68	0,74	0,54	0,31
Nombre de stations		7	19	16	3

ANNEXE 2

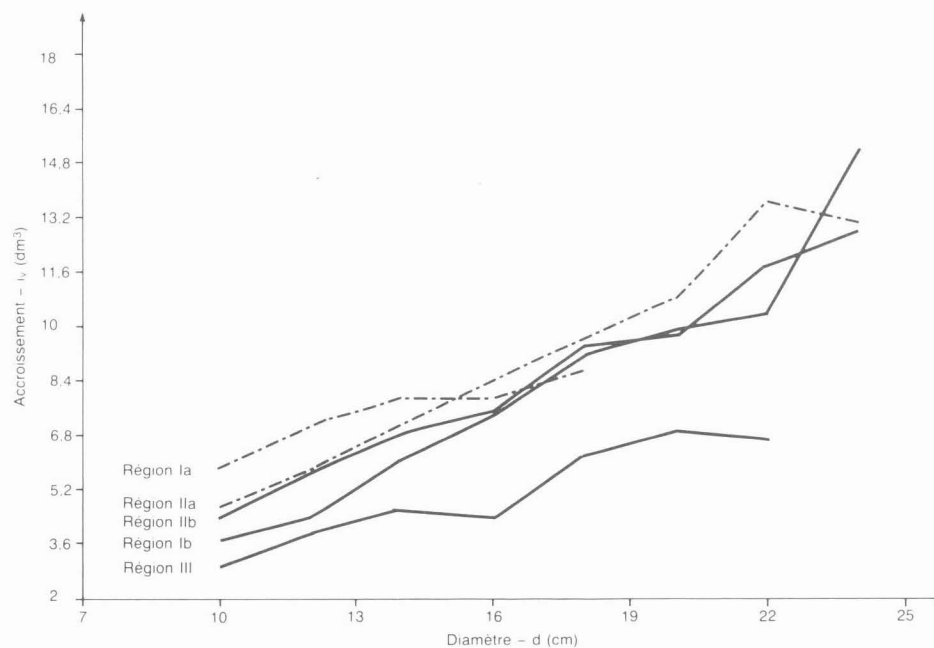


Figure 1. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour cinq régions de croissance.

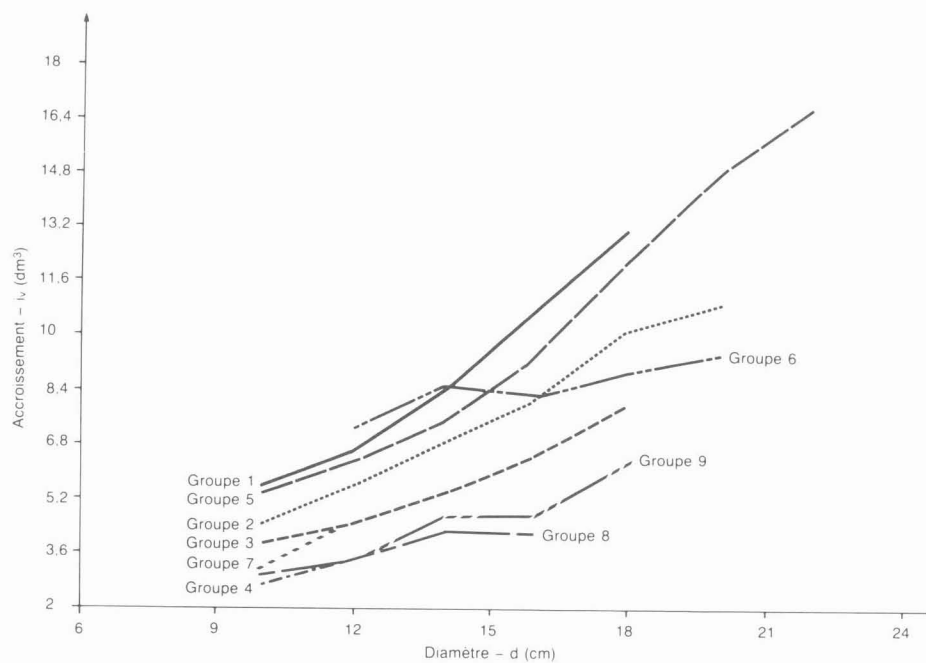


Figure 2. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations.

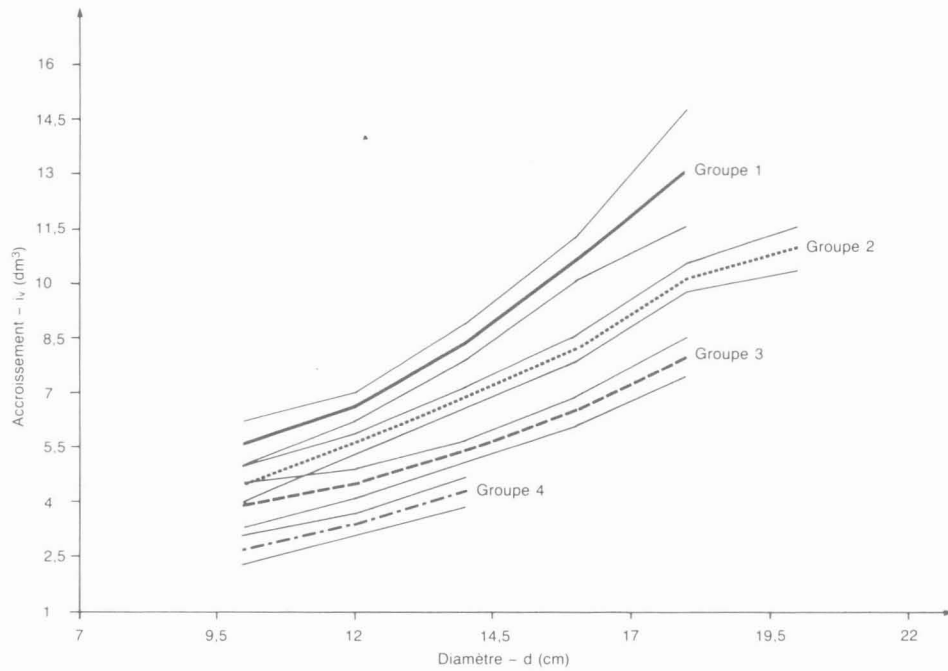


Figure 3. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) et l'intervalle de l'erreur à craindre au seuil de 95 % pour le sapin baumier des quatre premiers groupes de stations.

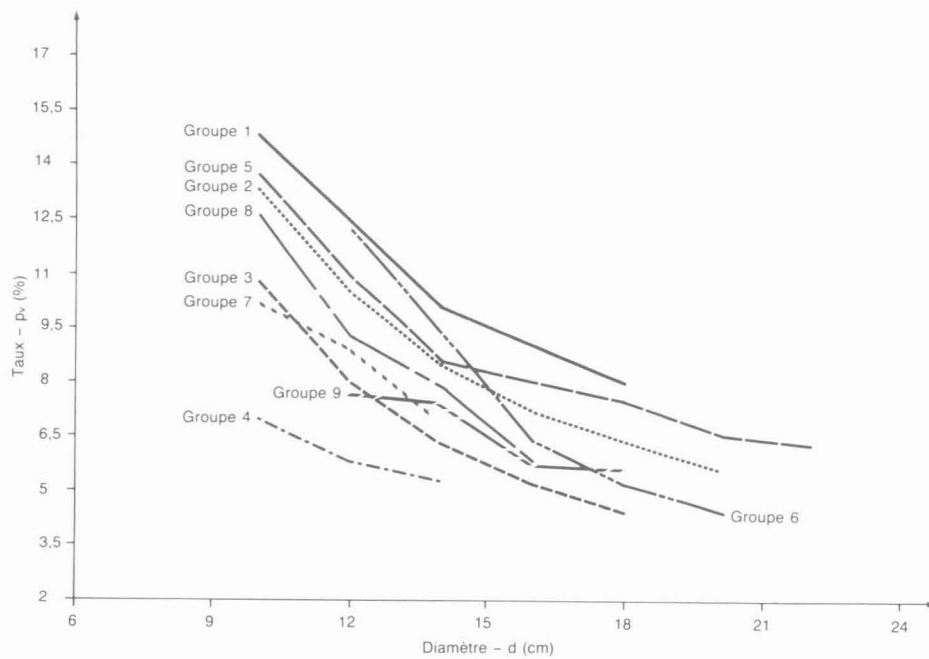


Figure 4. Taux d'accroissement en volume de l'arbre selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations.

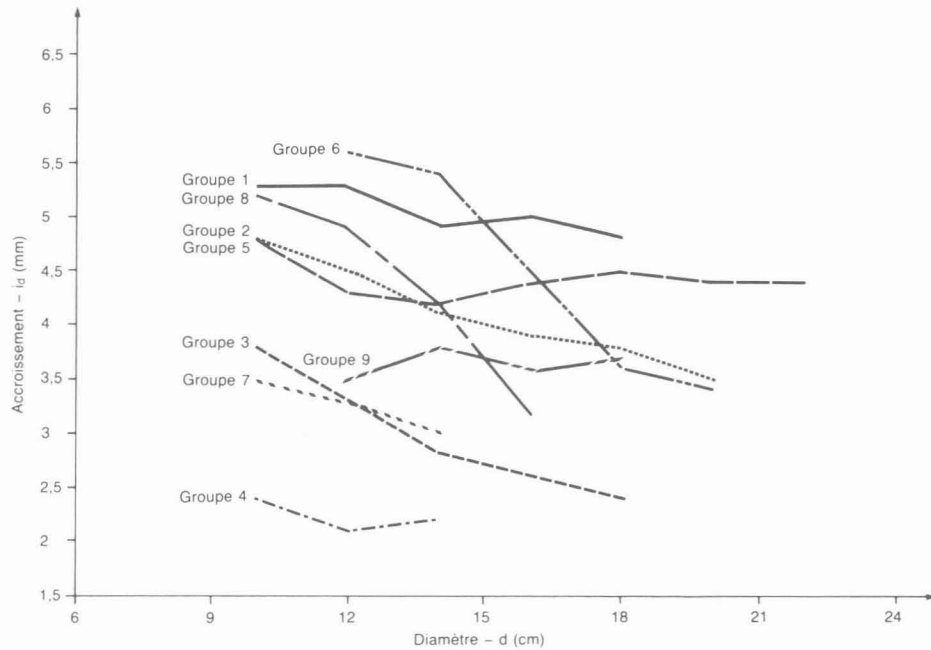


Figure 5. Accroissement annuel en diamètre de l'arbre selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations.

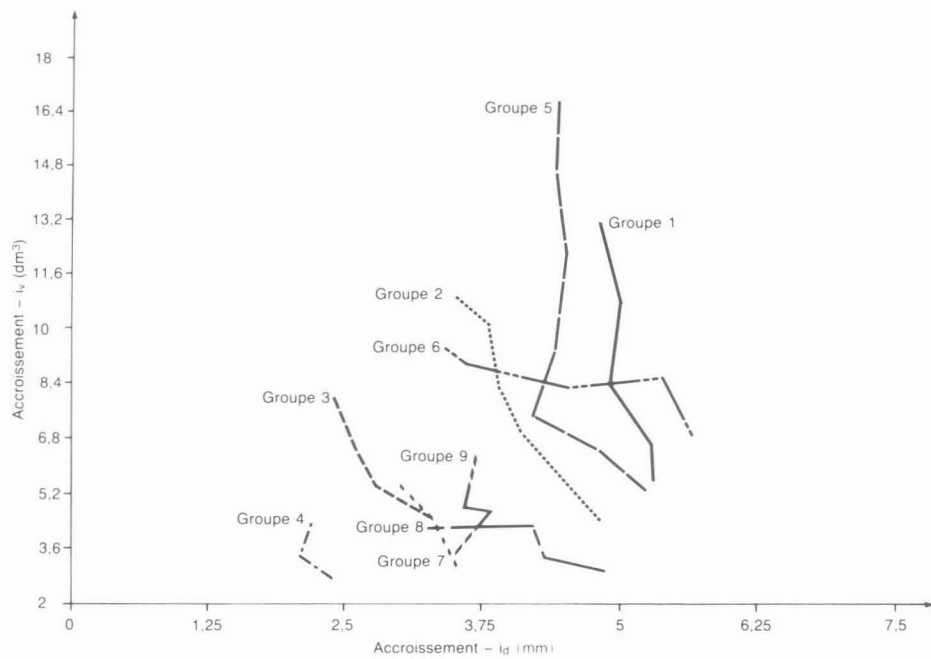


Figure 6. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon l'accroissement annuel en diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations.

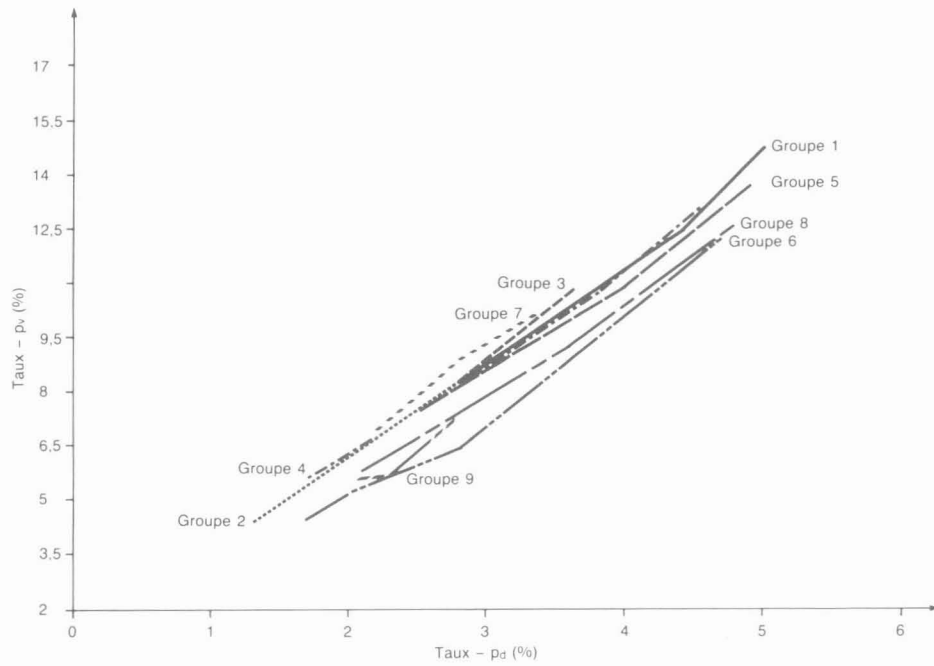


Figure 7. Taux d'accroissement en volume de l'arbre selon le taux d'accroissement en diamètre à 1,3 m pour neuf groupes de stations.

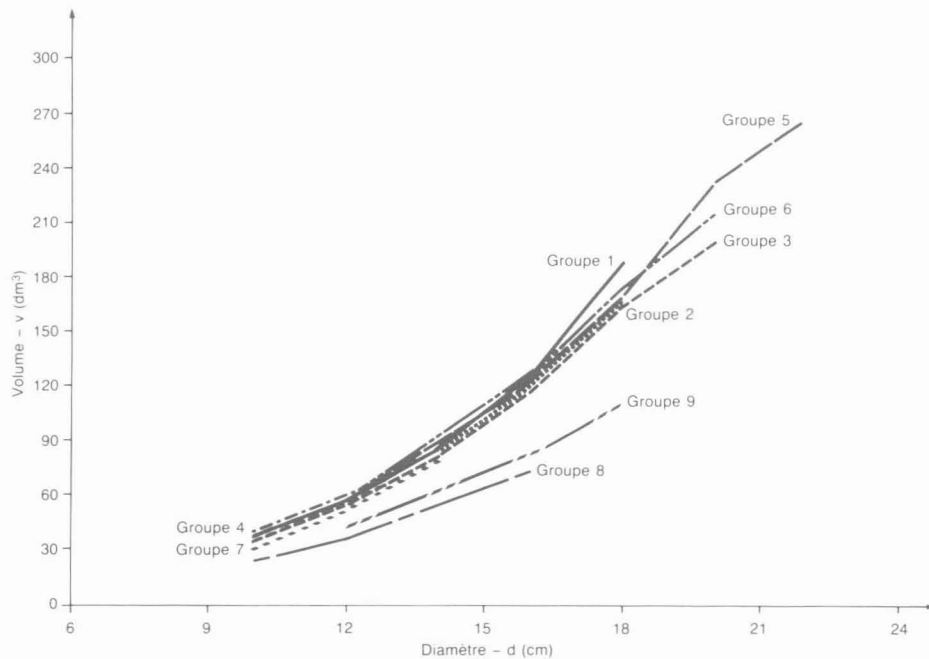


Figure 8. Volume de l'arbre (s.e.) selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations.

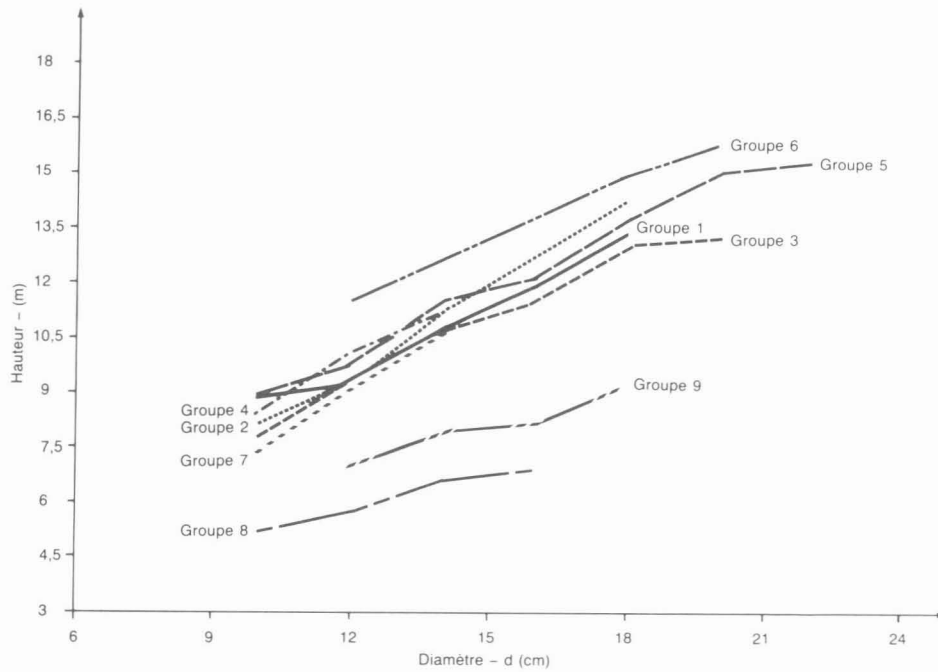


Figure 9. Hauteur de l'arbre selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations.

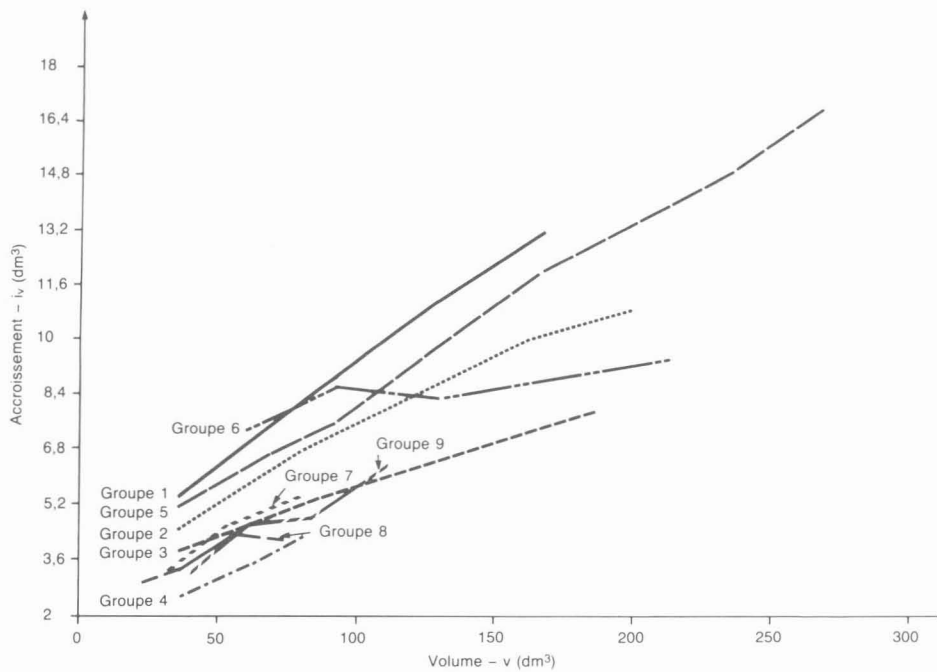


Figure 10. Accroissement annuel en volume de l'arbre (s.e.) selon le volume moyen de l'arbre (s.e.) pour neuf groupes de stations.

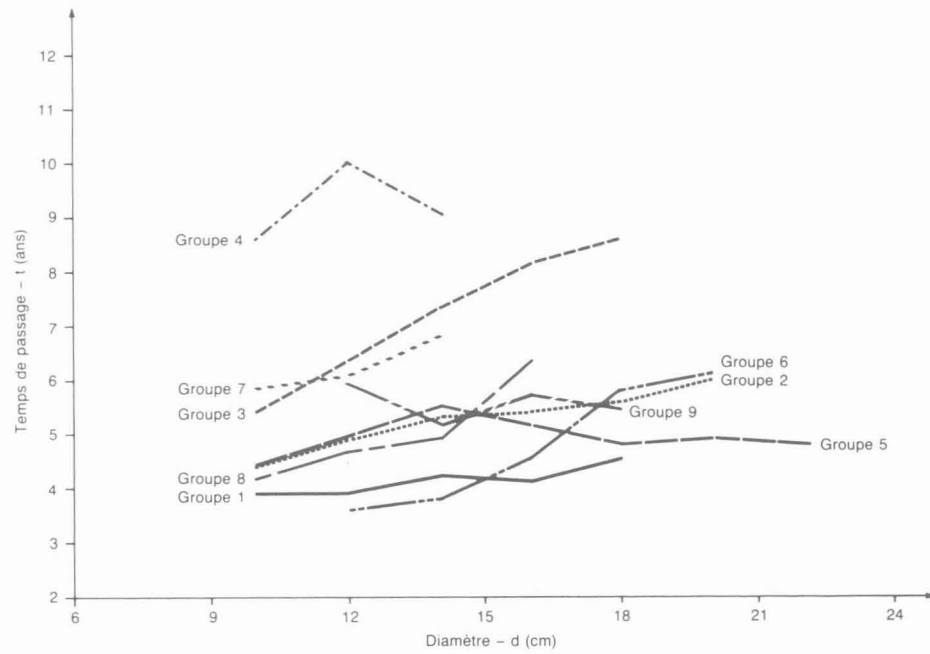


Figure 11. Temps de passage selon le diamètre à 1,3 m (s.e.) pour neuf groupes de stations.

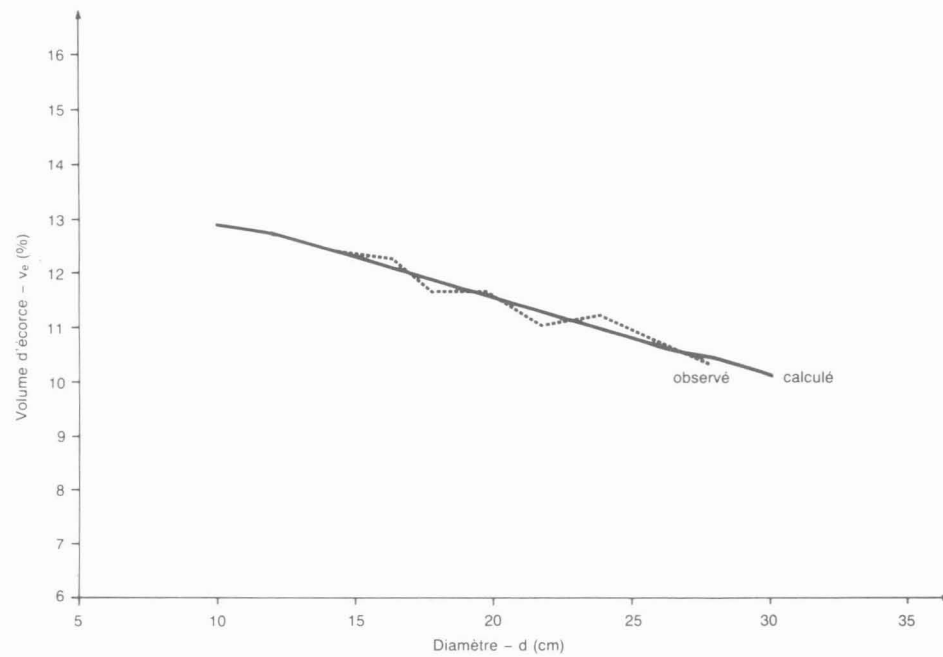


Figure 12. Volume d'écorce (en % du volume total de l'arbre) selon le diamètre à 1,3 m (a.e.) pour le sapin baumier et l'épinette blanche.

