



GOUVERNEMENT DU QUÉBEC
MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS
DIRECTION GÉNÉRALE DES FORÊTS
SERVICE DE LA RECHERCHE

Ce mémoire contient un errata
à la page ii du document

MÉMOIRE N° 29

CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT DES PLANTATIONS DE PIN ROUGE AU SUD DU SAINT-LAURENT

Par Valère Bertrand



VALÈRE BERTRAND est à l'emploi du ministère des Terres et Forêts depuis plus de dix-sept ans. Bachelier en sciences appliquées (génie forestier) de l'université Laval en 1959, il débute au district forestier de Rouyn-Témiscamingue où il est surtout chargé de travaux de restauration et de renseignements. De 1964 à 1966, il se spécialise en sylviculture et décroche une maîtrise ès sciences forestières de l'université Laval, avant d'entrer au Service de la restauration forestière et de passer au Service de la recherche à la fondation de cet organisme en 1967. Depuis lors, il est chargé de recherche en sylviculture.

CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT DES
PLANTATIONS DE PIN ROUGE
AU SUD DU SAINT-LAURENT

par

VALERE BERTRAND

MEMOIRE N° 29

SERVICE DE LA RECHERCHE
DIRECTION GENERALE DES FORETS
MINISTERE DES TERRES ET FORETS DU QUEBEC

1976

ERRATA

page 37, ligne 16
" 48, " 17

...entre deux et quatre reprises....

Fiche bibliographique
(texte français),
lignes 5-6

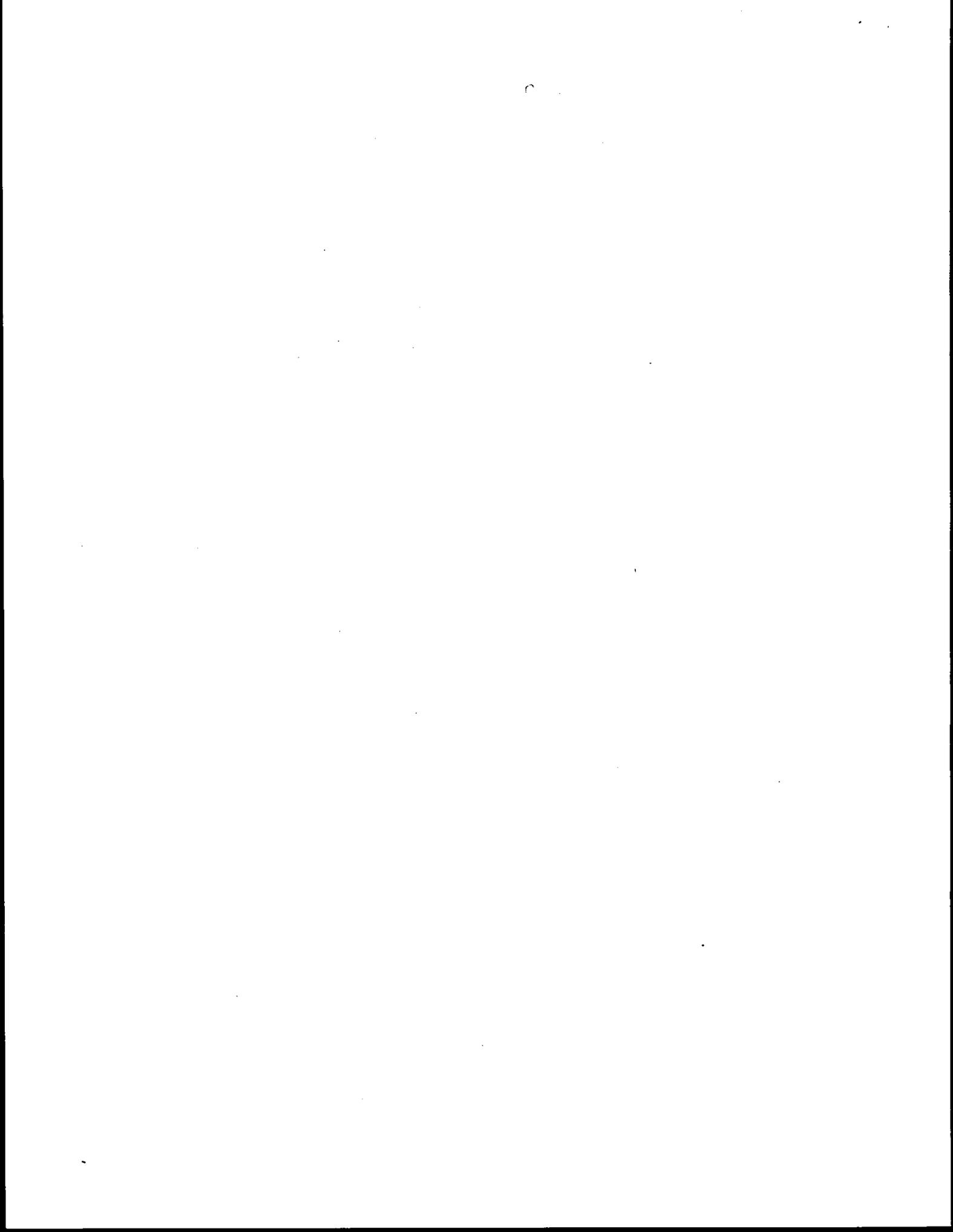
...son âge d'exploitabilité absolue pourrait se
situer autour de 45 ans....

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

REMERCIEMENTS

L'auteur désire exprimer sa gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail. Mentionnons particulièrement les personnes suivantes qui ont bien voulu commenter ce texte: MM. Gilles Vallée, D.-Ing., Yvon Richard, *Ph.D.* et Hassanali Bolghari, D.Sc.F., tous trois chargés de recherche au Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts; MM. Marcien Roberge, *Ph.D.* et Stevo Popovich, tous deux chercheurs au Centre de recherches forestières des Laurentides; le professeur Paul-Emile Vézina, D.Sc., directeur du Département d'aménagement et de sylviculture à la Faculté de foresterie et de géodésie de l'université Laval; M. Jean-Marie Fortin, M.Sc.F., chargé de la Division des pépinières au Service de la restauration forestière du ministère des Terres et Forêts, et M. Roch Delisle, ing.f., autrefois directeur de l'ancien Service des forêts rurales du même ministère. Ces remerciements s'adressent également au personnel des régions administratives de Québec, Montréal et Trois-Rivières du ministère des Terres et Forêts, pour sa participation dévouée à la localisation des plantations au sud du Saint-Laurent. Mentionnons aussi, pour sa collaboration à la récolte et à la compilation des données dendrométriques, M. René Kirouac, technicien au Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts.



RESUME

Un inventaire des plantations de pin rouge a été fait entre 1970 et 1972 sur les petites propriétés privées au sud du Saint-Laurent (région forestière des Grands-Lacs-et-du-Saint-Laurent). Trois cents plantations représentatives ont été choisies au hasard stratifié, pour un total de 400 places d'étude. L'analyse des résultats montre que: 1) le pin rouge croît assez rapidement; 2) son taux de survie -- de 70 à 88 pour 100 jusqu'à 30 ans -- est considéré comme satisfaisant; 3) son âge d'exploitabilité absolue pourrait se situer autour de 45 ans; 4) les plantations sont en général dans un état satisfaisant et donnent de bons résultats malgré des dommages causés par la compétition et par d'autres agents; 5) le pourcentage d'arbres défectueux est faible; 6) l'élagage artificiel réduit les dégâts dus à la neige et au verglas, surtout dans les plantations de moins de 15 ans; 7) le pin rouge résiste bien aux maladies cryptogamiques; 8) la croissance est aussi bonne et souvent meilleure que celle du pin rouge en plantation dans les autres régions; 9) on pourrait établir des normes plus précises sur le choix des essences de reboisement; 10) le pin rouge mérite qu'on lui apporte une considération sérieuse dans le reboisement des terres agricoles abandonnées.

L'auteur suggère des mesures à prendre lors de la plantation et divers

traitements sylvicoles selon différentes options d'aménagement. Des études d'utilisation de cette espèce et des expériences sur les traitements devraient être entreprises, compte tenu de l'aspect économique. Il faudrait aussi vérifier jusqu'où au Québec, on peut appliquer les résultats de la présente étude.

SUMMARY

An inventory of privately owned red pine plantations was made between 1970 and 1972 south of the St. Lawrence River (Great Lakes - Saint Lawrence Forest Region). Following a stratification according to environment characteristics, 300 plantations were selected and 400 sample plots were measured. Analysis of the results shows that 1) red pine grows rather fast; 2) its survival rate - from 70 to 88 percent for plantations up to 30 years old - may be considered satisfactory; 3) its absolute rotation age could be around 45 years; 4) plantations are generally in good condition and give good results despite damages from competition or other agents; 5) percentage of defective trees is low; 6) artificial pruning reduces damage from snow and sleet, particularly in plantations younger than 15 years old; 7) red pine shows good resistance to cryptogamic diseases; 8) its growth is as good as and sometimes better than red pine plantations in other regions; 9) more precise guidelines should be developed to choose reforestation species; 10) red pine should be given more consideration in the reforestation of abandoned farmlands. The author suggests measures to be taken during the plantation and various cultural treatments depending on management options. Studies on the utilization of red pine and experiments on treatments should

be undertaken, taking into account the economic aspect. It is also recommended to determine if these results are applicable in other regions of the province of Quebec.

TABLE DES MATIERES

| | Page |
|-------------------------------------|------|
| REMERCIEMENTS | iii |
| RESUME | v |
| <i>SUMMARY</i> | vii |
| TABLE DES MATIERES | ix |
| LISTE DES TABLEAUX | xi |
| LISTE DES FIGURES | xiii |
| INTRODUCTION | 1 |
| MILIEU | 3 |
| - Situation | 3 |
| - Géomorphologie | 3 |
| - Climat | 5 |
| - Sol | 6 |
| - Végétation | 6 |
| METHODES | 9 |
| - Dénombrement des arbres | 10 |
| - Observation des arbres | 11 |
| - Tarif de cubage | 12 |

| | Page |
|--|------|
| RESULTATS ET DISCUSSION | 13 |
| - Conditions des plantations | 13 |
| - Croissance et production du pin rouge | 22 |
| Hauteur | 22 |
| Diamètre | 28 |
| Volume | 29 |
| Nombre de tiges | 33 |
| Surface terrière | 34 |
| Survie | 36 |
| - Comparaison de la croissance du pin rouge de la région étudiée avec celle du pin rouge des autres régions | 37 |
| Hauteur | 38 |
| Diamètre | 39 |
| Volume | 39 |
| CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS | 45 |
| BIBLIOGRAPHIE | 51 |
| APPENDICE Coefficients utilisés pour convertir les mesures canadiennes en mesures métriques (Rennie, 1967) . . . | 55 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | Page |
|-------------|---|----------|
| TABLEAU I | Répartition du nombre de plantations ou de places d'étude de pin rouge suivant les agents perturbateurs et les classes de pourcentage des tiges endommagées dans les places d'étude | 17 |
| TABLEAU II | Répartition du nombre de plantations ou de places d'étude de pin rouge suivant les défauts apparents des tiges et les classes de pourcentage des tiges porteuses de défauts | 21 |
| TABLEAU III | Caractéristiques dendrométriques des plantations de pin rouge | 23 |
| TABLEAU IV | Croissance moyenne en hauteur, en diamètre et en volume marchand net du pin rouge | 27 |
| TABLEAU V | Comparaison de la croissance du pin rouge de la région étudiée avec celle du pin rouge des autres régions | 41-42-43 |

THEORY

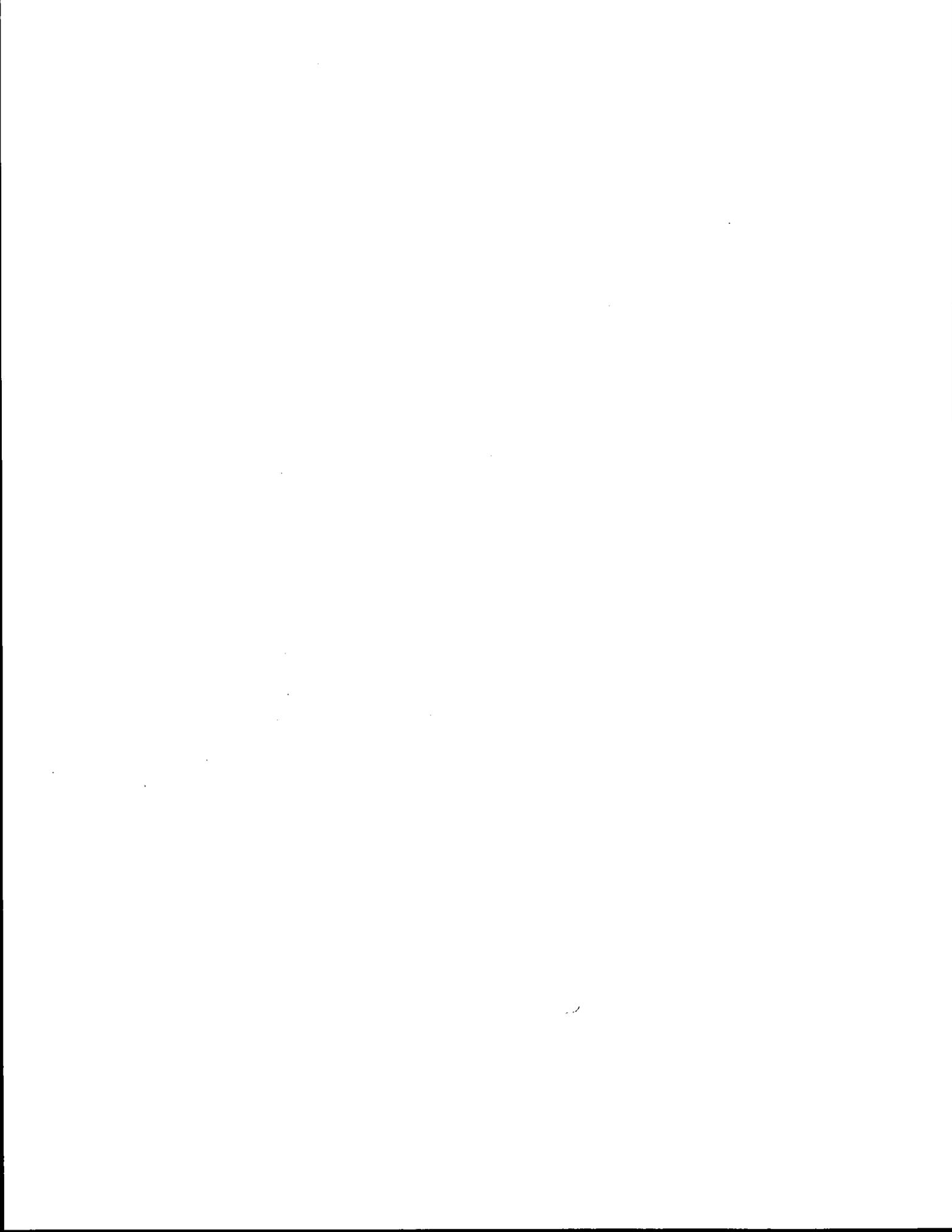
The first part of the theory discusses the basic principles of quantum mechanics, including the wave-particle duality and the uncertainty principle. It then moves on to discuss the various applications of quantum mechanics in modern physics, such as quantum computing and quantum cryptography.

The second part of the theory focuses on the mathematical formalism of quantum mechanics, including the Schrödinger equation and the Dirac equation. It also covers the concept of entanglement and its implications for quantum information theory.

The final part of the theory discusses the experimental verification of quantum mechanics, including the double-slit experiment and the Bell test. It also touches upon the philosophical implications of quantum mechanics and the ongoing debate about the nature of reality.

LISTE DES FIGURES

| | | Page |
|----------|---|------|
| FIGURE 1 | Localisation du territoire étudié | 4 |
| FIGURE 2 | Jeune plantation de pin rouge (20 ans) endom- magée par une tempête de neige | 19 |
| FIGURE 3 | Jeune plantation de pin rouge (10 ans) endom- magée par l'effet de la pesanteur de la neige fondante au printemps | 19 |
| FIGURE 4 | Courbe de la hauteur totale en fonction de l'âge total | 25 |
| FIGURE 5 | Courbe du diamètre en fonction des classes d'âge | 30 |
| FIGURE 6 | Courbe du volume marchand net en fonction des classes d'âge | 30 |
| FIGURE 7 | Accroissement annuel moyen et courant nets en volume marchand par rapport aux classes d'âge | 32 |



INTRODUCTION

Il y a dans la province de Québec, selon Deschamps (1968), 0,6 million d'hectares (*1.5 millions d'acres*)¹ de terrains abandonnés, sans compter 1,4 millions d'hectares (*3.5 millions d'acres*) de terrains forestiers marginaux. Pour revaloriser ces superficies, le ministère des Terres et Forêts du Québec dirige d'année en année un programme de reboisement qui représente des coûts d'investissement élevés. Les préposés au reboisement éprouvent des difficultés dans le choix des essences de reboisement à cause du manque d'informations quant à la relation entre la station et les essences à planter.

Voilà pourquoi, à la suite d'une demande formulée par le Service de la restauration forestière, le Service de la recherche a élaboré en 1969 un projet de recherche multidisciplinaire² qui consiste à étudier les plantations effectuées antérieurement. Ce projet a pour but principal d'établir des normes pour le choix des essences de reboisement en se basant sur les caractéristiques du milieu. En plus d'atteindre cet objectif, une telle étude devrait apporter les éléments de base qui permettent la gestion des peuplements artificiels, à savoir: (1) des

¹ Voir en appendice les coefficients utilisés pour convertir les mesures canadiennes en mesures métriques.

² Projet Sr 69-1 (Fo 69-1): "Etude des plantations effectuées au Québec", dans Rapport d'activités 1967-1971 du Service de la recherche, MTF, Québec, p. 435-439.

informations sur la croissance et le développement des plantations, qui peuvent servir à calculer la rentabilité de celles-ci et à prescrire des traitements sylvicoles appropriés (beaucoup de plantations existantes sont âgées de 15 à 25 ans et sont prêtes à recevoir une première intervention sylvicole); (2) une foule de renseignements importants qui peuvent être utilisés par d'autres chercheurs oeuvrant dans toute autre discipline de la foresterie; (3) enfin, l'analyse des résultats de ce travail fournira des éléments de planification aux responsables du reboisement et de la production de plants et permettra également de guider le Ministère dans l'élaboration des politiques forestières pour fins d'aménagement et de développement territorial.

Le Service de la recherche se propose, au cours de l'évolution de ce projet, de diffuser au fur et à mesure les résultats qui peuvent être de quelque utilité à tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent au reboisement. Le travail ayant été amorcé dans les plantations de pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.) au sud du Saint-Laurent, ce rapport traite de la croissance et du développement de cette essence plantée dans cette région. De plus, une telle étude fournit au sylviculteur et à l'aménagiste des renseignements importants sur la croissance des jeunes plantations de pin rouge et elle leur donne également certaines indications au sujet des interventions sylvicoles, particulièrement la période d'intervention. Plus tard, lorsque les données pédologiques seront traitées conjointement avec les données dendrométriques, un rapport final sera publié. La même procédure sera utilisée pour diffuser les résultats de recherche sur les autres essences étudiées.

MILIEU

SITUATION

Le territoire étudié est situé entre Québec et Montréal au sud du Saint-Laurent et il fait partie de la région forestière des Grands-Lacs-et-du-Saint-Laurent (section L.5 et une partie des sections L.2, L.3 et L.6 de Rowe, 1959). Ses coordonnées géographiques sont 45°00' et 46°55' de latitude nord et 70°00' et 73°15' de longitude ouest. Ce territoire est borné au nord par le Saint-Laurent, à l'est par le comté de Montmagny-l'Islet, au sud par les Etats-Unis et à l'ouest par le Richelieu (figure 1). Cette étude porte sur les plantations de pin rouge situées dans les 21 districts électoraux suivants: Iberville, Richelieu, Saint-Hyacinthe, Verchères, Nicolet-Yamaska, Drummond, Johnson, Shefford, Brome-Missisquoi, Orford, Sherbrooke, Mégantic-Compton, Richmond, Arthabaska, Frontenac, Beauce-Sud, Beauce-Nord, Lotbinière, Lévis, Bellechasse et Montmagny-l'Islet.

GEOMORPHOLOGIE

La région étudiée appartient à deux unités structurales de la province de Québec: une première unité est représentée par les plissements appalachiens constitués de calcaires, schistes, grès, quartzites et conglomérats, tandis que la seconde unité y faisant



Figure 1 — Localisation du territoire étudié

suite vers le nord, est caractérisée par des couches à peu près horizontales et très épaisses d'âge primaire et ayant l'apparence d'une zone affaissée entre les plissements appalachiens et la masse rigide du Bouclier canadien. Le Saint-Laurent s'est installé dans cette zone affaissée encadrée par des failles. Ces deux unités correspondent respectivement à la zone appalachienne et à la plate-forme de Québec.

Tout le relief préglaciaire a été d'abord recouvert d'une importante couche de dépôts morainiques, surtout dans la zone appalachienne et, lors de l'invasion marine Champlain, d'une couche d'argile et des lits sableux, particulièrement dans les parties basses de la Province. Après le retrait de la mer de Champlain, de vastes deltas sableux sont venus s'étaler sur les bords de la plaine, surtout au nord de Drummondville et aux environs de Trois-Rivières, recouvrant les dépôts Champlain. Finalement, des terrasses alluvionnaires se sont formées dans les vallées creusées par les rivières appalachiennes (Blanchard, 1960). Ces dépôts de surface ont été subdivisés par Ladouceur et Grandtner (1961) en 5 catégories: (1) argiles et limons Champlain; (2) sables marins; (3) sables stratifiés comprenant les dépôts fluviatiles et fluvio-glaciaires tels que eskers, kames, plaines de délavage, etc.; (4) moraines; (5) lithosols.

CLIMAT

Le climat au sud du Saint-Laurent est modérément froid et humide. La température moyenne varie de -12° à -11° C en janvier et de 18° à 21° C en juillet. La précipitation totale annuelle moyenne en eau est de 101 cm (40 po), dont 254 à 305 cm (100 à 120 po) de neige.

La saison sans gel se maintient entre 100 et 120 jours; la température quotidienne et la précipitation totale durant cette période sont respectivement de 17⁰C et de 39,1 cm (15.4 po)³ en moyenne (Ferland et Gagnon, 1967; Villeneuve, 1967).

SOL

A l'est du Richelieu, soit dans les comtés de Brome-Missisquoi, Iberville, Verchères, Saint-Hyacinthe et Richelieu, qui font partie de la plaine argileuse de Montréal, on trouve surtout des brunisols, des gleysols et des mésisols qui donnent des terres agricoles d'excellente qualité. Sur les terrasses sablonneuses de Québec, plus à l'est, on rencontre des podzols formés sur des sables très acides, secs et pauvres en éléments nutritifs, sur lesquels la culture a été presque partout abandonnée, et des fibrisols formés de tourbe non décomposée. Quant à la zone appalachienne, les sols varient avec l'altitude; ce sont des podzols en général très caillouteux où la culture est souvent en voie d'abandon. Enfin, les régosols lithiques partout abandonnés par l'agriculture se localisent aux sommets des montagnes et sur les affleurements rocheux (Ladouceur et Grandtner, 1961).

VEGETATION

Selon Grandtner (1966), le territoire étudié comprend 4 domaines climaciques: le domaine de l'érablière à caryer, le domaine de l'érablière laurentienne, le domaine de l'érablière à bouleau jaune et le domaine de la sapinière.

³ Moyennes calculées en considérant la période maximum sans gel (120 jours).

Le domaine de l'érablière à caryer n'occupe qu'une faible partie du territoire à sa limite ouest, soit dans le bassin du Richelieu. Cette zone de l'érablière à caryer, qui correspond aux conditions climatiques les plus favorables du Québec, atteint les comtés de Richelieu, Saint-Hyacinthe et Iberville. Les forêts de cette zone ont été très réduites à la suite du développement intensif de l'agriculture et des centres urbains. Celles qui existent encore sont surtout composées d'érable à sucre associé au caryer, au chêne rouge, au tilleul et à l'orme d'Amérique.

Plus à l'est, l'érablière laurentienne, en général, couvre la plate-forme de Québec et presque toute la partie centrale de la région étudiée. Les parties boisées sont composées surtout d'érablière à tilleul, d'érablière à orme, d'érablière à bouleau jaune et hêtre, de sapinière à thuya occidental, de cédrières occidentales et de divers groupements forestiers de reconstitution après les feux et les coupes tels que les tremblaies, les bétulaies blanches et les érablières rouges.

Le domaine de l'érablière à bouleau jaune se rencontre particulièrement dans les parties est et sud-est du territoire étudié. Les groupements forestiers stables qui le composent sont: l'érablière à bouleau jaune couvrant la pente moyenne des collines, l'érablière à hêtre fréquente sur le sommet des collines, la sapinière à bouleau jaune au bas des pentes et les groupements conifériens composés de sapin baumier et de thuya occidental qui occupent fréquemment les dépressions humides. Dans ce domaine, on rencontre aussi une forte présence de groupements forestiers de transition tels que la sapinière à bouleau blanc, les bétulaies blanches et les tremblaies.

Un autre domaine, celui de la sapinière, est très peu représenté et se localise surtout à l'est du territoire sur les sommets les plus élevés. A ces endroits, aucun échantillonnage de plantations n'a été fait pour cette étude.

METHODES

Le territoire décrit précédemment a été choisi en premier lieu parce que les plantations y sont nombreuses et constituées d'un vaste choix d'essences, de classes d'âge, de végétation, de climat et de séries de sol. A l'automne 1970 et au cours des années 1971 et 1972, 300 plantations de pin rouge ont été étudiées dans les 21 districts électoraux mentionnés précédemment, ce qui représente un total de 400 places d'étude. Ces plantations âgées de 7 à 35 ans ont été choisies au hasard stratifié. Les strates tenaient compte de la section forestière (Rowe, 1959), de la classe de drainage, du dépôt et de l'âge.

Dans chaque plantation, quelques places d'étude (1 à 5 places) ont été réparties de manière à en obtenir un échantillonnage représentatif. La superficie de chaque place varie de 0,04 à 0,08 ha (0.1 à 0.2 ac) selon l'espacement entre les tiges et la grandeur des stations à l'intérieur de la plantation. Pour chaque plantation, les relevés suivants ont été faits, à savoir: (1) renseignements généraux au sujet de la plantation; (2) description et état de la plantation d'après chaque place d'étude; (3) relevés dendrométrique et pédologique dans chaque place d'étude.

Les deux premiers relevés ont permis de se renseigner sur les conditions générales des plantations de pin rouge. Il s'agissait de noter certains indices qui pouvaient être de quelque utilité dans l'interprétation des résultats d'analyses, tels que: la superficie de la plantation, la tenure du terrain, la section forestière, la série et le type de sol, le drainage et le dépôt, l'origine du milieu, les traitements, la provenance des semis, la méthode de plantation, la végétation herbacée et arbustive, l'espacement initial, la carence en éléments nutritifs, la concurrence, la perturbation et les défauts externes des tiges. Dans chaque place d'étude, on notait le pourcentage des tiges endommagées par divers agents perturbateurs, à savoir: le climat (neige et verglas souvent accompagnés de vent), les insectes, les animaux sauvages et domestiques et l'homme. On notait aussi le pourcentage des arbres porteurs d'un défaut en utilisant une liste de défauts externes tels que définis dans les travaux de Giguère (1964) et de Lortie (1968).

Quant au troisième relevé fait dans chaque place d'étude, il ne sera question pour ce travail que de la récolte des données qui ont servi aux calculs de la croissance et de la production du pin rouge.

— Ces données portent sur le dénombrement des arbres et leur observation.

Dénombrement des arbres

Le dénombrement des arbres vivants et morts s'est fait de façon différente selon l'âge de la plantation. Dans les jeunes plantations où la plupart des arbres ont un diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 1,5 cm (0.6 po), le dénombrement des arbres était fait par

classes de hauteur, tandis qu'il était fait par classes de diamètre dans les plantations plus âgées. Lors du dénombrement des arbres par classes de diamètre, on notait les arbres dont la hauteur était inférieure à 1,37 cm (4.5 pi).

Observation des arbres

Les données concernant le diamètre avec écorce à hauteur de poitrine (1,37 m ou 4.5 pi) à 0,254 cm près (*un dixième de pouce*), l'âge à hauteur de poitrine et à hauteur de souche (15,2 cm ou 0.5 pi), et la hauteur totale à 0,3048 m près (1 pi), ont été récoltées sur 12 à 14 pins rouges dominants par place d'étude. Ces données ont servi à établir statistiquement les relations âge-hauteur et diamètre-hauteur.

Les caractéristiques dendrométriques qui ont été calculées pour chaque place d'étude à partir des données recueillies sont: la hauteur totale moyenne et l'âge total moyen⁴ des arbres dominants observés, le diamètre moyen⁵ des arbres de 1,5 cm (0.6 po) et plus et celui des 100 plus gros arbres; les volumes total et marchand⁶; le nombre total de tiges vivantes; le nombre total de tiges vivantes de 1,5 cm (0.6 po), 9,1 cm (3.6 po) et 19,3 cm (7.6 po) et plus à hauteur de poitrine; la surface terrière des tiges de 1,5 cm (0.6 po) et plus; le taux de survie.

La moyenne arithmétique, le minimum et le maximum de chacune de ces caractéristiques ont ensuite été calculés pour les places d'étude correspondant aux classes d'âge de 10, 15, 20, 25, 30 et 35 ans.

⁴ Age moyen à hauteur de souche plus l'âge du semis (3 ans).

⁵ Diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne.

⁶ Volume marchand des arbres de 9,1 cm (3.6 po) et plus à hauteur de poitrine avec un diamètre minimum d'utilisation de 8,9 cm (3.5 po).

L'accroissement annuel moyen et courant en hauteur, en diamètre et en volume marchand net a été déterminé entre 7 et 35 ans.

Tarif de cubage

Dans le territoire couvert (21 districts électoraux), 307 pins rouges de diamètres diversifiés ont été également abattus et étudiés dans le but principal de construire un tarif général⁷ de cubage à partir de la méthode utilisée par Tremblay (1966). Le tarif de cubage pour les volumes total et marchand a été construit en fonction du diamètre avec écorce à hauteur de poitrine et de la hauteur totale des arbres abattus, à partir du modèle d'équation n^o 7 à la page 7 de l'ouvrage de cet auteur. Ainsi, les analyses de régression et de corrélation multiples appropriées ont été effectuées par la méthode *Stepwise* à l'aide de la calculatrice électronique I.B.M. *Call/360*. Le tarif de cubage a été obtenu en solutionnant les équations retenues pour les volumes total et marchand au moyen de la relation diamètre-hauteur établie à partir des observations d'arbres.

⁷ Bertrand, V. *Tarifs provisoires de cubage pour les plantations du Québec*. En préparation.

RESULTATS ET DISCUSSION

CONDITIONS DES PLANTATIONS

Les plantations de pin rouge étudiées sont âgées de 7 à 35 ans, mais la plupart d'entre elles ont entre 10 et 20 ans et elles ont un espacement initial de 1,83 x 1,83 m (6 x 6 pi), 2,13 x 2,13 m (7 x 7 pi) ou 2,44 x 2,44 m (8 x 8 pi). Chacune de ces plantations, dont la superficie varie de 0,20 à 20,2 ha (0.5 à 50 ac), a été exécutée manuellement et, souvent, sans préparation du terrain telle que débroussaillage, labourage ou scarification. Ces plantations appartiennent à des propriétaires privés (agriculteurs ou non) qui tentent de revaloriser des terres abandonnées impropres à la culture. Sauf quelques exceptions, ces terres n'ont pas été fertilisées artificiellement depuis leur reboisement. La majorité des plantations ont été faites au printemps, quelques années après l'abandon de la culture, avec des plants provenant de pépinières locales, soit celle de Drummondville qui appartenait à la *Southern Canada Power*, soit celles de Victoriaville, Grandes-Piles, Berthierville et Scott-Jonction qui appartiennent au ministère des Terres et Forêts.

La végétation naturelle est à peu près semblable dans toutes les plantations, peu importent les dépôts de surface. Les végétations herbacée et arbustive en particulier offrent une sérieuse compétition aux

plantations âgées de moins de 10 ans (figure 4). Cette végétation se compose souvent de graminées, d'éricacées, de prêles (*Equisetum* L.), de grandes fougères (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn), d'épervières (*Hieracium aurantiacum* L.), de solidages (*Solidago* L.), de ronces (*Rubus* L.), de rosiers (*Rosa* L.), de gadelliers (*Ribes* L.), d'amélanchiers (*Amelanchier* Medic.), d'aubépines (*Crataegus* L.), de sureaux (*Sambucus* L.), de noisetiers (*Corylus cornuta* Marsh), de vinaigriers (*Rhus typhina* L.), d'aulnes (*Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng. var. *americana* (Rebel) Fern.) et de saules (*Salix* spp.).

Sur les sols humides, les framboisiers, les aulnes et les saules envahissent souvent la plantation et ils seraient la cause principale de la mortalité des jeunes semis de pins. Dans certaines plantations, quelques vieux arbres qui étaient déjà implantés au moment du reboisement auraient également contribué à retarder la croissance en hauteur des jeunes pins environnants ou provoqué la mort de ceux-ci. On rencontre parfois ici et là à travers les plantations quelques essences arborescentes naturelles. Celles qui se répètent le plus souvent sont: le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.), le bouleau gris (*Betula populifolia* Marsh.), l'érable rouge (*Acer rubrum* L.), l'érable de Pennsylvanie (*Acer pennsylvanicum* L.), le cerisier de Virginie (*Prunus virginiana* L.), le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L.f.), le peuplier à grandes dents (*Populus grandidentata* Michx.), le bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh.) et le pommier sauvage (*Pyrus Malus* L.).

Vers l'âge de 20 ans alors que le couvert forestier est entièrement fermé, le parterre forestier, qui a commencé à se recouvrir d'aiguilles et de ramilles, est ombragé, de sorte que les végétations herbacée et arbustive compétitives sont presque disparues; la grande fougère persiste

encore dans les petites trouées à travers le peuplement. A partir de cet âge, la compétition demeure forte, surtout entre les tiges de pin rouge et quelques essences naturelles compagnes que l'on ne rencontre que dans 30 pour 100 des places d'étude. A 25 ans, les pins sont élagués naturellement et parfois artificiellement jusqu'à de 3,0 à 4,6 m (10 à 15 pi) du sol et souvent, ils produisent des cônes en bonne quantité.

Certaines plantations ont été traitées partiellement; ces traitements se résument à l'élagage artificiel, l'éclaircie et le nettoyage du sous-bois. L'élagage artificiel, pratiqué dans un bon nombre de plantations visitées, a eu un effet bénéfique par le fait qu'il a réduit les dégâts dus à la neige et au verglas, particulièrement dans les plantations de moins de 15 ans.

Dans le cas des plantations de pin rouge exécutées dans des champs contigus à la forêt, les pins des 4 à 5 premières rangées avoisinant la forêt sont plus courts parce qu'ils subissent la concurrence de celle-ci, surtout pour la lumière. Lors de l'exécution de telles plantations, il s'agirait pour éviter cette compétition de planter dans ces premières rangées une essence plus tolérante, telle l'épinette.

En général, les plantations de pin rouge étudiées étaient dans un état satisfaisant, malgré certains dommages causés par divers agents perturbateurs. A part la compétition, la perturbation aurait été provoquée par le climat (neige et verglas souvent accompagnés de vent), les insectes, les animaux et l'homme. Le tableau I donne la répartition du nombre de plantations ou de places d'étude de pin rouge suivant les

agents perturbateurs et les classes de pourcentage des tiges endommagées dans les places. Ce tableau indique que le climat est l'agent perturbateur le plus fréquent et l'intensité des dégâts dus à cet agent, étant plutôt faible (1-33%) dans la majorité des plantations, demeure encore plus élevée que celle des dégâts causés par les autres agents. La neige et le verglas causent des dégâts à un ou des groupes d'arbres; ceux-ci sont pliés parfois jusqu'au sol ou ils ont les branches ou la tête cassées. Ces dégâts peuvent se produire à l'intérieur des plantations ou dans les 3 à 5 premières rangées de pin du côté ouest et même du côté est, pour le cas des plantations les plus exposées aux tempêtes de neige (figure 2). Dans les plantations plus jeunes en particulier, les branches inférieures des arbres sont souvent cassées ou arrachées sous l'effet de la pesanteur de la neige fondante au printemps (figure 3).

Les dommages causés par les insectes, les animaux et l'homme (tableau I), quoique peu fréquents pour le moment, peuvent devenir plus sérieux et valent donc la peine d'être précisés.

La mouche à scie de Leconte (*Neodiprion lecontei* Fitch) a été observée dans une plantation âgée de 9 ans du comté de Brome-Missisquoi, où entre 67 et 100 pour 100 des arbres étaient attaqués par cet insecte qui, selon Daviault (1949), occasionne périodiquement des invasions se manifestant avec une grande intensité pendant 3 ou 4 ans, pour disparaître ensuite brusquement et réapparaître au bout d'une longue période. On a aussi signalé la présence d'insectes non identifiés dans 8 autres plantations âgées de 6 à 19 ans; les dégâts causés par ces derniers ont été classifiés comme peu abondants, sauf dans une plantation où de 34 à 66 pour 100 des pins ont été endommagés.

TABLEAU I

Répartition du nombre de plantations ou de places d'étude de pin rouge suivant les agents perturbateurs et les classes de pourcentage des tiges endommagées dans les places d'étude.

| | Nombre de plantations ^a | | | Nombre de places d'étude | | |
|---------------------|------------------------------------|--------|---------|--------------------------|--------|---------|
| | 1-33% | 34-66% | 67-100% | 1-33% | 34-66% | 67-100% |
| Climat | 220 | 33 | 12 | 257 | 37 | 13 |
| Insectes | 7 | 1 | 1 | 7 | 2 | 1 |
| Animaux sauvages | 18 | 1 | 0 | 19 | 1 | 0 |
| Animaux domestiques | 14 | 0 | 0 | 17 | 1 | 0 |
| Homme: | | | | | | |
| 1) Moto-neige | 4 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 2) Feu | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |

^a Nombre de plantations où dans chacune d'elles il y a au moins une place d'étude dont les arbres sont endommagés et les dégâts correspondent à une classe de pourcentage.

Comme le signale Stiell (1955), le porc-épic a sérieusement endommagé de 1 à 33 pour 100 des pins de 8 plantations âgées de 17 à 28 ans, surtout dans la partie est du territoire étudié. Ce mammifère se nourrit des aiguilles et de l'écorce des pins. Il arrive souvent que les arbres attaqués par cet animal sont morts après avoir été annelés entre 2,4 et 3,0 m (8 à 10 pi) du sol.

Le lièvre mange l'extrémité des rameaux des pins et il étê- te aussi les jeunes plants, même ceux qui ont déjà de 0,91 à 1,52 m (3 à 5 pi) de hauteur lorsque la couche de neige est épaisse. De tels dommages rencontrés dans 9 plantations sont peu importants, sauf dans une plantation où entre 34 et 66 pour 100 des tiges ont été attaqués. On notait dans 14 autres plantations des dommages causés par les animaux domestiques; ceux-ci tracent des sentiers, écorchent des racines et des troncs et déciment les jeunes pousses par broutage, piétinement et bris.

L'homme, en plus d'avoir quelque peu perburgé 4 plantations avec la moto-neige, a sacrifié quelquefois une partie de plantation pour la culture (défrichement et labour), le creusage d'un fossé ou pour la construction de chalets, de routes ou de lignes de transmission. Pour de telles plantations qui avaient été choisies au hasard, l'étude n'a porté que sur la partie restante de la plantation. Le feu, qui aurait aussi été causé par l'homme, a sensiblement perturbé 3 plantations.

Les agents perturbateurs qu'on vient de décrire sont souvent responsables de plusieurs défauts apparents des tiges, comme le montre le tableau II. Ce tableau révèle que les arbres fourchus (1 ou 2 tiges



FIGURE 2 Jeune plantation de pin rouge (20 ans)
endommagée par une tempête de neige.



FIGURE 3 Jeune plantation de pin rouge (10 ans)
endommagée par l'effet de la pesanteur de
la neige fondante au printemps.

vivantes), tordus et penchés ou courbés, en bayonnette, à la tête récemment cassée, avec des branches adventives, une tête morte récemment ou de grosses branches cassées et mortes, sont les plus fréquemment rencontrés dans les plantations, et que le pourcentage des arbres défectueux par place d'étude est plutôt faible, se maintenant presque toujours entre 1 et 10 pour 100, quelle que soit la catégorie de défaut. Même si, selon Hepting (1971), les informations sur la carie du pin rouge sont peu nombreuses, on est tout de même porté à croire que les arbres porteurs de la majorité des défauts mentionnés au tableau II peuvent être cariés ou le devenir, si l'on se base sur certaines études de la carie chez d'autres espèces, par exemple le travail de Lortie (1968) sur le sapin baumier. Cependant, l'absence de carie chez les 307 jeunes pins rouges abattus et sectionnés en billes de 1,2 m (4 pi) au cours de la présente étude et le travail de Basham et Morawski (1964) chez des pins rouges âgés de 141 à 160 ans en Ontario montrent que cette espèce d'arbre, d'une façon générale, résiste bien aux maladies cryptogamiques. Que l'aménagement des peuplements artificiels de pin rouge ait comme objectif de produire des bois à pâte ou de sciage, le sylviculteur devra, lors des traitements de ces peuplements, tendre à éliminer d'abord les pins défectueux en vue d'obtenir des produits de meilleure qualité.

On a remarqué le jaunissement progressif des aiguilles du pin rouge dans 3 plantations âgés de 3, 6 et 15 ans, situées respectivement dans les comtés de Drummond, Lotbinière et Sherbrooke. Ce jaunissement est probablement dû à un mauvais drainage ou à des déficiences minérales en potassium ou en magnésium, comme le signale Lafond (1958) dans des plantations semblables situées au nord du Saint-Laurent.

TABLEAU II

Répartition du nombre de plantations ou de places d'étude de pin rouge suivant les défauts apparents des tiges et les classes de pourcentage des tiges porteuses de défauts.

| Défauts apparents des pins | Nombre de plantations ^a | | | | | Nombre de places d'étude | | | | |
|--|------------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | 1-10% | 11-25% | 26-50% | 51-75% | 76-100% | 1-10% | 11-25% | 26-50% | 51-75% | 76-100% |
| Arbres fourchus (2 tiges vivantes) | 212 | 37 | 2 | 1 | 0 | 253 | 41 | 2 | 1 | 0 |
| Arbres tordus et penchés ou courbés | 186 | 50 | 14 | 6 | 1 | 239 | 53 | 14 | 6 | 1 |
| Arbres en bayonnette | 183 | 46 | 12 | 6 | 2 | 241 | 50 | 12 | 6 | 2 |
| Tête cassée récemment | 99 | 6 | 1 | 0 | 0 | 111 | 7 | 1 | 0 | 0 |
| Arbres fourchus (1 tige vivante) | 67 | 5 | 0 | 0 | 0 | 72 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Branches adventives | 57 | 1 | 0 | 0 | 0 | 62 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Tête morte récemment | 37 | 1 | 0 | 0 | 0 | 41 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Grosses branches cassées et mortes | 34 | 7 | 1 | 0 | 0 | 36 | 9 | 1 | 0 | 0 |
| Grosses branches cassées et vivantes | 18 | 3 | 0 | 0 | 0 | 18 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Tête morte non récemment | 14 | 1 | 1 | 0 | 0 | 15 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Trous (branches arrachées sous le poids de la neige) | 13 | 12 | 5 | 1 | 1 | 14 | 13 | 5 | 1 | 1 |
| Blessures mécaniques récentes | 12 | 1 | 1 | 0 | 0 | 12 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Écoulement de résine | 8 | 1 | 2 | 0 | 0 | 8 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| Tête cassée non récemment | 8 | 1 | 1 | 0 | 0 | 8 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Arbres fourchus (2 tiges cassées) | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Blessures mécaniques anciennes | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Racines exposées | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Noeuds enflés | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Brindilles adventives | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Arbres fourchus (1 tige cassée) | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

^a Nombre de plantations où dans chacune d'elles il y a au moins une place d'étude ayant des arbres porteurs d'un défaut.

Aucun symptôme de la maladie causée par le champignon *Scleroderris lagerbergii* n'a été aperçu au cours de l'inventaire. Au Canada, la présence de cette grave maladie a été observée sur les jeunes pins dans la partie du centre et du nord-est de l'Ontario, dans la région des Maritimes en 1971, de même qu'au Québec par Lalonde et Lortie (1970) et par Lavallée (1973).

CROISSANCE ET PRODUCTION DU PIN ROUGE

Le tableau III montre la moyenne arithmétique, le minimum et le maximum de chacune des caractéristiques dendrométriques pour les places d'étude correspondant aux classes d'âge de 10, 15, 20, 25, 30 et 35 ans. Dans ce tableau, à la classe d'âge de 10 ans, le trait signifie que la caractéristique dendrométrique comprenant le diamètre n'a pas été calculée, étant donné que, dans plusieurs plantations où la plupart des tiges avaient un diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 1,5 cm (0.6 po), le dénombrement des tiges n'a été fait que par classes de hauteur. Pour la classe d'âge de 35 ans, le trait est également utilisé pour indiquer les caractéristiques non calculées dans le cas des places d'étude éclaircies. A cet âge, connaissant le diamètre à la souche des arbres enlevés, on a dû se limiter à estimer approximativement les volumes total et marchand que ces peuplements auraient s'ils n'avaient pas été traités.

Hauteur

La relation âge-hauteur totale des arbres dominants a été déterminée statistiquement à partir des moyennes calculées pour chaque place d'étude; elle se traduit graphiquement par la figure 4. Cette relation peut

TAB. FAU III

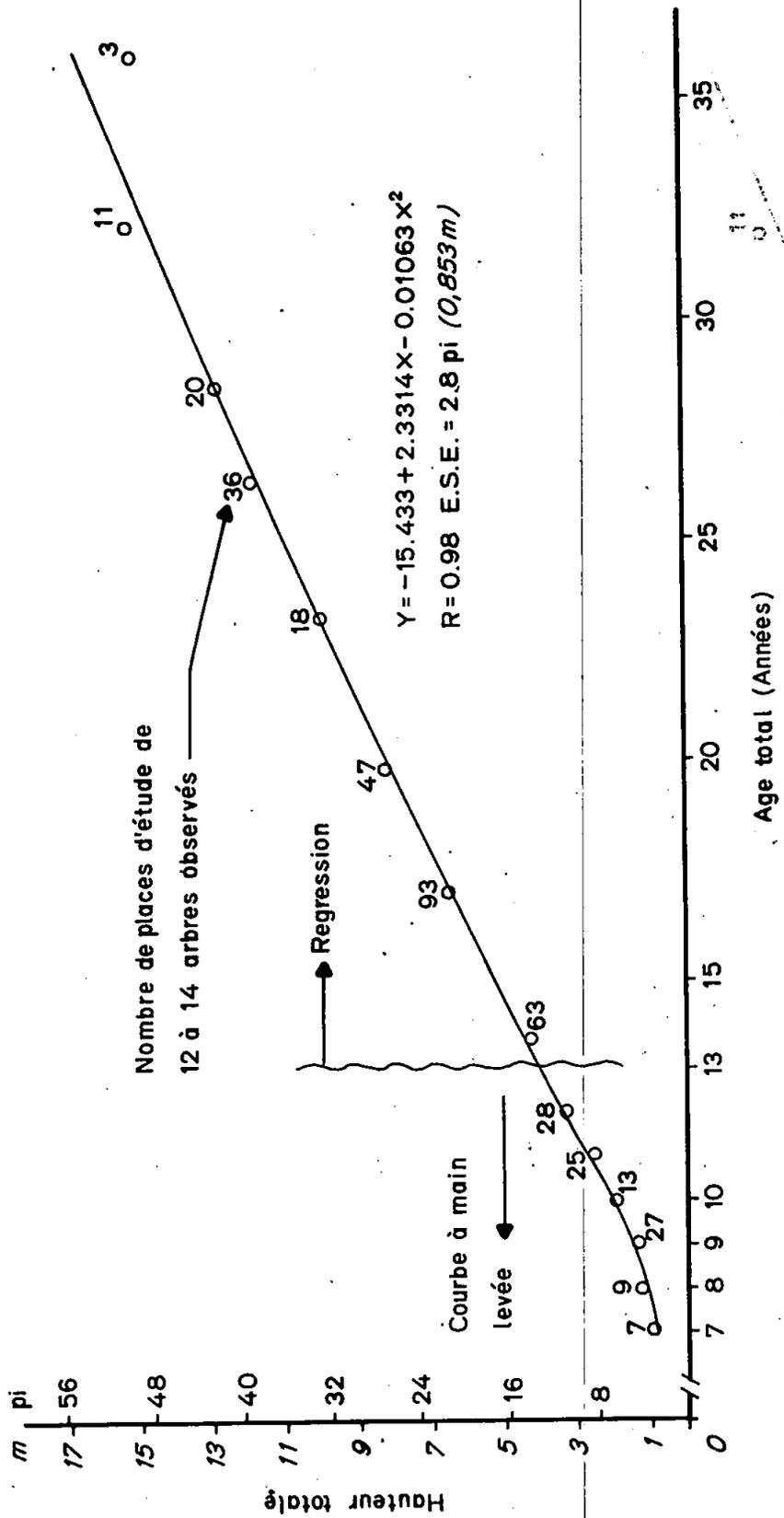
Caractéristiques dendrométriques des plantations de pin rouge^a.

| Caractéristiques | | Classes d'âge (Années) | | | | | | | | | | | |
|--|------|------------------------|------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------|-------|
| | | (7 - 10) 12.5) | | (12.6 - 15) 17.5) | | (17.6 - 20) 22.5) | | (22.6 - 25) 27.5) | | (27.6 - 30) 32.5) | | (32.6 - 35) 37.5) | |
| Diamètre moyen ^b po cm ^c | Min. | | 0.0 | 0,0 | 1.6 | 4,1 | 4.2 | 10,7 | 5.1 | 12,9 | | | |
| | Moy. | - | 3.2 | 8,1 | 4.5 | 11,4 | 5.9 | 15,0 | 6.2 | 15,7 | - | - | |
| | Max. | | 5.6 | 14,2 | 6.8 | 17,3 | 8.0 | 20,3 | 7.8 | 19,8 | | | |
| Diamètre moyen des 100 plus gros arbres ^b po cm | Min. | | 0.0 | 0,0 | 2.0 | 5,1 | 6.1 | 15,5 | 7.2 | 18,3 | | | |
| | Moy. | - | 4.3 | 10,9 | 6.1 | 15,5 | 7.7 | 19,6 | 8.1 | 20,6 | - | - | |
| | Max. | | 7.0 | 17,8 | 8.0 | 20,3 | 9.5 | 24,1 | 9.1 | 23,1 | | | |
| Hauteur totale moyenne pi m | Min. | 2.2 | 0,67 | 7.4 | 2,25 | 18.3 | 5,58 | 27.2 | 8,29 | 31.2 | 9,51 | 43.6 | 13,29 |
| | Moy. | 7.1 | 2,16 | 17.3 | 5,27 | 25.8 | 7,86 | 37.3 | 11,37 | 44.8 | 13,65 | 47.9 | 14,60 |
| | Max. | 16.1 | 4,91 | 27.8 | 8,47 | 34.3 | 10,45 | 46.1 | 14,05 | 55.7 | 16,98 | 51.1 | 15,57 |
| Volume total net ^b pi ³ /ac m ³ /ha | Min. | | 0 | 0,0 | 311 | 21,8 | 1221 | 85,4 | 1637 | 114,5 | 2052 | 143,6 | |
| | Moy. | - | 654 | 45,8 | 1360 | 95,2 | 2492 | 174,4 | 2892 | 202,4 | 4144 | 290,0 | |
| | Max. | | 2147 | 150,2 | 2402 | 168,1 | 3730 | 261,0 | 3596 | 251,6 | 5011 | 350,6 | |
| Volume marchand net pi ³ /ac m ³ /ha | Min. | 0 | 0,0 | 0 | 0,0 | 98 | 6,9 | 986 | 69,0 | 1435 | 107,4 | 1842 | 128,9 |
| | Moy. | 2 | 0,1 | 346 | 24,2 | 1057 | 74,0 | 2158 | 151,0 | 2534 | 177,3 | 3756 | 262,8 |
| | Max. | 90 | 6,3 | 1797 | 125,7 | 2086 | 146,0 | 3092 | 216,3 | 3284 | 229,8 | 4560 | 319,1 |
| Nombre total de tiges vivantes N/ac N/ha | Min. | 160 | 395 | 260 | 542 | 320 | 791 | 380 | 939 | 410 | 1013 | | |
| | Moy. | 647 | 1599 | 798 | 1872 | 900 | 2224 | 848 | 2095 | 804 | 1987 | - | - |
| | Max. | 1290 | 3198 | 1780 | 4398 | 2680 | 6622 | 1360 | 3361 | 1395 | 3447 | | |
| Nombre de tiges vivantes de 0.6 po et plus à 4.5 pi ^b N/ac N/ha | Min. | | 0 | 0 | 320 | 791 | 380 | 939 | 410 | 1013 | | | |
| | Moy. | - | 820 | 2026 | 891 | 2202 | 846 | 2090 | 804 | 1987 | - | - | |
| | Max. | | 1730 | 4275 | 1910 | 4720 | 1360 | 3361 | 1395 | 3447 | | | |
| Nombre de tiges vivantes de 3.6 po et plus à 4.5 pi ^b N/ac N/ha | Min. | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 247 | 370 | 914 | 500 | 1235 | | |
| | Moy. | 3 | 7 | 307 | 759 | 627 | 1549 | 720 | 1779 | 802 | 1982 | - | - |
| | Max. | 140 | 346 | 1140 | 2817 | 1270 | 3188 | 1270 | 3138 | 1190 | 2940 | | |
| Nombre de tiges vivantes de 7.6 po et plus à 4.5 pi ^b N/ac N/ha | Min. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | Moy. | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 | 81 | 200 | 110 | 272 | - | - |
| | Max. | 0 | 0 | 10 | 25 | 60 | 148 | 235 | 581 | 330 | 815 | | |
| Surface terrière totale ^b pi ² /ac m ² /ha | Min. | | 0 | 0,0 | 26 | 5,96 | 83 | 19,05 | 99 | 22,72 | | | |
| | Moy. | - | 49 | 11,24 | 99 | 22,72 | 157 | 36,04 | 168 | 38,56 | - | - | |
| | Max. | | 146 | 33,51 | 163 | 37,41 | 244 | 56,01 | 222 | 50,96 | | | |
| Taux de survie (%) | Min. | 27 | | 34 | | 36 | | 31 | | 30 | | | |
| | Moy. | 79 | | 88 | | 84 | | 70 | | 70 | | | |
| | Max. | 100 | | 100 | | 100 | | 97 | | 95 | | | |
| Nombre de places d'étude | | 110 | | 126 | | 78 | | 46 | | 26 | | 6 | |

^a Ces caractéristiques furent calculées sans tenir compte des quelques essences naturelles compagnes.
^b Pins rouges et quelques autres essences plantées de 0.6 pouce (1,5 cm) et plus à 4.5 pieds (1,37 m).
^c A noter que dans tous les tableaux, ce sont les mesures METRIQUES qui sont en italiques.

s'exprimer par l'équation $Y = -15.433 + 2.3314X - 0.01063X^2$ dans laquelle X est l'âge total et Y , la hauteur totale en pieds. Cette équation a un coefficient de corrélation multiple de 0.98 et une erreur standard (ou écart type) de l'estimé de 0,853 m (2.8 pi). Elle est statistiquement significative au niveau de 99 pour 100. Une forte proportion ($R^2 = 96.0$ pour 100) de la variation en hauteur est associée aux variables X et X^2 . Chacune de ces dernières est significative au niveau de 99 pour 100. La régression n'est valable que pour les plantations âgées de 13 à 36 ans, alors que pour les plantations âgées de moins de 13 ans, la hauteur totale moyenne peut être estimée sur la partie de la courbe tracée à main levée (figure 4).

Le coefficient de variation en hauteur des plantations de pin rouge est plus fort dans les premières années après la plantation. Ce coefficient diminue rapidement lorsque les plantations sont très jeunes et il devient plus constant au fur et à mesure que les plantations vieillissent. A 7, 17 et 36 ans, le coefficient de variation en hauteur est respectivement de 0.321, 0.129 et 0.092. Ce coefficient accuse donc une diminution de 0.192 entre 7 et 17 ans, alors que la diminution n'est plus que de 0.037 pour les plantations comprises entre 17 et 36 ans. Le coefficient de variation en hauteur du pin rouge est moins élevé que celui trouvé par Stiell (1955) dans des plantations de même essence à Petawawa. Le tableau III indique que la variation de la hauteur totale des plantations de pin rouge augmente avec leur âge, si l'on exclut les 6 plantations âgées de 35 ans. A 10 ans, la différence entre la hauteur moyenne maximale (4,91 m ou 16.1 pi) et la hauteur moyenne minimale (0,67 m ou 2.2 pi)



25 Figure 4 — Courbe de la hauteur totale en fonction de l'âge total.

est de 4,24 m (13.9 pi) alors que cette différence atteint 7,47 m (24.5 pi) à 30 ans, ce qui correspond à un écart-type de 0,48 m (1.58 pi) à 10 ans et de 1,30 m (4.26 pi) à 30 ans. Cette variation de la hauteur entre les jeunes plantations d'un âge donné peut être attribuable aux facteurs de sol, à la compétition due aux végétations herbacée et arbustive, au climat local qui, souvent très froid, peut avoir retardé la croissance en hauteur dans un certain nombre de peuplements (Stiell, 1955) et à d'autres facteurs d'ordre génétique.

La figure 4 et le tableau IV montrent que la croissance en hauteur des plantations de moins de 10 ans est au ralenti à cause de la forte compétition des végétations herbacée et arbustive qui étaient souvent déjà établies lors de la plantation. Cette compétition se fait pour l'eau, les éléments minéraux et en établissant un écran à la lumière directe du soleil (Wilde *et al.*, 1965). Au début, ce ralentissement de la croissance en hauteur a lieu durant la période d'établissement (3 à 9 années), qui est le temps requis après la plantation pour atteindre la hauteur de poitrine, soit 1,37 m (4.5 pi). A Drummondville, au Québec, Phu (1972) a trouvé une période d'établissement de 4 à 11 années alors que dans l'état de New York, la période d'établissement se maintient entre 4 et 13 années (Ferree *et al.*, 1952) et au Michigan, entre 6 et 14 années (Day *et al.*, 1960). Entre 7 et 9 ans, l'accroissement annuel courant en hauteur du pin rouge n'est que de 0,3 (1 pi) par année. A l'âge de 10 ans cependant, le pin rouge réussit à dépasser la végétation

TABLEAU IV

Croissance moyenne en hauteur, en diamètre et en volume marchand net du pin rouge^a

| Age (Années) | Croissance en hauteur (pl., m) | | | Croissance en diamètre (po, cm) | | | | Croissance nette en volume marchand (pl ³ /ac, m ³ /ha) | | | | Age (Années) |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|---|-----------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| | Hauteur totale | A.a.c. ^b | A.a.m. ^c | Nombre de places d'étude | Diamètre moyen | A.a.c. | A.a.m. | Nombre de places d'étude | Volume marchand net | A.a.c. | A.a.m. | |
| 7 | 2.7 <i>0,82^d</i> | 1.0 <i>0,31</i> | 0.39 <i>0,12</i> | | | | | | | | | 7 |
| 8 | 3.7 <i>1,13</i> | 1.1 <i>0,33</i> | 0.46 <i>0,14</i> | | | | | | | | | 8 |
| 9 | 4.8 <i>1,46</i> | 1.8 <i>0,55</i> | 0.53 <i>0,18</i> | | | | | | | | | 9 |
| 10 | 6.6 <i>2,01</i> | 2.1 <i>0,64</i> | 0.66 <i>0,20</i> | | | | | 110 | 0 | | 0.0 | 10 |
| 15 | 17.1 <i>5,21</i> | 2.0 <i>0,61</i> | 1.14 <i>0,35</i> | 126 | 3.0 <i>7,62</i> | 0.32 <i>0,81</i> | 0.20 <i>0,51</i> | 126 | 400 <i>28,0</i> | 80 <i>5,6</i> | 26.7 <i>1,9</i> | 15 |
| 20 | 26.9 <i>8,20</i> | 1.9 <i>0,58</i> | 1.34 <i>0,41</i> | 78 | 4.6 <i>11,68</i> | 0.24 <i>0,61</i> | 0.23 <i>0,58</i> | 78 | 1030 <i>72,1</i> | 169 <i>11,8</i> | 51.5 <i>3,6</i> | 20 |
| 25 | 36.2 <i>11,03</i> | 1.7 <i>0,52</i> | 1.45 <i>0,44</i> | 46 | 5.8 <i>14,73</i> | 0.20 <i>0,52</i> | 0.23 <i>0,58</i> | 46 | 1875 <i>132,2</i> | 183 <i>12,8</i> | 75.0 <i>5,2</i> | 25 |
| 30 | 44.9 <i>13,68</i> | 1.6 <i>0,49</i> | 1.50 <i>0,45</i> | 26 | 6.8 <i>17,27</i> | 0.18 <i>0,46</i> | 0.23 <i>0,58</i> | 26 | 2790 <i>196,2</i> | 190 <i>13,3</i> | 93.0 <i>6,5</i> | 30 |
| 35 | 53.1 <i>16,18</i> | 1.5 <i>0,46</i> | 1.52 <i>0,46</i> | | 7.7 ^e <i>19,56</i> | | 0.22 <i>0,56</i> | 6 | 3740 <i>261,7</i> | 201 <i>14,1</i> | 106.8 <i>7,5</i> | 35 |
| 40 | 60.8 ^e <i>18,53</i> | | 1.52 <i>0,46</i> | | | | | | 4745 ^e <i>332,0</i> | | 118.6 <i>8,3</i> | 40 |

Nombre de places d'étude: 400, voir figure 3.

^a Les valeurs de la hauteur, du diamètre et du volume marchand ont été respectivement estimées sur les courbes des figures 3, 4 et 5.

^b A.a.c.: accroissement annuel courant.

^c A.a.m.: accroissement annuel moyen.

^d Les nombres en caractères italiques sont les équivalents métriques.

^e Valeur provenant d'extrapolation.

compétitive, de sorte que son accroissement annuel courant en hauteur est déjà de 0,55 m (1.8 pi) par année et il atteint son maximum, soit 0,64 m (2.1 pi) par année, entre 10 et 15 ans. Par la suite, cet accroissement diminue lentement et devient égal à l'accroissement annuel moyen en hauteur, soit 0,46 m (1.5 pi) par année à 35 ans (tableau IV).

Diamètre

Contrairement à la hauteur totale, la variation du diamètre moyen des arbres de 1,5 cm (0.6 po) et plus dans les places d'étude est forte lorsque les plantations sont très jeunes et diminue à mesure que les plantations vieillissent. Le tableau III indique qu'à 15, 20, 25 et 30 ans, la différence entre les diamètres moyens maximaux et minimaux est respectivement de 14,2, 13,2, 9,6 et 6,9 cm (5.6, 5.2, 3.8, et 2.7 po). Cette diminution de la variation du diamètre moyen, qui a surtout lieu à partir de la fermeture du couvert (20 ans), semble attribuable à la disparition progressive des végétations herbacée et arbustive compétitives, à la forte compétition entre les pins et quelques essences naturelles compagnes, à la mortalité naturelle et aux divers facteurs de sol. Le même phénomène se produit dans le cas du diamètre moyen des 100 plus gros arbres.

Le tableau III montre qu'en général, le taux d'accroissement en diamètre entre 15 et 30 ans est plus élevé dans le cas du diamètre moyen des 100 plus gros arbres que dans le cas du diamètre moyen des arbres de 1,5 cm (0.6 po) et plus, ce qui explique que les grosses tiges subissent moins de compétition de la part des tiges avoisinantes. Pour cette raison, le choix des arbres d'avenir se fait parmi les plus

gros arbres, lors des éclaircies. La figure 5⁸ et le tableau IV indiquent qu'à 20 ans, le diamètre moyen, étant de 11,7 cm (4.6 po), a déjà dépassé la dimension marchande pour le bois à pâte.

D'après le tableau IV, l'accroissement annuel moyen en diamètre se maintient au-delà de 0,5 cm (0.2 po) entre 15 et 35 ans. Il semble que cet accroissement atteint son maximum de 0,58 cm (0.23 po) entre 20 et 30 ans et diminue sensiblement par la suite. Selon le même tableau, l'accroissement annuel courant en diamètre serait de 0,81 cm (0.32 po) entre 15 et 20 ans et serait également réduit à 0,46 cm (0.18 po) à 35 ans. Ce ralentissement de l'accroissement en diamètre est surtout dû à la forte compétition entre les pins et quelques essences naturelles compagnes, qui a surtout lieu à partir de la fermeture du couvert, soit à 20 ans.

Volume

Le volume, étant fonction du diamètre et de la hauteur, est la caractéristique dendrométrique la plus complète pour évaluer la croissance. Le tableau III montre que le pin rouge en plantation s'accroît rapidement et donne des volumes total et marchand nets assez satisfaisants entre 15 et 35 ans. Les valeurs maximales indiquent que les stations de meilleure qualité avec un espacement moyen de 2,13 x 2,13 m (7 x 7 pi) entre les tiges produisent, en volume marchand net à l'hectare, de 126 à 146 m³ (1800 à 2086 pi³/ac) entre 15 et 20 ans, près de 220 m³ (3144 pi³/ac) à 25 ou 30 ans et au-dessus de 315 m³ (4500 pi³/ac) à 35 ans, tandis que d'après les valeurs minimales, les stations les

⁸Courbe tracée à main levée à partir des diamètres moyens du tableau III.

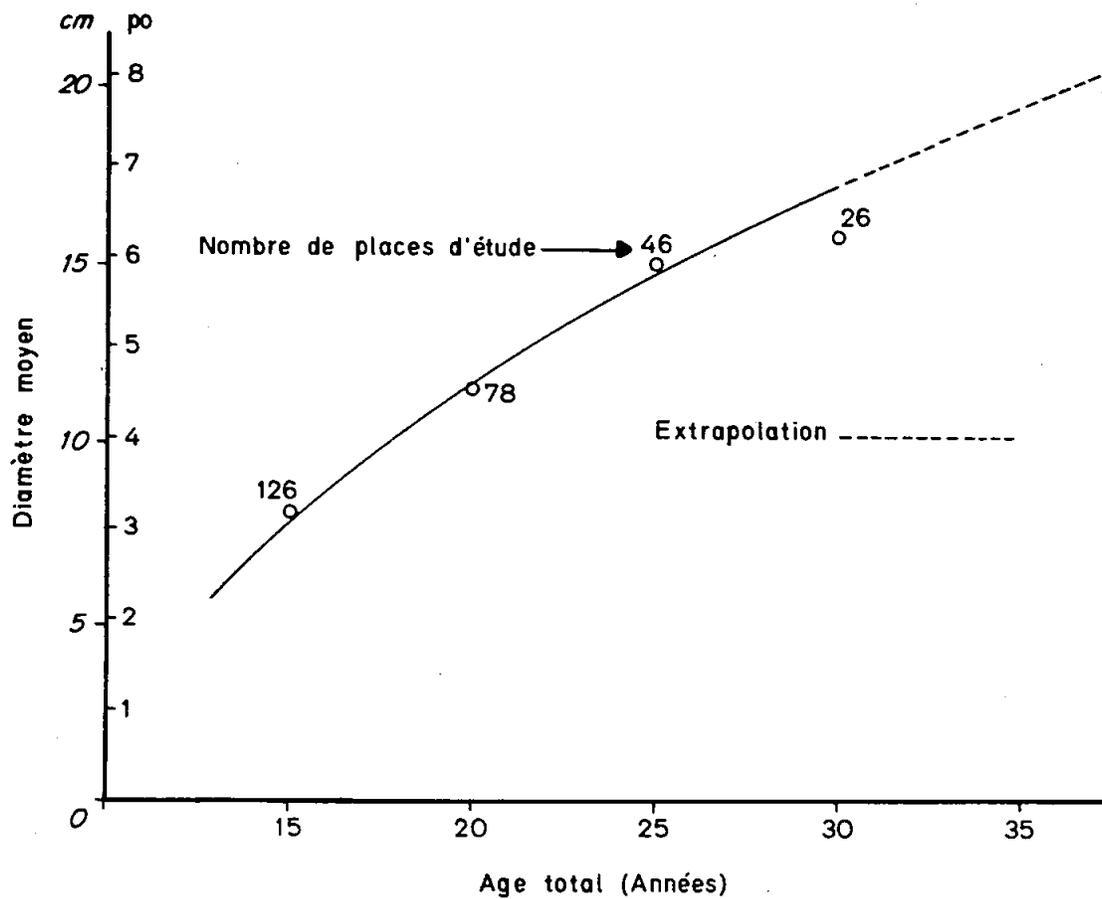


Figure 5 – Courbe du diamètre en fonction des classes d'âge.

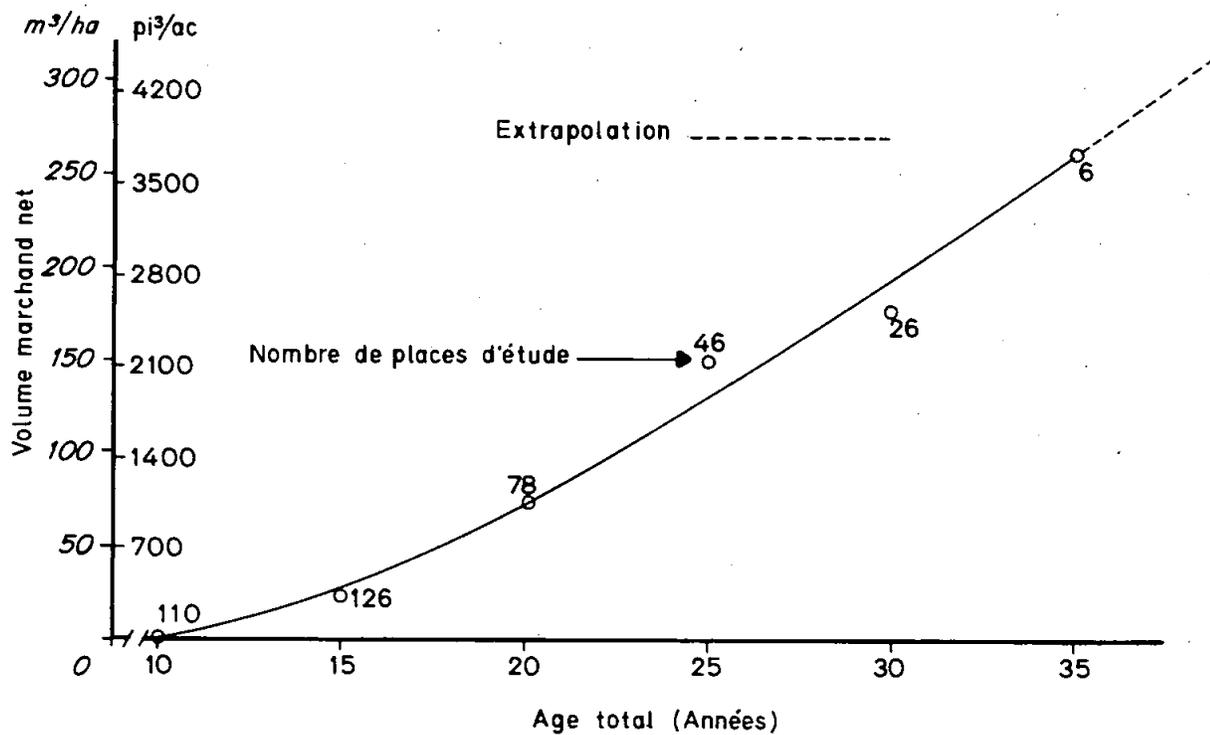


Figure 6 – Courbe du volume marchand net en fonction des classes d'âge.

plus pauvres donnent de 69 à 129 m³/ha (986 à 1842 pi³/ac) entre 25 et 35 ans. Comme dans le cas du diamètre et de la hauteur, la variation des volumes total et marchand nets entre les plantations d'un certain âge serait due aux divers facteurs du milieu.

La figure 6⁹ et le tableau IV montrent théoriquement que le volume marchand net moyen à l'âge de 15, 20, 25, 30, 35 et 40 ans est respectivement de 28,0, 72,1, 131,2, 195,2, 261,7 et 332,0 m³/ha (400, 1030, 1875, 2790, 3740 et 4745 pi³/ac). L'accroissement annuel courant net, qui est de 5,6 m³/ha (80 pi³/ac) entre 10 et 15 ans, augmente rapidement jusqu'à 11,8 m³/ha (169 pi³/ac) entre 20 et 25 ans. Par la suite, cet accroissement augmente lentement pour atteindre 14,1 m³/ha (201 pi³/ac) entre 35 et 40 ans. L'accroissement annuel moyen net en volume marchand, qui commence à zéro à l'âge de 10 ans, augmente progressivement pour se maintenir près de 5,9 m³/ha (85 pi³/ac ou 1 corde/ac) à 25 et 30 ans et au dessus de 7,0 m³/ha (100 pi³/ac ou 1 cunit/ac) à 35 et 40 ans, ce qui représente entre 2.5 et 6.7 pour 100 du volume marchand net.

Etant donné que les courbes d'accroissement annuel moyen et courant sont encore dans leur phase ascendante (figure 7), il est difficile à l'heure actuelle de prédire l'âge d'exploitabilité absolue du pin rouge et partant, son âge de maturité économique. Cependant, les tables de rendement de Plonski (1974) montrent que, pour le cas du volume marchand des plantations de pin rouge éclaircies modérément dans la province de l'Ontario, l'accroissement annuel courant serait à son maximum entre 20 et 25 ans, alors que l'accroissement annuel moyen culmine à 40 ou 45 ans, donnant ainsi l'âge d'exploitabilité absolue communément appelé

⁹Courbe tracée à main levée à partir des volumes marchands du tableau III.

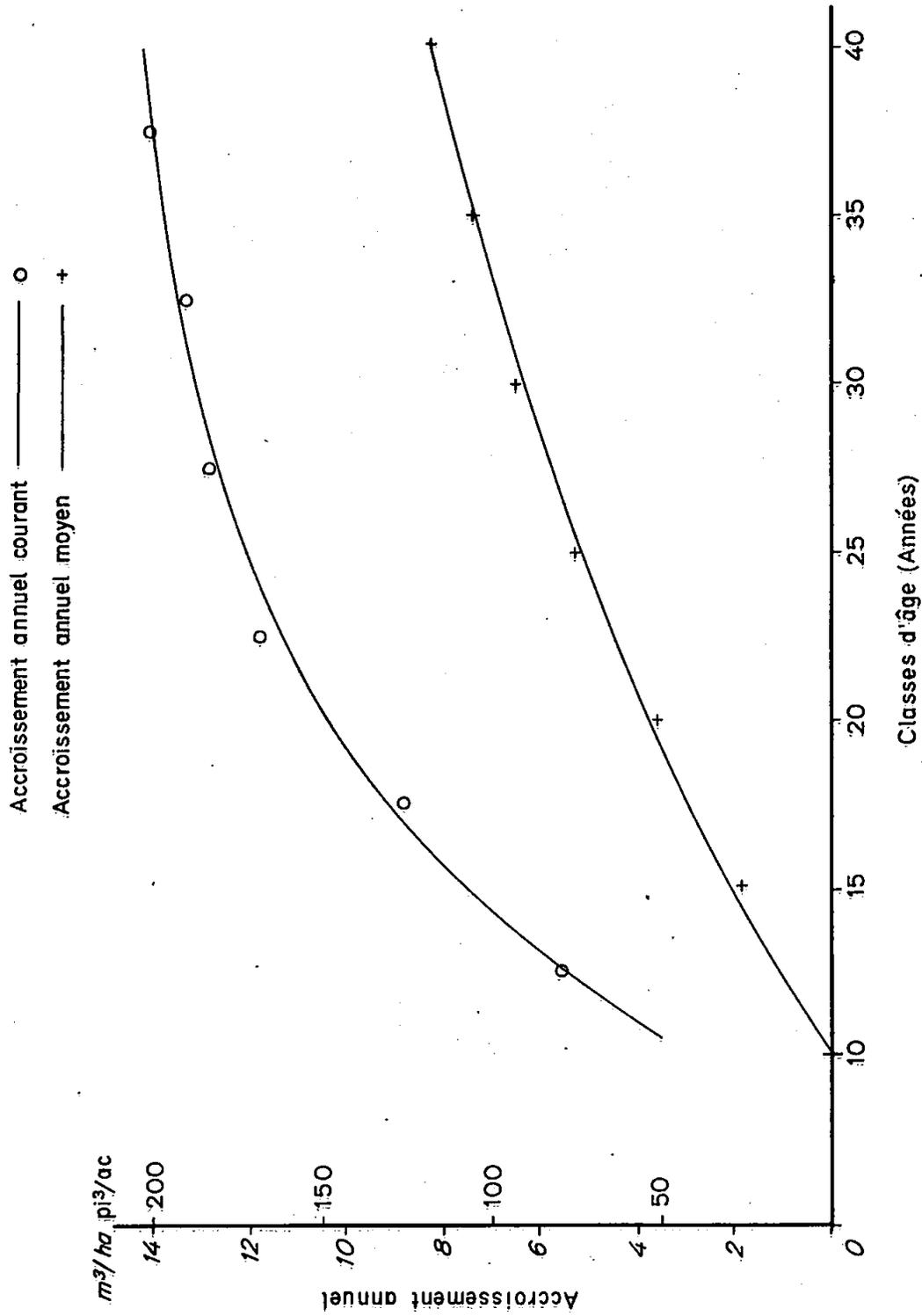


FIGURE 7 — ACCROISSEMENT ANNUEL MOYEN ET COURANT NETS EN VOLUME MARCHAND
PAR RAPPORT AUX CLASSES D'ÂGE.

l'âge de révolution. On peut donc s'attendre à ce que l'âge d'exploitabilité absolue du pin rouge en plantation dans la région étudiée soit à peu près semblable à celui du pin rouge en Ontario.

Nombre de tiges

Le nombre total de tiges vivantes à l'hectare ou à l'acre, ainsi que le nombre de tiges vivantes à l'hectare ou à l'acre de 1,5 cm (0.6 po), 9,1 cm (3.6 po) et 19,3 cm (7.6 po) et plus de diamètre à hauteur de poitrine pour les classes d'âge de 10 à 30 ans, apparaissent au tableau III. Le nombre de tiges vivantes à l'hectare de 9,1 cm (3.6 po) et plus, en moyenne, varie de 1549 à 1982 (627 à 802 tiges/ac) entre 20 et 30 ans. Les valeurs moyennes indiquent qu'à 20 et 25 ans, la majorité des tiges a déjà atteint la dimension marchande (9,1 cm ou 3.6 po et plus) pour le bois à pâte, alors que les valeurs maximales montrent qu'entre 15 et 30 ans, l'on peut rencontrer près de 3000 tiges/ha (1214 tiges/ac) de bois à pâte dans les stations les plus riches. Les tiges marchandes (19,3 cm ou 7.6 po et plus) destinées au sciage ou au déroulage commencent à apparaître en quantité suffisante à l'âge de 25 ans, où l'on en rencontre jusqu'à 581 à l'hectare (235 tiges/ac) dans les stations de bonne qualité avec un espacement moyen de 2,13 x 2,13 m (7 x 7 pi). Toutes les tiges ont atteint la dimension marchande (9,1 cm ou 3.6 po et plus) à 30 ans, soit en moyenne 1982 tiges/ha (802 tiges/ac), dont 14 pour 100 peuvent être utilisées pour le sciage ou le déroulage. Des éclaircies et de l'élagage pratiqués entre 15 et 25 ans pourraient accroître le nombre de tiges bonnes pour le sciage à 30 ans.

Surface terrière

La présence d'espèces compagnes dans plusieurs plantations limite l'emploi de la surface terrière pour exprimer la croissance du pin rouge. La surface terrière totale qui augmente en fonction de l'âge est considérée, en général, comme élevée dans les plantations étudiées. La surface terrière totale moyenne à 20 et 25 ans est respectivement de 22,7 et de 36,0 m²/ha (99 et 157 pi²/ac) et elle atteint 38,6 m²/ha (168 pi²/ac) à 30 ans. A 15 et 20 ans, la surface terrière maximale se situe près de 35 m²/ha (152.5 pi²/ac) et elle se maintient au-dessus de 50 m²/ha (217.8 pi²/ac) entre 25 et 30 ans (tableau III).

Etant donné le ralentissement de la croissance qui commence à la fermeture du couvert (20 ans), moment où la surface terrière augmente rapidement, il y aurait lieu d'effectuer une première éclaircie avant cette diminution de croissance qui, selon Sisam (1939), apparaîtrait (théoriquement) vers l'âge de 10 ans. Cependant, une première récolte à cet âge ne se justifie pas économiquement parce que les produits qu'on en retire ne sont pas de dimensions acceptables sur le marché actuel. En conséquence, certains auteurs tels que Rudolf (1950) et Lafond *et al.* (1964), qui se basent sur l'expérience des plantations faites à Rockland, Ontario (Sisam, 1939; Mulloy, 1943; Althen et Stiell, 1965), recommandent de retarder la première éclaircie jusqu'à l'âge de 20 ou 25 ans pour que les produits de la coupe puissent tout au moins payer le coût des travaux tout en empêchant la montée rapide de l'investissement, et pour obtenir une meilleure croissance du peuplement résiduel. De plus, les résultats d'une étude effectuée par Lundgren (1965) aux Etats-Unis révèlent que des éclaircies dans des plantations de pin rouge doivent être pratiquées

tous les 10 ans à partir de 25 ans tout en maintenant la surface terrière à $20,66 \text{ m}^2/\text{ha}$ ($90 \text{ pi}^2/\text{ac}$), si l'on désire obtenir le plus haut revenu sur le capital investi. Il s'agirait, par des expériences, de savoir jusqu'à quel point ces résultats sont applicables au Québec, plus particulièrement au sud du Saint-Laurent.

Le tableau III indique que le traitement suggéré par Lundgren (1965) permettrait de récolter à 25 ans, en moyenne, 741 tiges/ha (300 tiges/ac) d'un diamètre à hauteur de poitrine variant de 10,2 à 20,3 cm ($4 \text{ à } 8 \text{ po}$), ce qui représente environ 35 pour 100 du nombre total de tiges vivantes. Cette première éclaircie à 25 ans permettrait en même temps de sélectionner 494 pins/ha (200 pins/ac) parmi les plus vigoureux, les plus sains et les plus droits pour constituer le stock final; d'après Berry (1964), ces 494 pins étant déjà dépourvus de branches jusqu'à une hauteur de 3,0 à 4,6 m ($10 \text{ à } 15 \text{ pi}$), pourraient être profitablement élagués jusqu'à 5,2 m (17 pi). Lors de deux éclaircies subséquentes, soit à 35 et 45 ans, au cours desquelles on diminuerait encore la surface terrière à $20,66 \text{ m}^2/\text{ha}$ ($90 \text{ pi}^2/\text{ac}$), l'élagage des pins sélectionnés pourrait se poursuivre jusqu'à une hauteur de 6,1 à 7,6 m ($20 \text{ à } 25 \text{ pi}$), de façon à obtenir à la récolte finale (55 ans) des billes de sciage et de déroulage ou des poteaux de meilleure qualité, si l'on se base sur le travail d'Althen et Stiell (1965). Ces traitement pourraient être appliqués à partir de 25 ans dans le cas des grandes plantations.

Pour diminuer les bris par la neige et pour améliorer la qualité du bois tout en stimulant la croissance, l'élagage et l'éclaircie pourraient

débuter plus tôt dans le cas des petites plantations appartenant très souvent à des agriculteurs qui, pendant la saison morte, peuvent consacrer du temps à l'entretien de leur boisé. Comme l'ont déjà fait un bon nombre de petits propriétaires, l'élagage du premier verticille de la majorité des pins pourrait être effectué dès que ceux-ci ont atteint environ 3,0 m (10 pi) de hauteur; puis, l'élagage pourrait se poursuivre à l'âge de 15 ans jusqu'à une hauteur de 2,1 m (7 pi) pour les pins de 7,6 à 10,2 cm (3 à 4 po) de diamètre (Bickerstaff, 1942), conjointement avec une première éclaircie, où l'on enlèverait surtout les tiges défectueuses et malades. Par la suite, l'élagage et l'éclaircie seraient effectués comme pour le cas des grandes plantations, soit tous les 10 ans à partir de 25 ans, de sorte que la récolte finale aurait lieu à 45 ou 55 ans.

Il est évident que l'âge de révolution et les traitements peuvent dépendre du but de l'aménagement. Si l'on désire aménager les plantations de pin rouge pour ne produire que du bois à pâte, il y aurait peut-être avantage au point de vue économique d'abrèger la longueur de la période de révolution. Dans ce cas, on pourrait se limiter à une éclaircie commerciale à 20 ou 25 ans et la coupe finale aurait lieu à 35 ou 40 ans. Ce traitement (sans élagage) serait appliqué surtout dans le cas des grandes plantations.

Survie

Le succès des plantations dépend de la survie et de la croissance. Après avoir étudié la croissance, examinons maintenant la survie. Le taux de survie calculé d'après les places d'étude est satisfaisant,

quel que soit l'âge des plantations exécutées manuellement, et il semble que ce taux de survie serait encore plus élevé si ces plantations avaient été effectuées mécaniquement en sillons (Boissinot *et al.*, 1971). Le taux de survie moyen qui, en général, est inversement proportionnel à l'âge, varie de 70 à 88 pour 100 (tableau III). Pour une même plantation, la mortalité est plus élevée les premières années après le reboisement, à cause de la forte compétition de la part des végétations herbacée et arbustive; le taux de mortalité diminue au fur et à mesure que la plantation vieillit. Voilà donc pourquoi une bonne préparation du terrain (nettoyage, scarification ou labourage) avant la plantation est très importante, car elle permettrait aux jeunes plants de bien s'enraciner tout en retardant d'une couple d'années la compétition des végétations herbacée et arbustive qui étouffe les plants ou qui retarde leur croissance. Après 2 ou 3 ans, lorsque cette compétition réapparaît, on devrait dégager par des moyens mécanique ou chimique les jeunes plants à une ou deux reprises selon la station, avant la fin de la période d'établissement qui, comme on l'a dit plus haut, dure entre 3 et 9 années après la plantation. Un tel traitement, en plus de réduire la mortalité, permettrait d'obtenir une croissance en hauteur plus forte et qui serait plus uniforme durant la première décennie. Plus tard, des coupes d'éclaircie et d'élagage devraient être effectuées, comme on l'a dit précédemment.

COMPARAISON DE LA CROISSANCE DU PIN ROUGE DE LA REGION ETUDIEE AVEC CELLE DU PIN ROUGE DES AUTRES REGIONS.

A la suite des considérations qui précèdent, il semble que le pin rouge en plantation au Québec est fort bien adapté, particulièrement

au sud du Saint-Laurent. Il se compare avantageusement avec ce que l'on trouve ailleurs au pays, voire même aux Etats-Unis. Le tableau V montre que, dans la région étudiée, le pin rouge donne de bons accroissements en hauteur, en diamètre et en volume, lesquels sont la plupart du temps supérieurs à ceux que l'on observe pour le pin rouge en plantation dans les autres régions du Canada ou des Etats-Unis.

Hauteur

La croissance moyenne en hauteur du pin rouge étudié est plus élevée que celle des plantations de même essence à Grand-Mère au Québec (Cunningham, 1953; MacArthur, 1960), à Petawawa en Ontario (Stiell, 1955 et 1964), au Nouveau-Brunswick (McLeod, 1956), au Manitoba (Cayford et Haig, 1964), dans les *Lake States* (Rudolf, 1950), au Wisconsin (Wilde *et al.*, 1965) pour les plantations âgées de 25, 30 et 35 ans, et finalement en Ontario (Plonski, 1974) pour les plantations âgées de 35 et 40 ans. Aux alentours de la ville de Québec, Meyer (1965) a trouvé, pour des plantations de pin rouge âgées de 7 à 19 ans, des accroissements en hauteur sensiblement supérieurs à ceux du pin rouge de la région étudiée; ceci est probablement dû au fait que le nombre d'observations faites par Meyer est moins élevé. Le travail d'Althen et Stiell (1965) à Rockland, Ontario, mentionne des accroissements à peu près semblables aux nôtres pour une plantation de pin rouge mesurée à 27, 32 et 40 ans. A 16 et 20 ans cependant, la croissance moyenne en hauteur du pin rouge au sud du Saint-Laurent est un peu inférieure à celle du pin rouge rencontré dans l'état du Wisconsin (Wilde *et al.*, 1965) aux Etats-Unis. A partir de 10 ans, Plonski (1974) a également trouvé un accroissement moyen en hauteur dépassant un peu celui du pin rouge de la région étudiée, mais cet accroissement

devient à peu près égal dans les plantations âgées de 30 ans. Les plantations de pin rouge au sud-est du Manitoba ont la croissance en hauteur la plus faible, probablement à cause du fait que le pin rouge dans cette région se trouve tout à fait à la limite nord-ouest de son aire de distribution telle qu'indiquée par Horton et Brown (1960).

Diamètre

La croissance en diamètre des plantations étudiées est nettement supérieure à celle qui est rencontrée à Grand-Mère, dans les *Lake States* et au Wisconsin pour le cas des plantations âgées de 25, 30 et 35 ans. Cependant, les plantations du Wisconsin atteignent à 16 et 20 ans des diamètres un peu plus gros que ceux des plantations au sud du Saint-Laurent. Les diamètres obtenus par Meyer (1965) aux environs de Québec sont également meilleurs pour les plantations âgées de 15, 18 et 19 ans; ceci s'explique probablement par le fait que le nombre d'observations faites par celui-ci à ces âges est moins élevé.

Volume

Le volume, étant fonction du diamètre et de la hauteur, se compare de façon semblable entre le territoire étudié et les autres régions. A 29 et 39 ans, le volume total du pin rouge de la région étudiée serait plus élevé que celui observé à Grand-Mère par MacArthur (1960). Dans la même région inventoriée, les volumes total et marchand des plantations comprises entre 12 et 22 ans seraient également supérieurs à ceux trouvés à Petawawa par Stiell (1964). A Rockland, une plantation mesurée périodiquement, soit à 27, 32 et 40 ans, donne un volume total plus élevé aux deux premiers mesurages, mais, à 40 ans, ce volume s'approche de celui extrapolé

pour la région étudiée. Au Wisconsin, le volume marchand à 16 et 20 ans dépasse celui des plantations étudiées, mais il leur est inférieur à 25, 30 et 35 ans. Dans ses tables de rendement, Plonski (1974) cite pour les plantations de pin rouge en Ontario des volumes total et marchand un peu supérieurs à ceux du territoire étudié; cette différence de volume pourrait être due aux faits que l'échantillonnage de Plonski serait plus faible et que sa table de rendement pour le pin rouge a été préparée à partir des données de plantations éclaircies modérément.

TABLEAU V

Comparaison de la croissance du pin rouge de la région étudiée avec celle du pin rouge des autres régions

| Age total ^d (Années) | Province de Québec - Canada | | | | | | | | | | | | Age total (Années) | |
|------------------------------------|---|---|--|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|---|
| | Région étudiée: sud du Saint-Laurent | | | Région de Québec (Meyer, 1965) | | | Grand-Mère (Cunningham, 1953) | | | Grand-Mère (MacArthur, 1960) | | | | |
| | Hauteur totale ^b (pi, m) | Diamètre moyen ^c (po, cm) | Volume total ^d (pi ³ /ac, m ³ /ha) | Nombre de places d'étude de 20 arbres | Hauteur totale (pi, m) | Diamètre moyen (po, cm) | Nombre de places d'étude | Hauteur totale (pi, m) | Diamètre moyen (po, cm) | Nombre de places d'étude | Hauteur totale (pi, m) | Diamètre moyen (po, cm) | | Volume total (pi ³ /ac, m ³ /ha) |
| 7 | 2.7 0,82 ^e | | | 1 | 3.7 1,13 | | | | | | | | | 7 |
| 8 | 3.7 1,13 | | | 5 | 4.6 1,40 | | | | | | | | | 8 |
| 9 | 4.8 1,46 | | | 11 | 5.7 1,74 | | | | | | | | | 9 |
| 10 | 6.6 2,01 | | | 14 | 6.9 2,10 | | | | | | | | | 10 |
| 15 | 17.1 5,21 | 3.0 7,6 | | 2 | 17.0 5,18 | 3.8 9,6 | | | | | | | | 15 |
| 18 | 23.1 7,04 | 4.0 10,2 | | 8 | 24.5 7,47 | 5.7 14,5 | | | | | | | | 18 |
| 19 | 25.0 7,62 | 4.3 10,9 | | 2 | 27.1 8,26 | 6.4 16,3 | | | | | | | | 19 |
| 24 | 34.4 10,48 | 5.6 14,2 | | | | | 1 | 23.0 7,01 | 3.1 7,9 | | | | | 24 |
| 29 | 43.2 13,17 | 6.6 16,8 | 3050 213,4 | | | | | | | 3 | 30.0 9,14 | 5.5 14,0 | 1520 106,9 | 29 |
| 39 | 59.3 ^f 18,0' | 8.4 ^f 21,3 | 4740 ^f 331,7 | | | | | | | | 16.0 4,92 | 6.8 17,3 | 3110 217,6 | 39 |

^a Age depuis la graine.

^b Les valeurs proviennent de la courbe à la figure 3.

^c Les valeurs proviennent de la courbe à la figure 4.

^d Les valeurs proviennent d'une courbe tracée à main levée à partir des données du tableau III.

^e Les nombres en caractères italiques sont les équivalents métriques.

^f Valeurs provenant d'extrapolation.

TABLEAU V (SUIITE)

| Age total (années) | Canada | | | | | | Etats-Unis | | | | | | Age total (années) | | |
|-----------------------|---|----------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------------------|--|
| | Région étudiée: sud du Saint-Laurent, Québec | | | Nouveau-Brunswick (McLeod, 1956) | | Manitoba (Cayford & Haig, 1964) | | Lake States (Rudolf, 1950) | | | Wisconsin (Wilde et al., 1965) | | | | |
| | Hauteur totale (pi, m) | Diamètre moyen (po, cm) | Volume marchand (pi ³ /ac, m ³ /ha) | Nombre de plantations | Hauteur totale (pi, m) | Nombre de plantations | Hauteur moyenne maximum (pi, m) | Nombre de places d'étude | Hauteur totale (pi, m) | Diamètre moyen (po, cm) | Nombre de places d'étude | Hauteur totale (pi, m) | | Diamètre moyen (po, cm) | Volume marchand (pi ³ /ac, m ³ /ha) |
| 7 | 2.7 0,82 | | | | | 6 | 1.9 0,58 | | | | | | | | 7 |
| 8 | 3.7 1,13 | | | | | 2 | 2.2 0,67 | | | | | | | | 8 |
| 9 | 4.8 1,46 | | | | | 1 | 2.2 0,67 | | | | | | | | 9 |
| 10 | 6.6 2,01 | | | | | | | Plusieurs milliers d'arbres | 10.5 3,20 | | | | | | 10 |
| 15 | 17.1 5,21 | | | | | 13 | 5.9 1,80 | | | | | | | | 15 |
| 16 | 19.1 5,82 | 3.4 8,6 | 510 36,7 | | | 1 | 7.0 2,13 | | | 18 | 22.1 6,74 | 4.0 10,2 | 872 61,0 | | 16 |
| 17 | 21.1 6,45 | | | | | 1 | 8.6 2,62 | | | | | | | | 17 |
| 18 | 23.1 7,04 | | | Inconnu | 11.0 3,35 | | | | | | | | | | 18 |
| 19 | 25.0 7,62 | 4.3 10,9 | | | | | | | 11.9 3,63 | 3.2 8,1 | | | | | 19 |
| 20 | 26.9 8,20 | 4.6 11,7 | 1030 78,1 | | | | | | | 56 | 29.0 8,84 | 5.1 12,9 | 1492 104,4 | | 20 |
| 21 | 28.8 8,78 | 4.9 12,4 | | | | | | | 12.7 3,87 | 2.2 5,6 | | | | | 21 |
| 23 | 32.6 9,94 | 5.3 13,5 | | i | 18.0 5,49 | | | | 24.2 7,38 | 4.4 11,2 | | | | | 23 |
| 25 | 36.2 11,03 | 5.8 14,7 | 1875 131,2 | | | | | | | 29 | 33.0 10,06 | 5.2 13,2 | 1753 122,7 | | 25 |
| 27 | 39.8 12,13 | 6.2 15,7 | | | | | | | 35.2 10,73 | 4.9 12,4 | | | | | 27 |
| 30 | 44.9 13,68 | 6.8 17,3 | 2790 196,2 | | | | | | | 11 | 39.9 12,16 | 6.2 16,7 | 2625 183,7 | | 30 |
| 35 | 53.1 16,18 | 7.7 19,6 | 3740 261,7 | | | | | | | 1 | 37.5 11,43 | 5.4 13,7 | 2040 142,7 | | 35 |

[£] Cette valeur fut extrapolée.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'analyse des résultats de l'inventaire des plantations de pin rouge au sud du Saint-Laurent nous permet de tirer certaines conclusions et de faire certaines recommandations:

1-. En général, les plantations de pin rouge qui ont été étudiées sur les propriétés privées sont dans un état satisfaisant et elles ont donné de bons résultats malgré certains dommages causés par la compétition et d'autres agents perturbateurs..

2-. A part la compétition, les agents perturbateurs qui auraient endommagé les plantations sont le climat (neige et verglas souvent accompagnés de vent), les insectes, les animaux et l'homme. Le climat serait l'agent perturbateur le plus fréquent et l'intensité des dégâts dus à cet agent, quoique plutôt faible dans la majorité des plantations, demeure encore plus élevée que celle des dégâts causés par les autres agents.

3-. Les arbres défectueux rencontrés le plus fréquemment chez le pin rouge sont les arbres fourchus avec une ou deux tiges vivantes, tordus et penchés ou courbés, en bayonnette, ainsi que les arbres avec tête morte ou cassée récemment, des branches adventives ou de grosses branches

cassées et mortes. Le pourcentage des arbres défectueux par place d'étude est plutôt faible, se maintenant la plupart du temps entre 1 et 10 pour 100.

4-. L'élagage artificiel qui a été observé dans un bon nombre de plantations visitées a eu pour effet de réduire les dégâts dus à la neige et au verglas, principalement dans les plantations de moins de 15 ans.

5-. Le pin rouge résiste bien aux maladies cryptogamiques.

6-. Le taux de survie du pin rouge qui, en moyenne, varie de 70 à 88 pour 100 entre 10 et 30 ans, est considéré comme satisfaisant.

7-. Le pin rouge, particulièrement en plantation, est une essence à croissance assez rapide. Entre 9 et 35 ans, l'accroissement annuel courant en hauteur se maintient entre 0,49 et 0,64 m (*1.6 et 2.1 pi*), alors que l'accroissement annuel moyen varie de 0,15 à 0,46 m (*0.5 à 1.5 pi*). L'accroissement annuel moyen en diamètre se situe au-dessus de 0,5 cm (*0.2 po*) entre 15 et 35 ans. Les peuplements croissant dans des stations de diverses qualités produisent en moyenne 131, 195 et 262 m³/ha (*22, 33 et 44 cordes/ac*) de bois marchand à 25, 30 et 35 ans. respectivement, ce qui donne un accroissement annuel moyen net de près de 5,9 m³/ha (*85 pi³/ac* ou *1 corde/ac*) à 25 et 30 ans, et de plus de 7,0 m³/ha (*100 pi³/ac* ou *1 cunit/ac*) à 35 et 40 ans.

8-. Il est difficile à l'heure actuelle de se prononcer précisément sur l'âge de maturité économique du pin rouge, vu que les courbes d'accroissements annuels moyen et courant sont encore dans leur phase ascendante. Il se pourrait cependant que cette rencontre puisse avoir

lieu vers 45 ans, ce qui est l'âge d'exploitabilité absolue calculé pour les plantations de pin rouge en Ontario à partir des tables de rendement de Plonski (1974).

9-. La croissance du pin rouge au sud du Saint-Laurent est aussi bonne et souvent meilleure que celle du pin rouge planté dans les autres régions.

10-. A partir des connaissances actuelles et de celles qui seront acquises au cours de l'étude des autres essences plantées, on pourrait éventuellement établir des normes plus précises sur le choix des essences de reboisement pour une région donnée, compte tenu des critères d'ordre socio-économique.

11-. Lors de l'exécution des plantations de pin rouge dans des champs contigus à la forêt, il s'agirait, pour éviter la compétition de celle-ci surtout pour la lumière, de planter dans les 4 ou 5 premières rangées avoisinant la forêt, une essence plus tolérante telle l'épinette.

12-. Pour prévenir et diminuer les dommages causés par le vent ou par les tempêtes de neige dans le cas des plantations les plus exposées, il serait préférable d'ériger du côté des vents dominants un brise-vent formé de 4 à 5 rangées de résineux (ex.: épinette blanche ou de Norvège) à croissance assez rapide, résistants au vent, disposés en quinconce et espacés de 1,22 m (4 pi) au maximum.

13-. Le pin rouge, à cause de sa bonne croissance, sa longévité, son taux de survie élevé, sa facilité d'adaptation, sa distribution

géographique à l'état naturel (Horton et Brown, 1960), sa période d'établissement plus courte que celle du pin rouge planté dans les autres régions, la bonne qualité de son bois ainsi que sa résistance au vent, aux maladies et aux insectes, mérite qu'on lui apporte une considération sérieuse dans le reboisement des terres agricoles abandonnées dont la plus grande partie se trouve dans la région étudiée, soit la région forestière des Grands-Lacs-et-du-Saint-Laurent.

14-. Une bonne préparation du terrain (labourage, nettoyage ou scarification) avant la plantation aurait pour effet de retarder d'une couple d'années la compétition des végétations herbacée et arbustive, laquelle retarde la croissance en hauteur et est souvent responsable du plus grand taux de mortalité se produisant les premières années après la plantation.

15-. Lorsque cette végétation compétitive réapparaît au bout d'environ deux ans après la plantation, il serait souhaitable pour les mêmes raisons de dégager les plants par des moyens mécaniques ou chimiques à une ou deux reprises avant la fin de la période d'établissement.

16-. Il faudrait entreprendre le plus rapidement possible, tout en tenant compte de l'aspect économique, des expériences pour déterminer les méthodes de traitement (éclaircie, élagage, fertilisation, etc...) à appliquer aux plantations de pin rouge dont un bon nombre a déjà atteint l'âge de 20 à 25 ans, âge où une première coupe commerciale s'impose. Par exemple, si l'on désire obtenir un plus haut revenu sur les investissements faits pour les plantations de pin rouge, il serait important de savoir jusqu'à quel point les résultats obtenus par Lundgren (1965) aux Etats-Unis sont applicables au

Québec, particulièrement au sud du Saint-Laurent. Ce traitement suggéré par Lundgren (1965), qui consiste à effectuer pour le pin rouge des éclaircies tous les 10 ans à partir de 25 ans tout en gardant une surface terrière de $20,66 \text{ m}^2/\text{ha}$ ($90 \text{ pi}^2/\text{ac}$) permettrait de récolter à 25 ans, en moyenne, 741 pins/ha ($300 \text{ pins}/\text{ac}$) d'un diamètre à hauteur de poitrine variant de 10,2 à 20,3 cm ($4 \text{ à } 8 \text{ po}$), pour payer au moins le coût des travaux et pour stimuler la croissance du peuplement résiduel.

17-. Dans les grandes plantations, un élagage de plus de 494 pins sélectionnés à l'hectare ($200 \text{ pins}/\text{ac}$) pourrait être exécuté en trois opérations conjointement avec trois éclaircies successives à l'âge de 25, 35 et 45 ans, dans le but d'obtenir à la récolte finale (55 ans) des tiges plus grosses et de meilleure qualité.

18-. Pour le cas des petites plantations du domaine privé, l'élagage du premier verticille de la plupart des pins pourrait être effectué aussitôt que ceux-ci ont atteint environ 3,0 m (10 pi) de hauteur, dans le but principal de diminuer les bris par la neige. Pour améliorer davantage la qualité du bois tout en stimulant la croissance, l'élagage pourrait se poursuivre à l'âge de 15 ans chez les pins de 7,6 à 10,2 cm ($3 \text{ à } 4 \text{ po}$) de diamètre jusqu'à une hauteur de 2,1 m (7 pi), en même temps qu'une éclaircie où l'on enlèverait au moins les tiges défectueuses et malades. A partir de 25 ans, les traitements seraient identiques à ceux suggérés pour les grandes plantations.

19-. Si l'on désire aménager les plantations de pin rouge pour ne produire que du bois à pâte, il serait peut-être préférable au point de vue économique, de raccourcir la période de révolution,

surtout dans le cas des grandes plantations. Le traitement consisterait alors en une seule éclaircie commerciale (sans élagage) qui serait effectuée à l'âge de 20 ou 25 ans et la coupe finale pourrait avoir lieu à 35 ou 40 ans.

20-. Etant donné qu'actuellement, les débouchés du pin rouge sur le marché sont assez limités, des études sur l'utilisation de cette essence devraient être entreprises au Québec et leurs résultats vulgarisés de façon à attirer l'attention des industriels pour que ceux-ci puissent s'intéresser à transformer ce produit. Des recherches effectuées par le Laboratoire de recherche sur les produits forestiers, division d'Ottawa (Feihl et Godin, 1967) pour le compte du ministère des Terres et Forêts de la province de l'Ontario, ont déjà démontré qu'il était possible d'utiliser le pin rouge pour les placages et contreplaqués. On pourrait également examiner la possibilité d'utiliser cette essence comme arbre de Noël en adoptant une méthode de plantation appropriée.

21-. Il serait avantageux de vérifier par différents tests jusqu'où au Québec les résultats obtenus dans la production du pin rouge peuvent être appliqués en dehors de la région étudiée.

BIBLIOGRAPHIE

- ALTHEN, F.W. von and W.M. STIELL, 1965. *Twenty-three years of management in the Rockland red pine plantation*. Canada Dept. of Forestry, Publication No. 1123, 20 p.
- BASHAM, J.T. and Z.J.R. MORAWSKI, 1964. *Cull studies, the defects and associated basidiomycete fungi in the heartwood of living trees in the forests of Ontario*. Canada Department of Forestry, Publication No. 1072, 69 p.
- BERRY, A.B., 1964. *A time study in pruning plantation white spruce and red pine*. Forest Research Branch, Canada Department of Forestry, Contribution No. 568 (Reprinted from the Forestry Chronicle, March, 1964, Vol. 40, no. 1).
- BERTRAND, V., *Tarifs provisoires de cubage pour les plantations du Québec*. En préparation.
- BICKERSTAFF, A., 1942. *The size of tree pruning*. Petawawa Forest Exp. Sta. Project No. 38. Canada Department of Mines and Resources, Lands, Parks and Forests Branch, Silvicultural Leaflet No. 9. Prepared by the Dominion Forest Service, Ottawa.
- BLANCHARD, R., 1960. *Le Canada français*. Fayard (Canada) Ltée, Montréal, 314 p.
- BOISSINOT, G., P. BONIN et A. DANCAUSE, 1971. *Plantation mécanique*. Forêt Conservation, 37 (4): 9-11.
- CAYFORD, J.H. and R.A. HAIG, 1964. *Survival and growth of 1949-1962 red pine plantations in southeastern Manitoba*. Canada Department of Forestry, Publication No. 1093, 16 p.
- CUNNINGHAM, G.C., 1953. *Croissance et Développement des plantations de conifères de Grand-Mère (P.Q.)*. Division des forêts, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Canada, Mémoire de recherches sylvicoles n° 103, 29 p.
- DAVIAULT, L., 1949. *La tenthrède de Leconte*. Bureau d'entomologie, ministère des Terres et Forêts du Québec, Circulaire n° 8, 3 p.
- DAY, M.W., C.F. BEY and V.G. RUDOLPH, 1960. *Site index for planted red pine by the 5-year growth intercept method*. Journal of Forestry, 58: 198-202.

- DESCHAMPS, R., 1968. *Le Reboisement au Québec*. Forêt Conservation, 34 (3): 10-11.
- FEIHL, O. et V. GODIN, 1967. *Le Pin rouge de plantation, essence pour placages et contreplaqués*. Direction générale des Forêts, ministère des Forêts et du Développement rural, Canada, Publication n° 1178 F., 15 p.
- FERLAND, M.-G. et R.-M. GAGNON, 1967. *Climat du Québec méridional*. Ministère des Richesses naturelles, Québec, 94 p.
- FERREE, M.J., I.D. SHEARER et E.L. STONE, 1952. *A method of evaluation of site quality in young red pine plantations*. Journal of Forestry, 36: 328-332.
- GIGUERE, M., 1964. *Etude de la carie et des défauts externes des arbres dans un peuplement de sapin à fougère*. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec (non publiée).
- GRANDTNER, M.M., 1966. *La Végétation forestière du Québec méridional*. Les presses de l'Université Laval, Québec, 216 p.
- HEPTING, G.H., 1971. *Diseases of forest and shade trees of the United States*. Forest Service, U.S.D.A., Agriculture Handbook No. 386, p. 343-348. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402.
- HORTON, K.W. et W.G.E. BROWN, 1960. *Ecologie du pin blanc et du pin rouge dans la région forestière des Grands-Lacs-et-du-Saint-Laurent*. Division des recherches sylvicoles, Dir. des forêts, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Canada, Mémoire technique n° 88, 28 p.
- LADOUCEUR, G. et M.M. GRANDTNER, 1961. *Les Terres à reboiser du Québec méridional*. Fonds de recherches forestières, Université Laval, Québec, Bulletin n° 4, 52 p.
- LAFOND, A., J. PAQUET et M. LORTIE, 1964. *Aménagement des forêts de Saint-Raymond (partie sud), comté de Portneuf*. Fonds de recherches forestières, Université Laval, Québec, Bulletin n° 6, 68 p.
- LAFOND, A., 1958. *Les Déficiences en potassium et magnésium de quelques plantations de Pinus strobus, Pinus resinosa et Picea glauca dans la province de Québec*. Fonds de recherches forestières Université Laval, Québec, Contribution n° 1, 24 p.
- LALONDE, A. et M. Lortie, 1970. *Grave maladie sur le pin rouge en plantation*. Forêt Conservation, 36 (3): 8-9.

- LAVALLEE, A., 1973. *Distribution cartographique des principales maladies des arbres au Québec*. Can. Centre Rech. For. Laurentides, Sainte-Foy, Qué. Rapport Inf. LAU-X-5, 73 p. illus.
- LORTIE, M., 1968. *Quelques défauts indicateurs de carie chez le sapin baumier*. Fonds de recherches forestières, Université Laval, Québec, Bulletin n° 11, 38 p.
- LUNDGREN, A.L., 1965. *Thinning red pine for high investment returns*. Research paper LS-18, 20 p., illus. Lake States Forest Expt. Sta., St. Paul, Minn., Forest Service, U.S.D.A.
- MacARTHUR, J.D., 1960. *Growth of jack, red and scots pine and white spruce plantations, 1922 to 1956 at Grand-Mère, Que.* Pulp and Paper Magazine of Canada, Woodlands Review.
- McLEOD, J.W., 1956. *Plantations of the Acadia forest experiment station*. Forestry Branch, Canada Department of Northern Affairs and National Resources, Technical Note No. 31, 25 p.
- MINISTÈRE DES TERRES ET FORÊTS, SERVICE DE LA RECHERCHE, *Rapport d'activités, 1er avril 1967-31 mars 1971*. Québec 1971, p. 435-439.
- MEYER, D., 1965. *Influence des sols sur le succès des plantations de pin rouge dans la région de Québec*. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec (non publiée).
- MULLOY, G.A., 1943. *Growth of red pine plantations under management*. Dominion Forest Service, Dept. Mines and Resources, Canada, Silvicultural Leaflet No. 17.
- PHU, Troung dinh, 1972. *Effets des conditions éco-pédologiques des sites sur la croissance du pin rouge dans les plantations de l'Hydro-Québec à Drummondville*. Centre de recherches forestières des Laurentides, Région de Québec, Québec. Service des forêts, Environnement Canada, Rapport d'information Q-F-X-26, 27 p.
- PLONSKI, W.L., 1974. *Normal yields tables (metric) for major forest species of Ontario*. Division of Forests, Ministry of Natural Resources, Ontario.
- RENNIE, P.J., 1967. *Measure for measure*. Forestry Branch, Canada Department of Forestry and Rural Development, Publication No 1195, 31 p.
- ROWE, J.S., 1959. *Forest regions of Canada*. Forestry Branch, Canada Department of Northern Affairs and National Resources, Bulletin No. 123, 71 p.

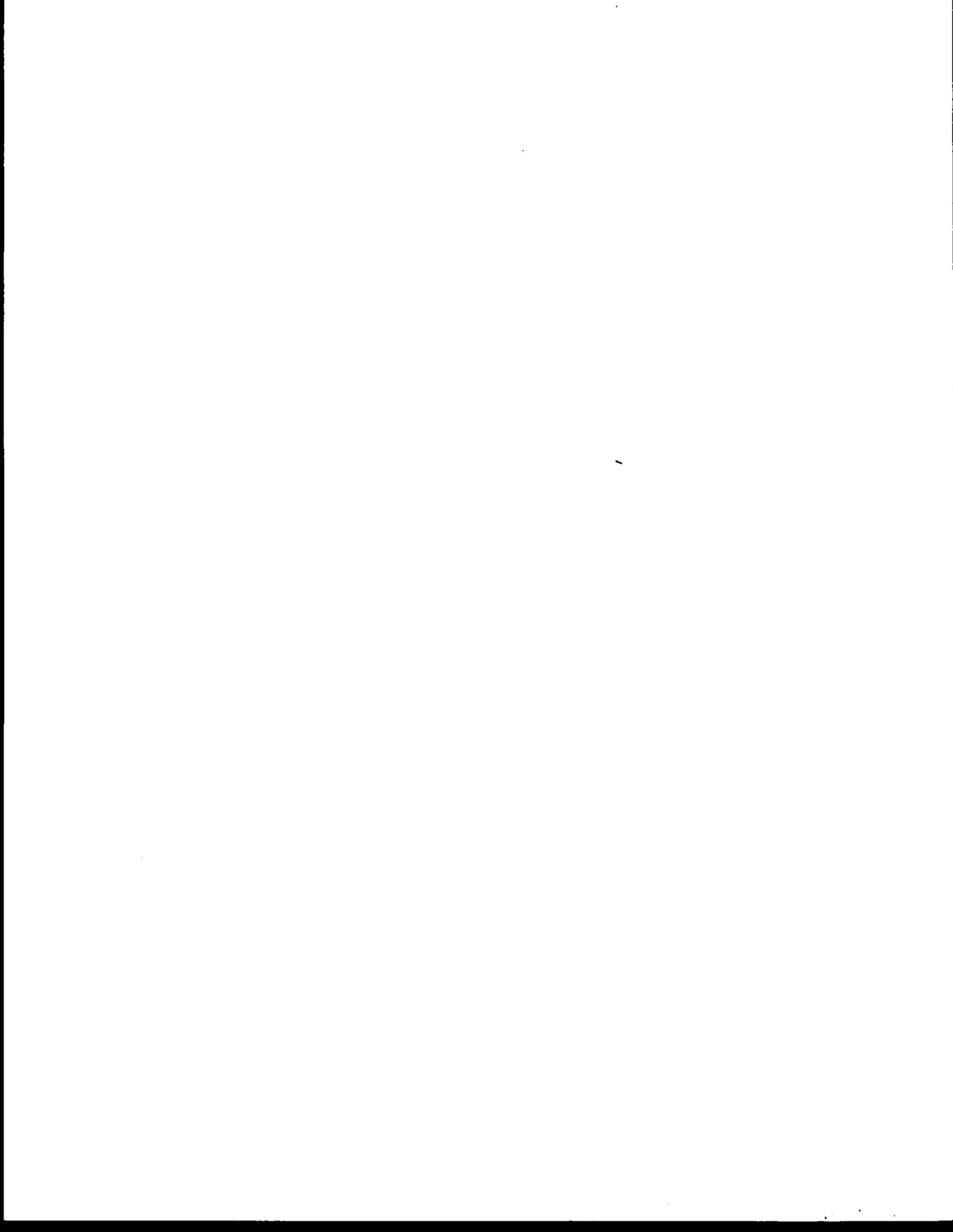
- RUDOLPH, P.-O., 1950. *Forest plantations in the Lake States*. Technical Bulletin No. 1010, 163 p. Lake States Forest Expt. Sta., Forest Service, U.S.D.A., Washington, D.C.
- SISAM, J.W.B., 1939. *Thinning and pruning experiment, red pine plantation, Rockland, Ontario*. Dominion Forest Service, Dept. Mines and Resources, Canada, Silvicultural Research Note No. 57, 35 p.
- STIELL, W.M. 1955. *The Petawawa plantations*. Forest Research Division, Forestry Branch, Dept. of Northern Affairs and National Resources, Technical Note No. 21, 46 p.
- STIELL, W.M., 1964. *Twenty-year growth of red pine planted at three spacings*. Forest Research Branch, Canada Dept. of Forestry, Publication No. 1045, 24 p.
- TREMBLAY, P.-H., 1966. *Tarifs de cubage généraux*. Edition provisoire, Service de l'inventaire forestier, Direction générale des bois et forêts, ministère des Terres et Forêts, Québec, 44 p.
- VILLENEUVE, G.-O., 1967. *Sommaire climatique du Québec*. Ministère des Richesses naturelles, Québec, Vol. I, 168 p.
- WILDE, S.A.; J.G. LYER, C. TANZER, W.L. TRAUTMANN and K.G. WATTERSTON, 1965. *Growth of Wisconsin coniferous plantations in relation to soils*. Agr. Exp. Sta., University of Wisconsin, Madison, Research Bulletin No. 262, 80 p.

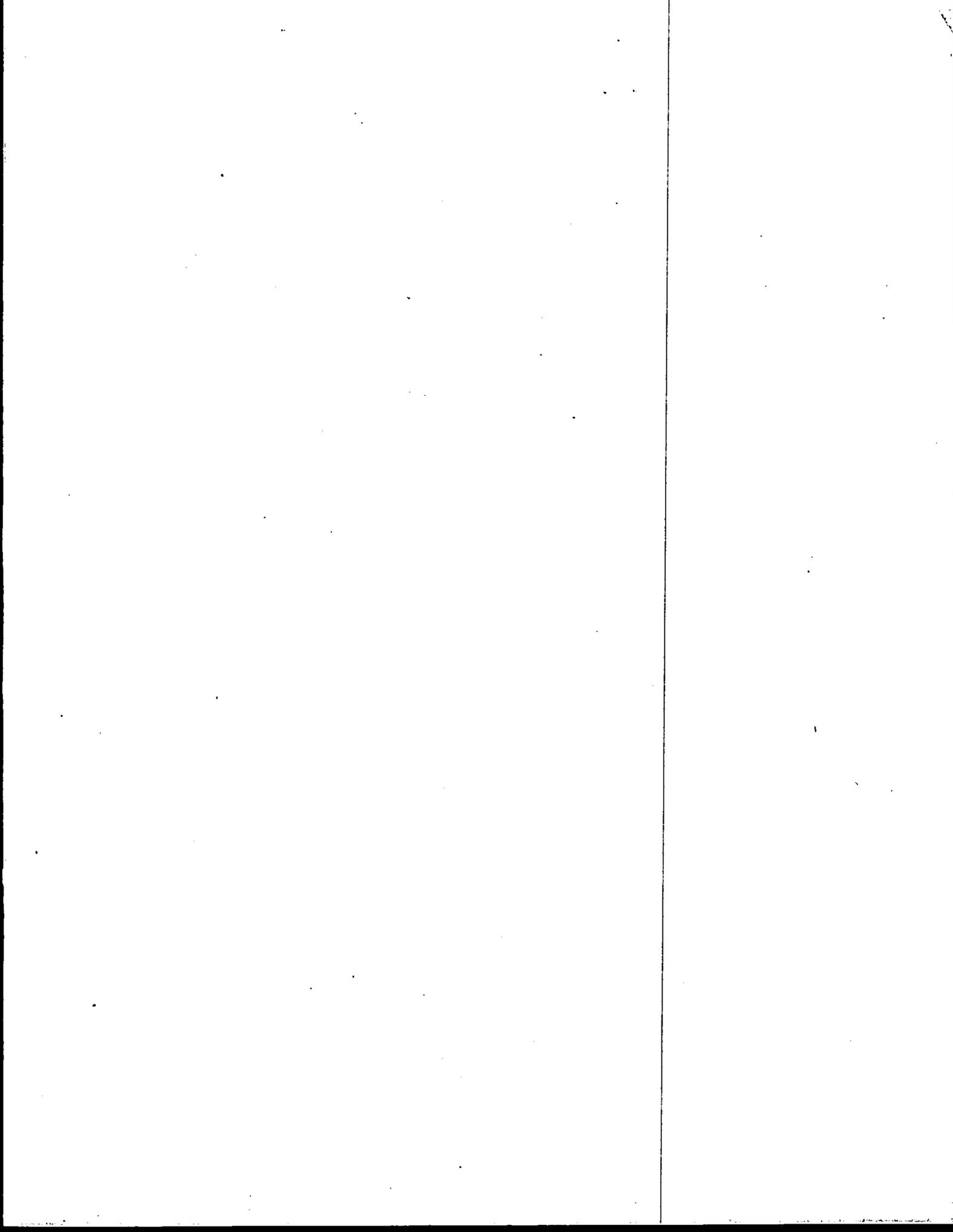
APPENDICE

COEFFICIENTS UTILISES POUR CONVERTIR LES MESURES CANADIENNES EN MESURES METRIQUES (RENNIE, 1967).

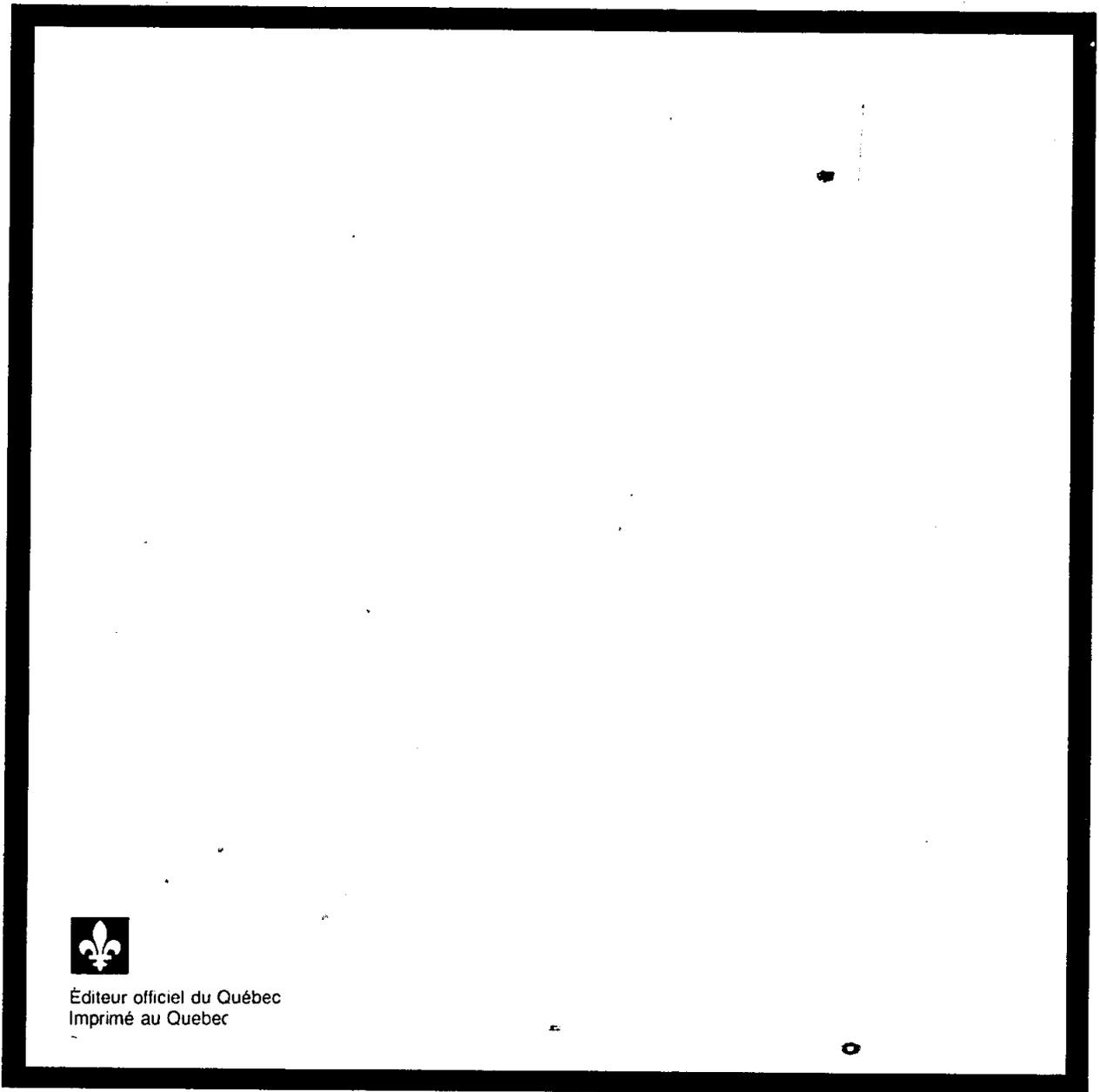
| | | |
|--|---------------------|--|
| Pouces (po) | X 2,54* | = Centimètres (cm) |
| Pieds (pi) | X 0,304 8* | = Mètres (m) |
| Acres (ac) | X 0,404 685 642 24* | = Hectares (ha) |
| Pieds carrés par acre (pi ² /ac) | X 0,229 568 4 | = Mètres carrés par hectare (m ² /ha) |
| Pieds cubes par acres (pi ³ /ac) | X 0,069 972 45 | = Mètres cubes par hectare (m ³ /ha) |
| Nombre d'arbres par acre (N/ac) | X 2,471 054 | = Nombre d'arbres par hectare (N/ha) |

*Le coefficient est exact.





P



Éditeur officiel du Québec
Imprimé au Québec