

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN RESSOURCES RENOUVELABLES

PAR
FRANK GRENON
B.Sc. Biologie

RELATION ENTRE LA PRÉSENCE DU NODULIER
(*Petrova albicapitana*) ET LES DIMINUTIONS DE
LA CROISSANCE DU PIN GRIS (*Pinus banksiana*)

Mai 1998



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RÉSUMÉ

Le nodulier du pin gris (*Petrova albicapitana* Busck.) est connu comme étant un insecte ayant peu d'impact sur ses arbres hôtes. Cette croyance vient en partie du fait que cet insecte cause très rarement la mort des arbres. Toutefois, le nodulier peut réduire la croissance du pin en se nourrissant du phloème, du cambium et du xylème externe sur l'extrémité de la tige et des rameaux et provoquer une cicatrice permanente. L'objectif principal de cette étude est d'élaborer une méthode basée sur la dendrochronologie permettant de retracer et de dater les cicatrices présentes à l'intérieur de la tige principale des pins gris et ainsi établir une relation avec les ralentissements de croissance des pins. Cette étude se veut d'abord et avant tout une approche descriptive de l'historique et de l'impact du nodulier sur le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.). Le site étudié est situé près de Mistassini, au Lac Saint-Jean, dans le secteur Vauvert sur la pointe Racine. L'échantillonnage s'est fait dans une portion homogène d'un peuplement de pin gris âgé de 76 ans de densité moyenne. En premier lieu, 20 pins gris et 10 épinettes noires ont été abattus et les tiges entières ont été ramenées au laboratoire. Par la suite, une analyse de tiges a été réalisée en utilisant une section à chaque mètre. Pour déterminer l'historique du nodulier, 17 pins gris ne présentant pas de problèmes d'interdatation ont été sciés systématiquement en section de 2 cm afin de retracer les cicatrices de nodulier. Les sections retenues ont été sablées et les cicatrices ont été datées. Au total, 631 sections sur plus de 15 000 observées présentaient des cicatrices de nodulier. Sur ces sections 1447 cicatrices ont été identifiées et datées. En utilisant le nombre de cicatrices comme indice d'abondance du nodulier, il devient possible de déterminer s'il y a un synchronisme entre les périodes d'augmentation du nodulier et les réductions de la croissance du pin gris. L'abondance du nodulier dans le peuplement fluctue selon un cycle d'environ 14 ans avec une variation annuelle importante entre les deux sous-populations de nodulier. Les diminutions des paramètres de la croissance et de l'augmentation de la fréquence des cicatrices de nodulier montre un synchronisme suggérant une interrelation entre les deux observations. C'est le cas particulièrement durant les années 40 et 60 où des réductions importantes de la croissance en hauteur et une augmentation du nombre de cicatrices de nodulier ont été observées. À titre indicatif, une estimation graphique des pertes en hauteur reliées aux ralentissements observés montre une diminution de plus de deux mètres de la hauteur finale des pins gris.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier très sincèrement mon directeur de recherche et ami, le Dr. Réjean Gagnon, pour tout le soutien financier, moral, administratif, logistique, éthique, scientifique et plein d'autres en "ique" qu'il m'a offert au cours de cette belle aventure de recherche et de découverte.

Je remercie les gens du ministère des Ressources naturelles de l'unité de gestion Mistassini pour leur soutien financier, en particulier M. Ghislain Groleau et M. Nelson Lapointe pour leur ouverture d'esprit et leur disponibilité, ainsi que M. Jocelyn Lebel de l'unité de gestion de St-Félicien pour sa disponibilité et son expertise.

Merci Véronique (Lemieux) pour le très bon travail que tu as accompli, tant dans la menuiserie qu'au "bino" ou au "MacDendro". Sans elle, j'en serais encore à scier et à sabler des rondelles.

Je remercie également tout ceux et celles qui m'ont aidé, parfois sans même le savoir, à mener mon projet à terme (sans ordre précis); Catherine Bédard, Robin Duchesneau, Isabelle Lesage, Jean Briand, Christian Guay, Cornélia Krause, Germain Savard, Pierre-Yves Plourde, Jacques Fillion, Pierrette Coulombe, Jacques Allaire, Raymond Bégin, Charles Privé, Boris Dufour, Daniel Bégin, Alexandre Blackburn et Valérie Cholette.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES FIGURES.....	vi
CHAPITRE I INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE II REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	4
2.1 LES INSECTES S'ATTAQUANT AU PIN GRIS.....	5
2.2 LE NODULIER DU PIN GRIS.	5
2.2.1 <i>Son cycle vital</i>	5
2.2.2 <i>Variation des populations</i>	7
2.2.3 <i>Distribution et dégâts</i>	8
2.3 LE DIPRION DE SWAINE.....	9
2.4 LA CROISSANCE DU PIN GRIS.	9
2.5 LA CROISSANCE DE L'ÉPINETTE NOIRE.....	10
CHAPITRE III RÉGION ÉTUDIÉE	11
CHAPITRE IV MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	14
4.1 L'ÉCHANTILLONNAGE.....	15
4.1.1 <i>Plan de distribution</i>	15
4.1.2 <i>Caractéristiques des arbres sélectionnés</i>	15
4.2 L'ANALYSE DE TIGE.....	16
4.3 DÉTERMINATION DES ANNÉES DE PRÉSENCE DU NODULIER.....	16
4.3.1 <i>Démarche de coupe et outils utilisés</i>	17
4.3.2 <i>Pertes ligneuses relatives à la méthode</i>	19
4.3.3 <i>Identification des cicatrices de nodulier</i>	19
4.3.4 <i>Les cicatrices de cônes</i>	21
CHAPITRE V RÉSULTATS.....	23
5.1 STRUCTURE D'ÂGES DU PEUPLEMENT.....	24
5.1.1 <i>Perturbation naturelle</i>	25
5.2 PARAMÈTRES DE LA CROISSANCE DES PINS GRIS ET DES ÉPINETTES NOIRES.	25
5.2.1 <i>La croissance en hauteur</i>	26
5.2.2 <i>La croissance en diamètre</i>	27
5.2.3 <i>La croissance en volume</i>	28
5.3 DISTRIBUTION DE FRÉQUENCE DES CICATRICES DE NODULIER.....	28
5.3.1 <i>Mise en relation de la croissance cumulée en hauteur et de la distribution de fréquence des cicatrices</i>	30
5.3.2 <i>Mise en relation de la croissance annuelle en diamètre et la distribution de fréquence des cicatrices</i>	31
5.4 ESTIMATION DES PERTES.....	32
5.4.1 <i>L'indice de site</i>	33
5.4.2 <i>Croissance en hauteur estimée</i>	34

CHAPITRE VI	DISCUSSION.....	35
6.1	STRUCTURE D'ÂGES DES ARBRES DE L'ÉCHANTILLON.....	36
6.2	PATRONS DE LA CROISSANCE DU PIN GRIS ET DE L'ÉPINETTE NOIRE.....	36
6.3	DISTRIBUTION DE FRÉQUENCE DES CICATRICES DE NODULIER.....	37
6.3.1	<i>Variations cycliques.....</i>	37
6.3.2	<i>Variations annuelles de la fréquence des noduliers.....</i>	38
6.3.3	<i>Synchronisme entre la fréquence des cicatrices et les relevés de nodulier dans les plantations du secteur.....</i>	39
6.3.4	<i>Synchronisme entre la fréquence de cicatrices de nodulier et les diminutions de la croissance du pin gris.</i>	39
6.3.4.1	Les diminutions de la croissance en hauteur.....	40
6.3.4.2	Les diminutions de la croissance en diamètre.....	40
6.3.4.3	Les diminutions de l'accroissement en volume.....	41
6.4	L'IMPORTANCE RELATIVE DES DOMMAGES CAUSÉS PAR LE NODULIER.....	41
CHAPITRE VII	CONCLUSION.....	43
CHAPITRE VIII	RÉFÉRENCES.....	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Stades évolutifs du nodulier et dommages. (Tirées de Martineau 1984).....	6
Figure 2. Localisation de l'aire d'étude. Circa 48°45'N-72°15'O.....	12
Figure 3. Distribution des points d'échantillonnage.	15
Figure 4. Coupes transversales de pin gris montrant un "englobement" progressif des cicatrices de nodulier.	17
Figure 5. Schéma d'insertion des branches du pin gris et localisation habituelle d'un nodule.	18
Figure 6. Coupe transversale de pin gris montrant une cicatrice de nodule à l'aisselle des branches.	20
Figure 7. Coupe transversale de pin gris montrant des cicatrices de nodule sur la flèche et sur une branche.....	21
Figure 8. Coupe transversale de pin gris montrant une cicatrice de cônes.	22
Figure 9. Années d'établissement des pins gris et des épinettes noires.....	24
Figure 10. Coupe transversale de pin gris montrant une cicatrice de feu prélevée sur le site d'échantillonnage.....	25
Figure 11. Croissance moyenne cumulée en hauteur des pins gris et des épinettes noires.....	26
Figure 12. Croissance annuelle moyenne en diamètre des pins gris et des épinettes noires.....	27
Figure 13. Accroissement moyen cumulé en volume des tiges de pins gris et des épinettes noires.	28
Figure 14. Distribution de fréquence des cicatrices de nodulier dans le temps.	29
Figure 15. Croissance en hauteur et fréquence des cicatrices de nodulier.....	30
Figure 16. Croissance annuelle en diamètre et fréquence des cicatrices de nodulier.	31
Figure 17. Croissance cumulée en diamètre et fréquence des cicatrices de nodulier.	32
Figure 18. Croissance en hauteur des pins et les courbes d'indices de site 13 et 16 de Lewis <i>et al.</i> 1996.....	33
Figure 19. Croissance en hauteur des pins et projection de la croissance sans la diminution des années 40.	34

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Durant l'été 93, les propriétaires de chalets du secteur Vauvert de Mistassini ont remarqué que les pins gris (*Pinus banksiana* Lamb.) montraient des signes de maladie. Inquiets de la situation, ils en ont fait part aux agents du ministère des Ressources naturelles (MRN) de l'unité de gestion de Mistassini. Une étude préliminaire, en collaboration avec le MRN et le Consortium de recherche sur la forêt boréale commerciale de l'université du Québec à Chicoutimi, a donc été réalisée. Cette étude a mis en évidence des diminutions de la croissance particulière aux pins gris et le passage d'un feu partiel en 1954. Le secteur de Pointe-Racine est depuis longtemps considéré comme un foyer d'infestation du Diprion de Swaine (*Neodiprion swainei* Midd.). Ainsi, les premières conclusions furent que le diprion était responsable des diminutions de la croissance des pins (McLeod 1970).

Lors d'un échantillonnage complémentaire, l'examen visuel de la cime d'un pin gris abattu a permis d'observer une croissance en hauteur très faible et la présence de nombreux nodules résineux sur la tige localisés à l'aisselle des branches et sous les cônes. À l'intérieur de ces nodules se cachait une petite larve de lépidoptère. Des spécimens furent ramenés au laboratoire pour identification. C'est ainsi que la présence du nodulier du pin gris (*Petrova albicapitana* Busck.) fut constatée dans le peuplement de Pointe-Racine (Martineau 1984).

Le nodulier a longtemps été considéré comme un insecte sévissant principalement dans les jeunes plantations (Martineau 1984), alors que le diprion de Swaine est, pour sa part, reconnu pour ravager les peuplements matures de pin gris (Comtois 1988). Sachant que le nodulier et le diprion sont présents tous les deux dans les peuplements du secteur de Vauvert, il nous est apparu essentiel de caractériser l'impact du nodulier afin de permettre un meilleur aménagement du territoire.

L'hypothèse qui sous-tend cette étude est la suivante: comme le nodulier annelle partiellement ou complètement la flèche terminale, il est en partie responsable des réductions de la croissance en hauteur mises en évidence dans l'étude préliminaire.

En se nourrissant du phloème, du cambium et du xylème externe, la larve du nodulier laisse une cicatrice permanente sur le cerne près de la moelle de l'arbre. Alors, à l'aide de techniques dendrométriques, on peut déterminer avec précision les années de formation des cicatrices et ainsi retracer les périodes où le nodulier est présent sur les arbres. Il s'agit d'un cas très spécifique pour lequel aucune méthode n'est connue. Les deux objectifs principaux sont de développer une méthode afin de localiser, d'identifier et de dater ces cicatrices pour ensuite tenter de relier les réductions de la croissance des pins avec les cicatrices du nodulier. De plus, la méthode devrait permettre d'établir les fluctuations passées de la population et de prédire son évolution future.

CHAPITRE II

REVUE DE LA LITTÉRATURE.

2.1 Les insectes s'attaquant au pin gris.

Il existe au moins 58 espèces ou groupes d'insectes qui s'attaquent au pin gris (Howse 1984). De ce nombre, seulement 25 espèces sont importantes et causent des dommages significatifs. La tordeuse du pin et le diprion de Swaine sont considérés comme étant les insectes ayant le plus d'impact sur les forêts de pin gris. Le nodulier est considéré comme ayant une importance modérée.

2.2 Le nodulier du pin gris.

2.2.1 Son cycle vital.

Des études importantes sur la biologie du nodulier du pin gris ont été réalisées dans les plantations et la régénération naturelle du pin gris au Manitoba (Turnock 1953) et dans les peuplements matures situés dans le centre du Québec (McLeod et Tostowaryk 1971). Malgré cela, le cycle évolutif et l'éthologie de l'insecte restent encore imparfaitement connus.

Le cycle vital du nodulier s'étale sur trois ans (Martineau 1984). Il débute avec l'apparition des papillons, d'environ deux centimètres d'envergure d'ailes, durant la première moitié de juillet (figure 1a). Les oeufs, en forme de larme aplatie, de couleur jaune citron et d'un diamètre de 0,5 mm, sont déposés sur les pousses terminales des pins par les femelles (figure 1b). La chenille néonate, dès son émergence, ronge l'écorce à proximité du site de ponte. À l'aide de soie et de résine, la chenille construit un premier nodule dans lequel elle se nourrit jusqu'à l'automne puis y passe l'hiver (figure 1c). Elle continue de se nourrir dans ce

nodule jusqu'en juin où elle le déserte et s'aventure le long de la tige jusqu'à un noeud. Selon Turnock (1953), les larves parcourent en moyenne une distance de 30 cm et la distance maximale observée est de 1,2 m. La larve débute ensuite une deuxième excavation qu'elle recouvre d'une tente de soie qui, une fois recouverte de résine, devient le second nodule. Elle passera le second hiver dans ce dernier (figure 1d). Au printemps de la troisième année, la chenille se chrysalide et passe au stade adulte. Le papillon sort de ce nodule à travers une fine paroi en soie, préparée par la chenille avant sa transformation en chrysalide.

Figure 1. Stades évolutifs du nodulier et dommages. (Tirées de Martineau 1984)

2.2.2 Variation des populations.

Turnock (1953) rapporte que les populations de nodulier des forêts de pin gris du Minnesota sont composées de deux populations distinctes qui émergent à l'état adulte en alternance années après années et qu'il n'y a pas de croisement entre les deux sous-populations. Il suggère également que les deux sous populations sont de tailles inégales.

Les relevés du ministère des Ressources naturelles du Québec notent la présence du nodulier dans les plantations du Québec depuis une dizaine d'années seulement par le biais d'un relevé spécial pour le suivi des plantations (Boulet 1984). Ces relevés sont limités par la méthode utilisée. L'observation de plantations dont les arbres dépassent 2 m de hauteur ne permet pas de déceler la présence du nodulier lorsque les populations sont faibles. Par contre, lors des périodes d'augmentation, les observations peuvent fournir des résultats intéressants pour fin de comparaison. Les relevés des plantations du Saguenay-Lac Saint-Jean présentent le profil énoncé par Turnock (1953) ci-dessus. La sous-population des années paires est de plus grande taille que celle des années impaires. Les premiers signes de nodulier dans les relevés des plantations du Saguenay-Lac Saint-Jean remontent à 1988 où le niveau d'infestation atteignait 75%. Par la suite les niveaux sont de 11% en 1989, 95% en 1990, 15% en 1991, 57% en 1992, 3% en 1993, 45% en 1994 et pas de mention en 1995 pour la région 02 (Anonyme 1936-1995).

Les relevés du Service canadien des forêts remontent beaucoup plus loin. Par contre, l'information est moins précise et englobe souvent l'ensemble de la province. Déjà en 1938, la présence du nodulier fut remarquée au Québec. Une mention du nodulier au Saguenay-Lac Saint-Jean est faite en 1963. Durant les années 60, le nodulier était généralement présent au

Québec et a atteint sont maximum en 1966. Selon ces relevés, les populations de nodulier au Québec seraient demeurées basses de 1977 à 1987 puisqu'il n'y a pas de mention de l'insecte durant cette période (Anonyme 1936-1995).

2.2.3 Distribution et dégâts.

Présent de la Nouvelle-Écosse à la Colombie-Britannique, le nodulier du pin gris attaque les rameaux, les branches et les flèches terminales du pin gris, du pin tordu latifolié (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud. var. *latifolia* Engelm.) et du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) (Wong *et al.* 1995).

Le pin gris de 0,3 à 1,5 m de hauteur est le plus affecté dans les plantations du Manitoba (Turnock 1953) et l'insecte est aussi présent dans les peuplements mûrs de pins gris du Québec (McLeod et Tostowaryk 1971).

Les larves du nodulier utilisent l'exsudat de résine provenant des canaux qu'elles percent durant leur alimentation pour former le nodule. Les dégâts sont causés la deuxième année lorsqu'elles migrent vers la croisée d'une branche et y construisent le second nodule. En se nourrissant, les larves annellent et font souvent mourir la tige ou la pousse (figure 1e). Le feuillage devient rougeâtre et l'arbre semble porter des chicots de branche (Wong *et al.* 1995). Le plus fréquemment, les blessures causent une déformation de la tige entraînant une diminution de sa rigidité (Turnock 1953) et réduisent la croissance en hauteur dans la partie supérieure du houppier (McLeod et Tostowaryk 1971).

De plus, un même nodule peut-être utilisé par différentes larves pendant plusieurs années successives causant une déformation importante de la tige et procurant une porte d'entrée pour les champignons (McLeod et Tostowaryk 1971).

2.3 Le diprion de Swaine.

Cet insecte est reconnu depuis 1936 pour ravager de vastes peuplements de pins gris en entraînant la mort des arbres (Martineau 1984). La larve se nourrit principalement du vieux feuillage et s'attaque au feuillage de l'année seulement lorsqu'il ne reste que ce dernier. Une étude réalisée par O'Neil (1963) montre que des défoliations sévères ont provoqué des cernes discontinus ou absents quelques années avant la mort des individus attaqués.

2.4 La croissance du pin gris.

Le pin gris est une espèce dont la croissance juvénile est très rapide, jusqu'à 50 cm en hauteur par année (Longpré *et al.* 1994). À maturité, certains individus atteignent plus de 23 mètres de hauteur (Béland et Bergeron 1996). L'écologie de cette espèce est bien connue, en particulier son caractère pionnier suite à un incendie provoquant des peuplements purs à structures d'âge équiennne (Gauthier *et al.* 1993).

Les aiguilles du pin gris ont une durée de vie de trois ans (O'Neil 1962). Selon l'auteur, le feuillage perd de son efficacité avec l'âge. Ainsi, de jeunes arbres dont tout le feuillage fut enlevé, à l'exception du nouveau feuillage, ont survécu et ont montré une bonne croissance. Par contre, les jeunes arbres dont seul le nouveau feuillage fut enlevé ont survécu mais n'ont montré aucune croissance.

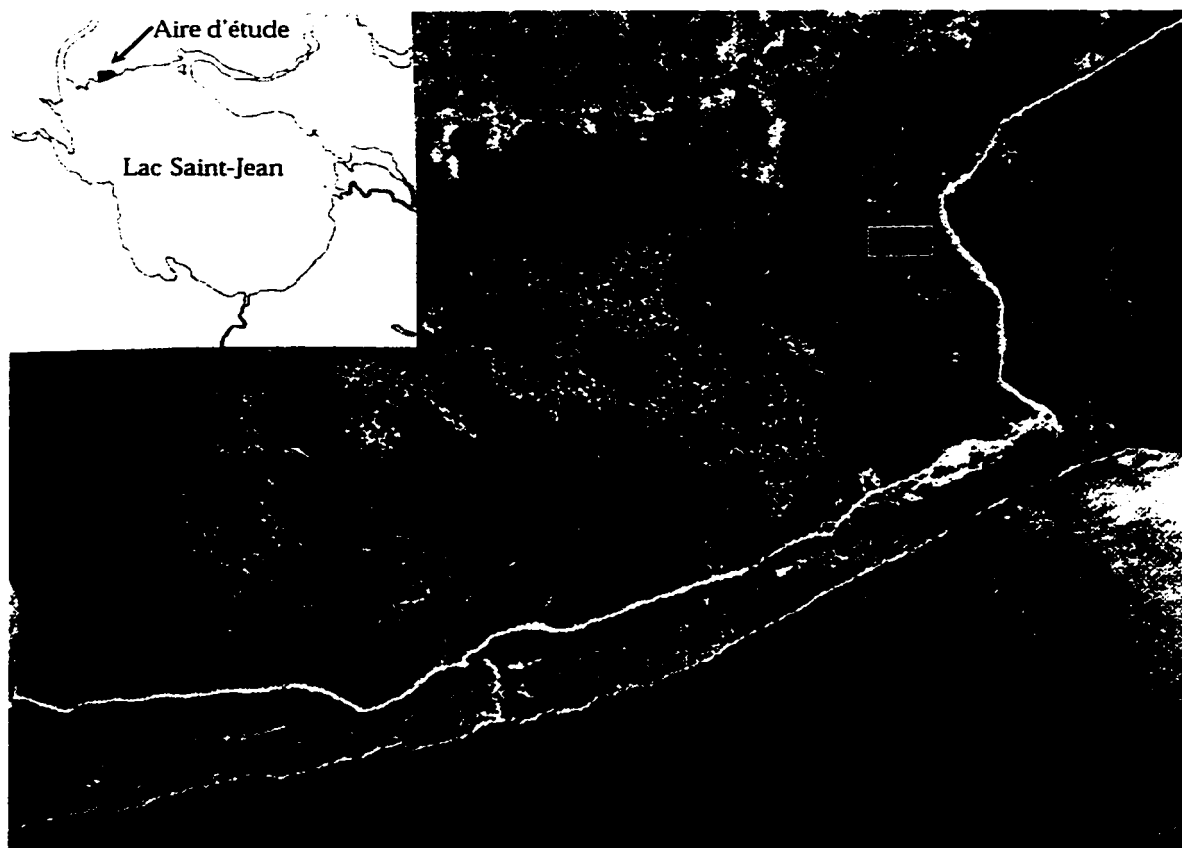
2.5 La croissance de l'épinette noire.

L'écologie et le caractère pionnier de cette espèce est bien connu (DesRochers 1996). L'établissement de l'épinette, à la suite d'un incendie, se fait dans les cinq premières années suivantes (St-Pierre *et al.* 1992). La croissance des jeunes épinettes est très lente lorsqu'elles sont en sous étage et peut prendre jusqu'à 20 ans avant d'atteindre un mètre de hauteur (DesRochers 1996).

CHAPITRE III

RÉGION ÉTUDIÉE.

Le secteur d'échantillonnage se situe sur la pointe Racine (figure 2), au nord-est du Lac Saint-Jean, dans la zone ayant été considérée comme sévèrement attaquée par le Diprion de swaine en 1993 par le ministère des Ressources naturelles. (Feuillet: 32 A/09 N.O.-N.E.; 32 A/16 S.O.-S.E.)



(Photo aérienne Q72822-60, 1:15 000)

Figure 2. Localisation de l'aire d'étude. Circa 48°45'N-72°15'O.

Le dépôt de surface de la région étudiée correspond aux terrasses sabloneuses du delta de la rivière Péribonca avec d'anciens cordons de plage. La végétation est caractéristique des peuplements de pins gris de ce secteur. Il y a abondance de lédum et de kalmia sur un humus mince recouvert de lichen. On y retrouve également plusieurs monticules de sphaignes.

Le peuplement est bordé au sud par le lac Saint-Jean et au nord par une vaste tourbière. Il est classé PgPg A3 50 (PgPg=dominant et co-dominant sont des pins gris; densité A= supérieur à 80%; hauteur 3= 12 à 17 m; classe d'âge 50= 41 à 60 ans) sur les cartes forestières du MRN (Feuillet: 32 A/09 N.O.-N.E.; 32 A/16 S.O.-S.E.) avec un faible pourcentage d'épinettes noires réparties uniformément dans la strate inférieure du couvert forestier.

CHAPITRE IV

MATÉRIEL ET MÉTHODES.

4.1 L'échantillonnage

Pour obtenir l'information voulue, il a été nécessaire de recourir à un échantillonnage de tiges entières. Plusieurs mesures ont été prises au moment de l'abattage; hauteur totale, DHP, état de la flèche terminale, présence d'un nodule sur la flèche terminale, nombre de nodules habités, nombre de vieux nodules.

4.1.1 Plan de distribution

L'échantillonnage de type systématique comprend dix points d'échantillonnage distant de 50 mètres les uns des autres dans un secteur homogène et représentatif du peuplement (figure 3). À chaque point, deux pins gris et une épinette noire ont été sélectionnés.

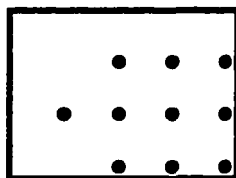


Figure 3. Distribution des points d'échantillonnage.

4.1.2 Caractéristiques des arbres sélectionnés.

Les individus devaient être dominants ou codominants et ne présenter aucune blessure à la base. Le peuplement ayant subi un feu partiel en 1954, les cicatrices étaient abondantes. Les arbres à cime double étaient évités.

4.2 L'analyse de tige.

Cette technique permet d'évaluer différents paramètres de la croissance des arbres comme la hauteur, le diamètre et en déduire le volume (Shea et Armson 1972). Elle nécessite le dénombrement et la mesure des cernes de croissance à plusieurs niveaux mis en relation avec la hauteur totale et le nombre de cernes à la base. Pour cette étude, une section à chaque mètre fut prélevée. Une interdatation des sections successives fut réalisée afin de déceler des absences de cernes (Schweingruber 1989). Lors de cette étape deux pins gris furent rejetés de l'analyse puisqu'ils présentaient plusieurs problèmes d'interdatation.

4.3 Détermination des années de présence du nodulier.

Comme il n'existe pas d'étude permettant de retracer les cicatrices du nodulier, une nouvelle méthode a dû être mise au point. L'approche se veut descriptive et tend à mettre en évidence l'impact du nodulier sur la croissance des pins gris du peuplement de Pointe-Racine.

La démarche consiste principalement à retracer, à l'intérieur du tronc d'un arbre, les cicatrices d'alimentation du nodulier du pin gris. Le phénomène "d'englobement" par le bois de vieux nodules a déjà été observé et il est bien illustré dans le rapport d'information de McLeod et Tostowaryk (1971). Il s'agit donc ici d'une extension de ces observations (figure 4). Une fois les cicatrices localisées, il est relativement simple de les dater. Comme seule la tige principale est analysée, le nombre de cicatrices retracées ne constitue qu'un indice du nombre total de cicatrices présentes sur l'arbre entier pour une année donnée.

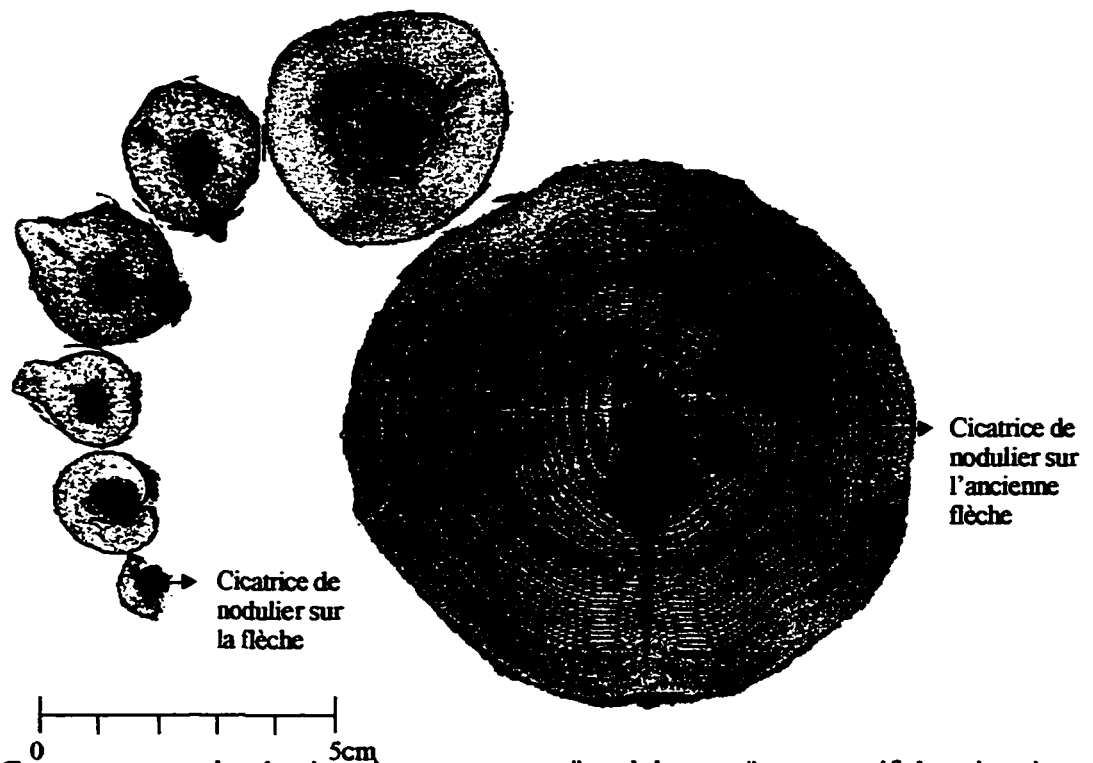


Figure 4. Coupe transversales de pin gris montrant un "englobement" progressif des cicatrices de nodulier.

4.3.1 Démarche de coupe et outils utilisés.

Les troncs ramenés en entier ont été préalablement coupés en billes de un mètre pour fins d'analyse. Ce débitage a été fait à la scie à chaîne et le prélèvement d'une section à chaque mètre a été fait à la scie à ruban.

Le nodulier tend à s'installer préférentiellement à l'aisselle des branches pour former son nodule de deuxième année. Par contre, il lui arrive quelquefois de s'installer dans les entre-nœuds. Ce comportement a donc orienté la recherche des cicatrices en ciblant les nœuds sur les billes.

De par son architecture, le pin gris présente un angle d'insertion de ses branches qui est inférieur à 90 degrés. Les cicatrices se trouvant à l'aisselle au centre de la bille, il a été nécessaire de procéder du haut vers le bas afin d'anticiper la présence de cicatrices et d'ajuster le pas de coupe (figure 5) .

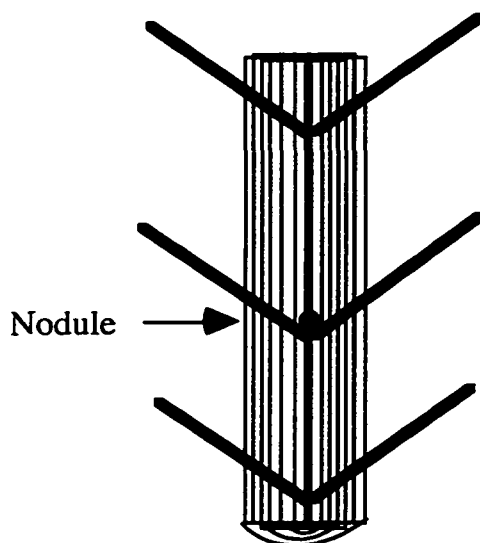


Figure 5. Schéma d'insertion des branches du pin gris et localisation habituelle d'un nodule.

Ainsi, entre les noeuds, le pas de coupe était de 2 cm et diminuait à 1 cm à l'approche d'un noeud. Le pas entre les noeuds a été augmenté à 3 cm pour les billes de gros diamètre puisque ces dernières étaient difficiles à manipuler.

Une fois localisées, les sections présentant des cicatrices ont été sablées en tentant d'obtenir une surface de cicatrice maximale. Cette étape est très importante puisqu'elle permettra d'exposer le plus possible la cicatrice. Les sections sciées à la scie à chaîne ont nécessité un sablage de base à l'aide d'un papier à gros grains alors que celles sciées à la scie à ruban pouvaient être sablées directement au papier intermédiaire. Le sablage de finition a été réalisé avec un papier #400.

4.3.2 Pertes ligneuses relatives à la méthode.

Étant donné le nombre de traits de scie nécessaires, les pertes de bois sont considérables. Les pertes reliées à la scie à chaîne, sans être les plus volumineuses, sont les plus importantes en raison de la largeur du trait. Par contre, il est peu probable qu'un trait de scie à chaîne ait pu éliminer entièrement une cicatrice, ces dernières dépassant souvent 2 cm de hauteur. Les traits de scie à ruban sont les plus nombreux, mais leur largeur d'environ 2 mm, les rend moins susceptible à des pertes de cicatrices. Les pertes totales de matière ligneuse sont de l'ordre d'environ 10% sans toutefois engendrer une perte importante de cicatrices.

4.3.3 Identification des cicatrices de nodulier.

Le mode de nutrition du nodulier a pour effet de former une cicatrice dont la surface est lisse sur le xylème externe. Le cambium étant mangé, la blessure se referme à partir du pourtour. Il est fréquent d'observer une activité de plusieurs années dans un nodule par l'élargissement de la cicatrice qui se traduit par un "englobement" retardé. Dans ce cas, le cambium de chaque côté de la blessure initiale ne montre pas de croissance et on y remarque la présence d'une couche résineuse. L'observation de ce phénomène s'est faite sur la cime où la structure externe du nodule était bien visible. Une cicatrice de nodulier se fait englober graduellement et est très particulière par sa forme et son emplacement à l'aisselle des branches sur la tige (figure 6).

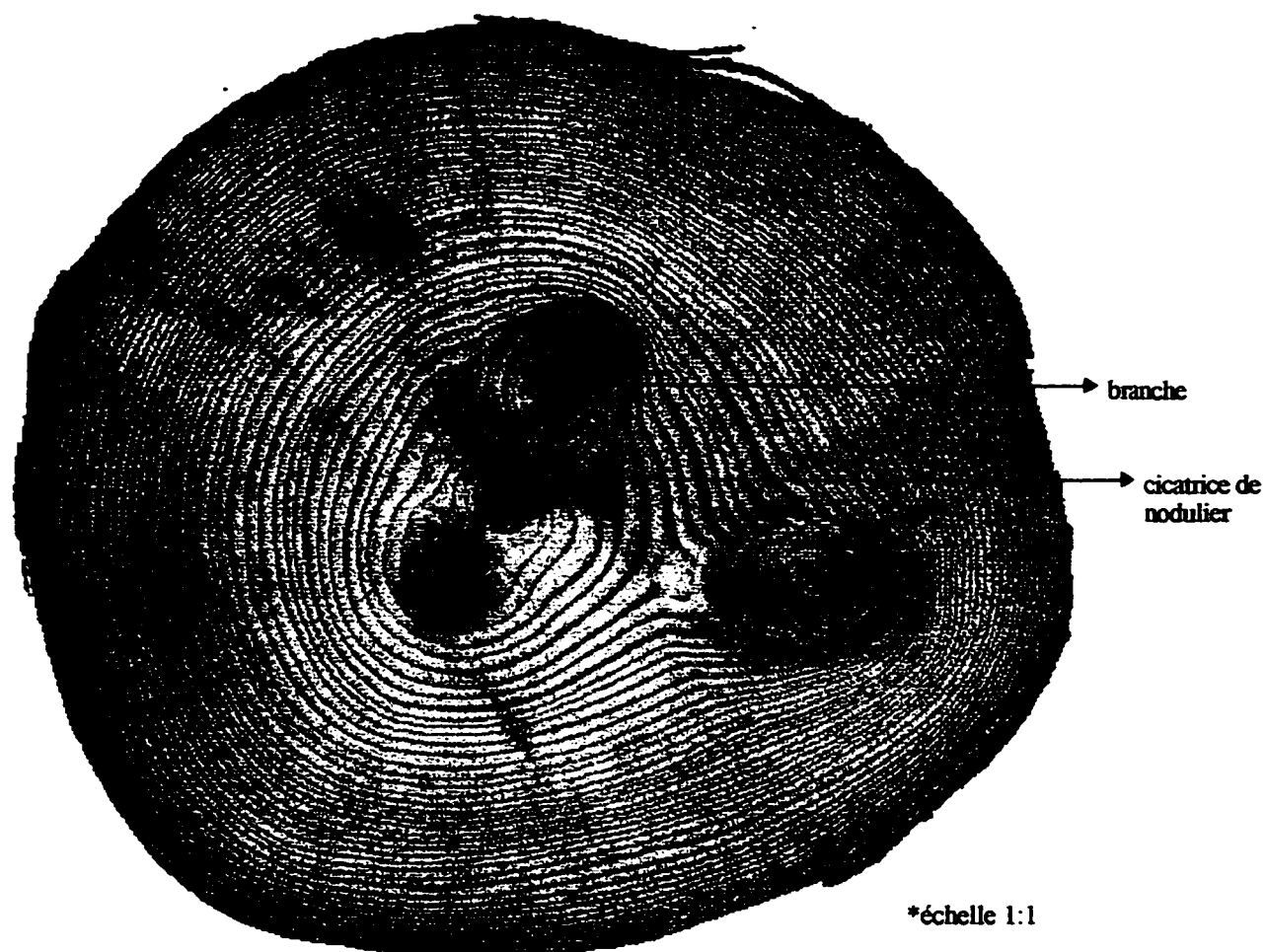


Figure 6. Coupe transversale de pin gris montrant une cicatrice de nodule à l'aisselle des branches.

Seule les cicatrices directement sur la tige principale ont été considérées. De nombreuses cicatrices ont été observées sur l'aisselle des branches accolées à la tige, mais elles n'ont pas été retenues (figure 7).

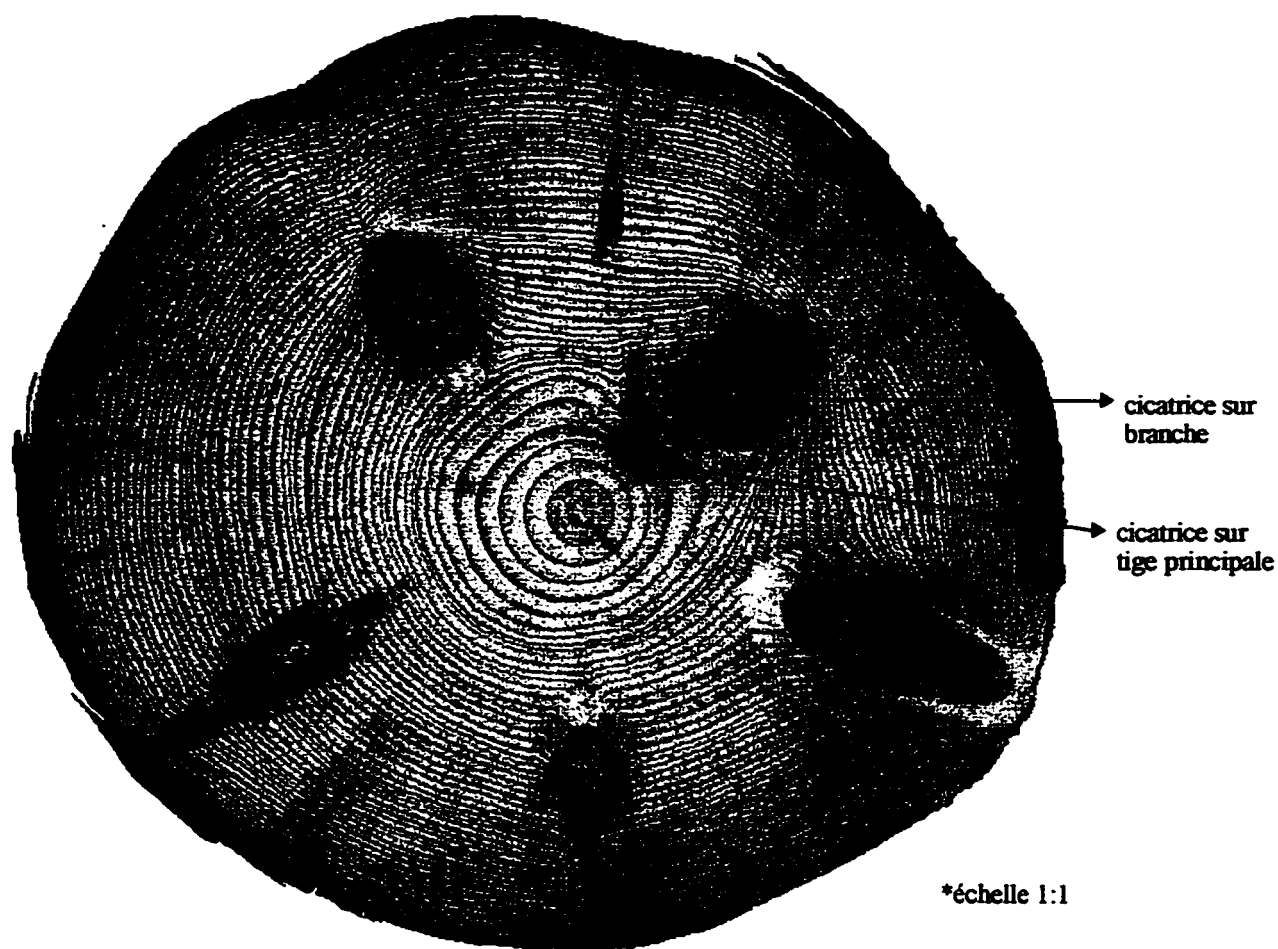


Figure 7. Coupe transversale de pin gris montrant des cicatrices de nodule sur la flèche et sur une branche.

4.3.4 Les cicatrices de cônes.

L'écureuil roux se nourrit à l'occasion des graines à l'intérieur des cônes de pin gris qu'il arrache de sur la tige ou les branches. En les retirant, l'écureuil arrache également un peu d'écorce sous le cône. Les cônes étant généralement par groupe de trois, lorsqu'ils sont tous arrachés, cela provoque une blessure importante pouvant entraîner la mort de l'extrémité affectée. Lorsque seulement un des cônes est retiré, la blessure se referme graduellement.

De plus, sur ce type de blessure, très peu fréquent, on peut généralement voir l'ancien point d'insertion sur l'écorce. Elles ont pu être évitées facilement.

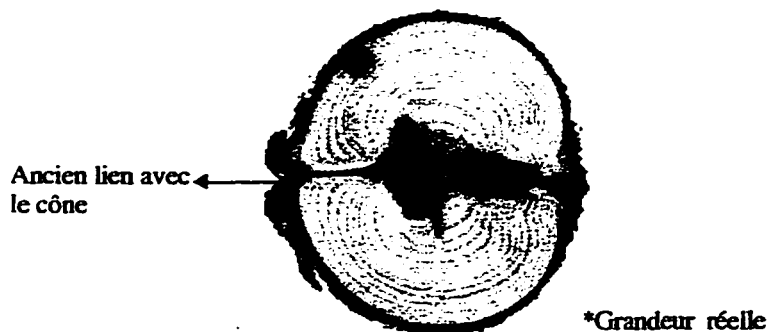


Figure 8. Coupe transversale de pin gris montrant deux cicatrices de cônes.

Les cônes, une fois ouverts, tombent naturellement au sol en laissant sur la tige une petite blessure très caractéristique (figure 8). Le fait qu'elles soient opposées rend leur identification facile et elles ne peuvent être confondues avec les cicatrices de nodulier.

CHAPITRE V

RÉSULTATS

5.1 Structure d'âge du peuplement.

À partir des sections prélevées à la base de chacun des arbres de cette étude et de l'étude préliminaire, les structures d'âges pour les pins gris et les épinettes noires ont été obtenues.

La figure 9 montre une structure d'âge équiennne pour les pins gris alors que celle des épinettes noires s'étend sur quelques années. Aucun arbre s'étant installé avant 1919 n'a été observé dans ce secteur.

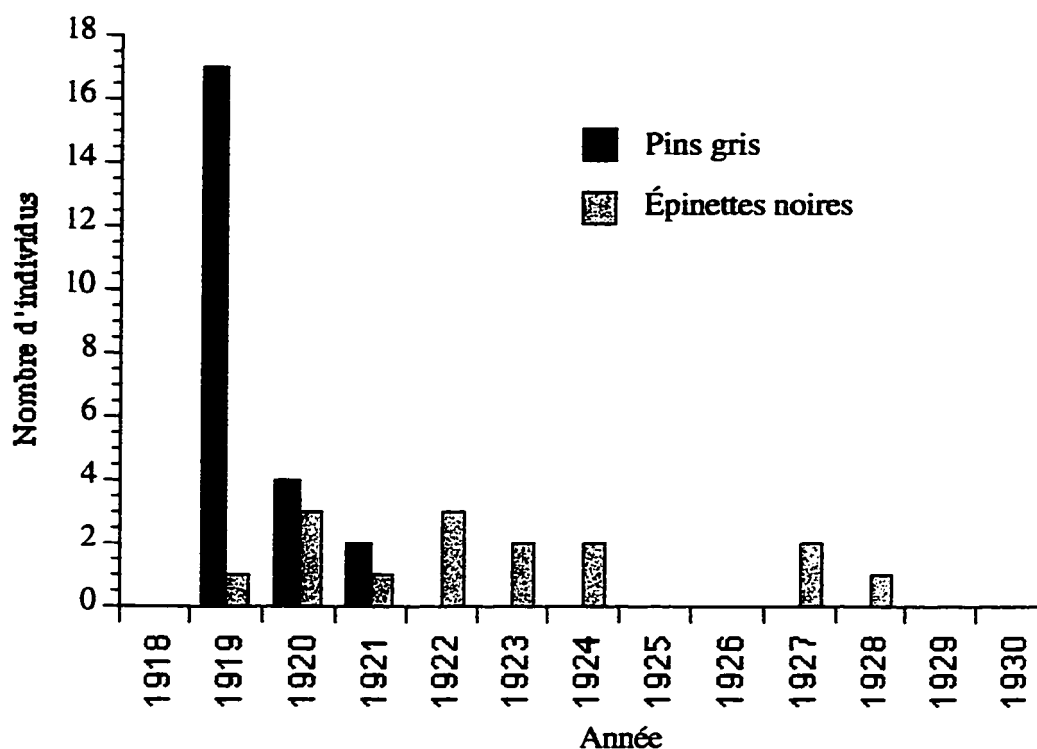


Figure 9. Années d'établissement des pins gris et des épinettes noires.

5.1.1 Perturbation naturelle

Un feu partiel a sévi dans le secteur, comme en témoignent plusieurs arbres portant des cicatrices importantes à la base (figure 10). Après analyse, on constate que ce feu a eu lieu en 1954. Seulement quelques arbres semblaient issus de ce feu et ils sont demeurés sous couvert.

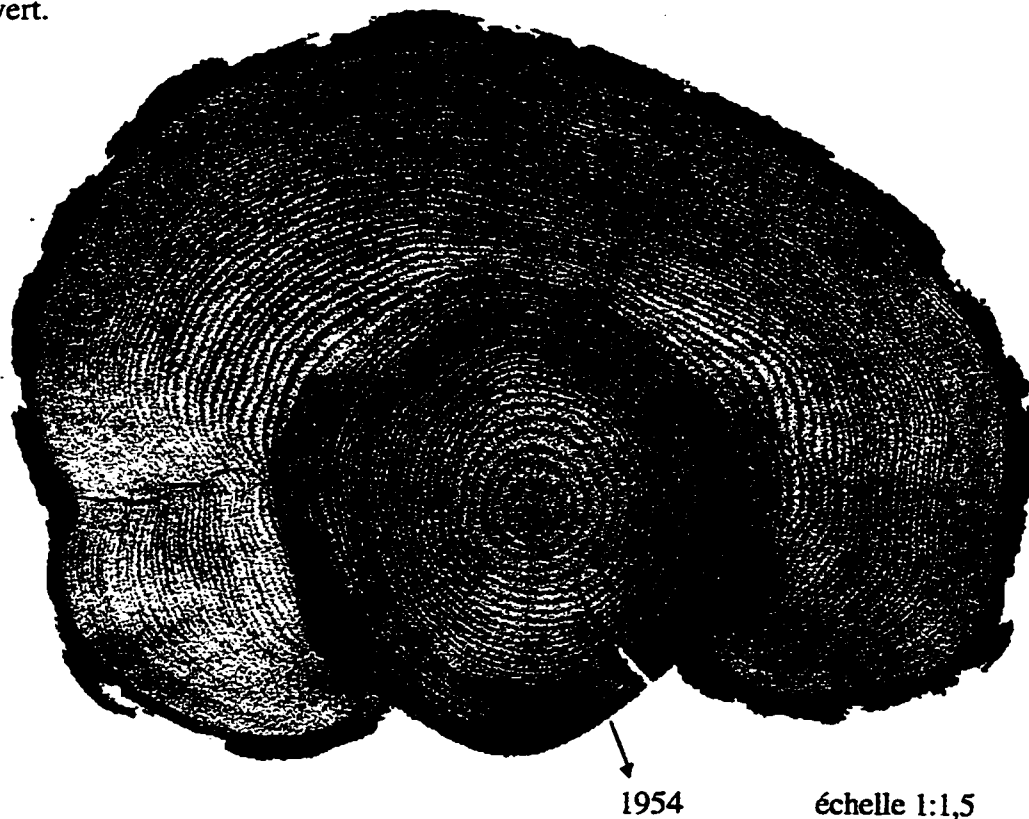


Figure 10. Coupe transversale de pin gris montrant une cicatrice de feu prélevée sur le site d'échantillonnage.

5.2 Paramètres de la croissance des pins gris et des épinettes noires.

Sur les 20 pins gris récoltés initialement, seulement 17 ont été utilisés pour l'analyse. Pour les épinettes, l'ensemble des dix récoltées a été utilisé.

5.2.1 La croissance en hauteur.

La figure 11 montre une croissance juvénile rapide pour les pins gris suivie d'une période de diminution entre 1940 et 1952. Après cette période, on constate une reprise de la croissance jusqu'en 1962 où il y a de nouveau une diminution du taux de croissance jusqu'à une légère reprise en 1974. La hauteur moyenne des pins de l'échantillon est de 15,24 m avec un maximum de 17,55 m et un minimum de 12,26 m.

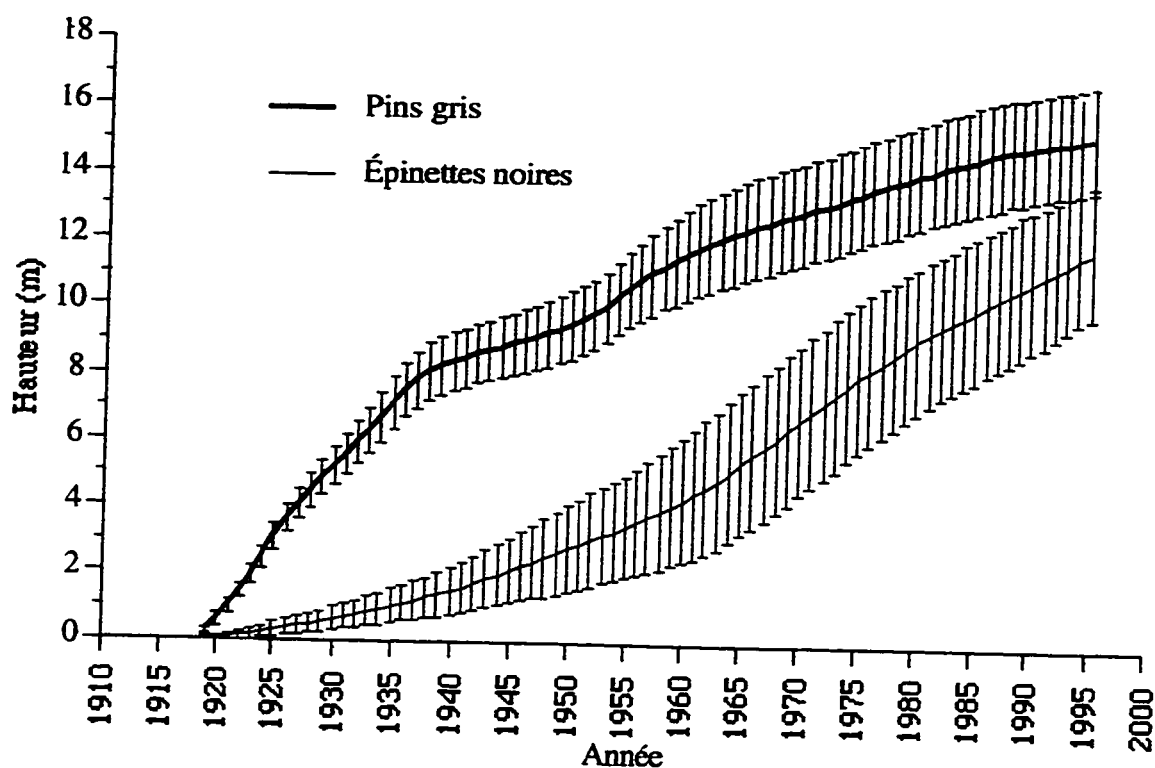


Figure 11. Croissance moyenne cumulée en hauteur des pins gris et des épinettes noires.

Cette même figure montre également la croissance juvénile très lente des épinettes noires sous couvert. La croissance en hauteur augmente graduellement. Le taux de croissance diminue légèrement en 1980 pour demeurer stable par la suite. La hauteur moyenne des épinettes de l'échantillon est de 11,86 m avec un maximum de 15,20 m et un minimum de 9,05 m. Après cinq ans de croissance, les pins avaient dépassé 2 m alors que les épinettes avaient moins de 50 cm. Après 15 ans, les épinettes atteignent 1 m alors que certains pins dépassent 7 m de hauteur.

5.2.2 La croissance en diamètre.

Comme la croissance en hauteur, la croissance en diamètre des deux espèces est très différente. En analysant la figure 12, on constate à nouveau que la croissance juvénile des pins gris est très rapide alors que celle des épinettes est lente.

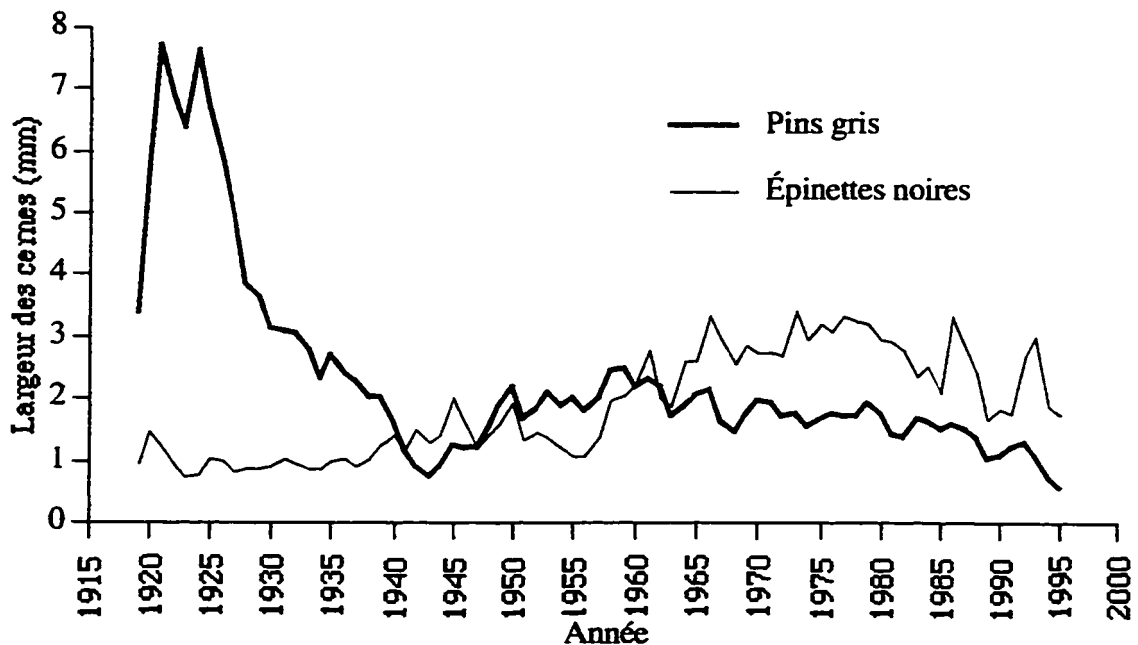


Figure 12. Croissance annuelle moyenne en diamètre des pins gris et des épinettes noires.

5.2.3 La croissance en volume.

Très peu de variations sont présentes pour la croissance en volume présentée à la figure 13. Une seule anomalie est présente dans la croissance des pins entre 1938 et 1950. Le volume moyen des tiges de pins de l'échantillon est de 160 dm³ et celui des épinettes est de 70 dm³.

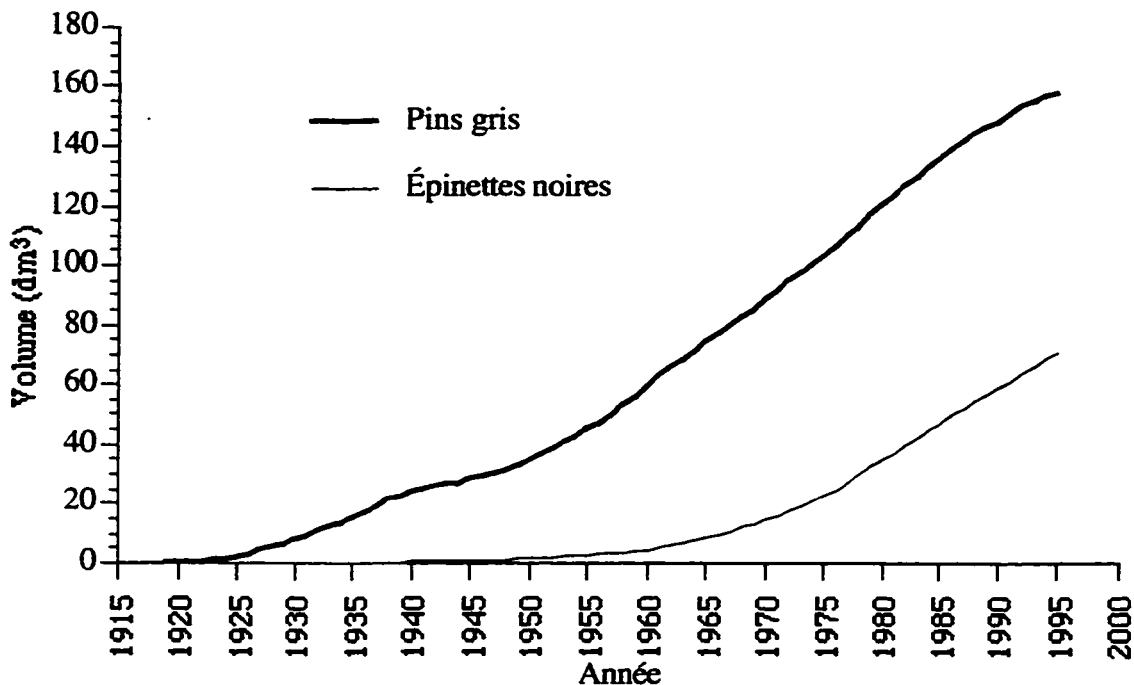


Figure 13. Accroissement moyen cumulé en volume des tiges de pins gris et des épinettes noires.

5.3 Distribution de fréquence des cicatrices de nodulier.

Les données présentées aux figures 14, 15 et 16 correspondent à l'ensemble des cicatrices retrouvées chez les 17 pins gris analysés. Au total, 631 sections sur plus de 15 000 observées présentaient des cicatrices de nodulier. Sur ces sections, 1 447 cicatrices ont été identifiées et datées.

On remarque que l'histogramme de la distribution (figure 14) présente des variations cycliques du nombre de cicatrices dans le temps. Une première vague faible est présente de 1928 à 1934. Elle est suivie d'une seconde de 1936 à 1952, puis d'une troisième de 1960 à 1975 et d'une dernière à partir de 1986.

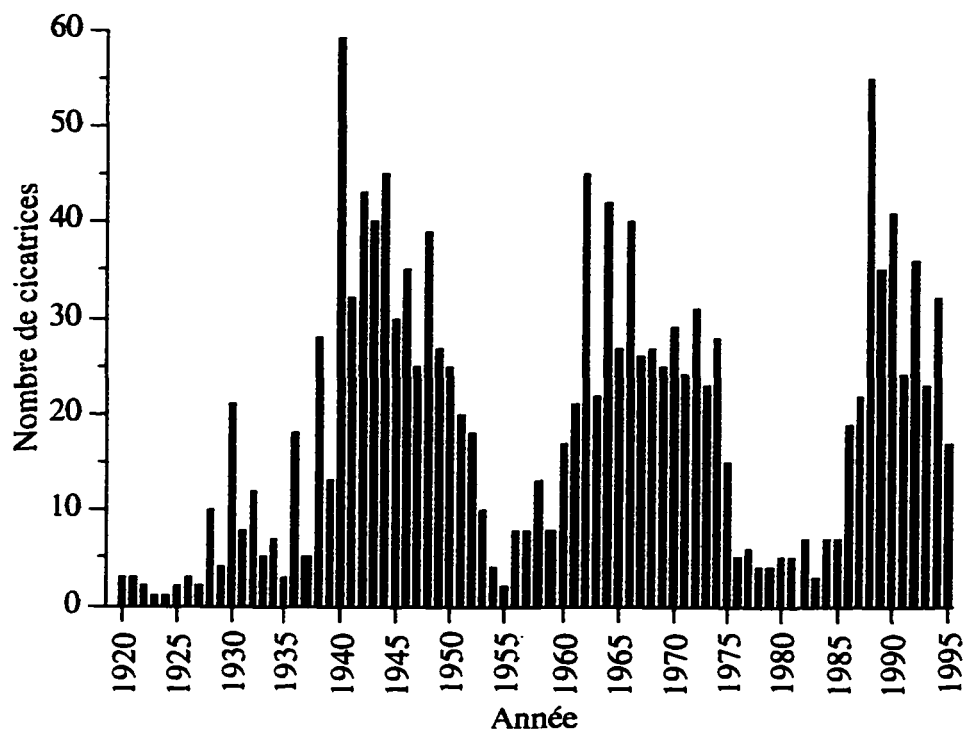


Figure 14. Distribution de fréquence des cicatrices de nodulier dans le temps.

Chaque vague dure environ 14 ans sauf la dernière qui n'est pas complètement représentée. Le nombre de cicatrices augmente rapidement au début de la vague, atteint un maximum, puis diminue graduellement. Les trois maximums sont de 59 cicatrices en 1940, de 45 cicatrices en 1962 et de 55 cicatrices en 1988. Il y a présence également d'une vague de plus faible amplitude de 1928 à 1932. Le temps écoulé entre chaque vague est variable, les deux premières vagues sont successives avec un délai de quelques années seulement de 1934 à 1960. Il y a un plus long délai entre la deuxième et la troisième de 1976 à 1986.

En regardant attentivement, on peut constater qu'il y a alternance annuelle des valeurs hautes et basses donnant à la distribution une allure en dents de scie. Les années paires présentent généralement des valeurs supérieures à l'année suivante. Le seul cerne sur lequel aucune cicatrice n'a été identifiée est le premier 1919.

5.3.1 Mise en relation de la croissance cumulée en hauteur et de la distribution de fréquence des cicatrices.

La figure 15 est une superposition de la courbe de la croissance moyenne cumulée en hauteur des pins gris et de la distribution de fréquence des cicatrices de nodulier. Elle permet de constater qu'il y a un synchronisme entre l'augmentation du nombre de cicatrices et les diminutions de la croissance en hauteur des pins.

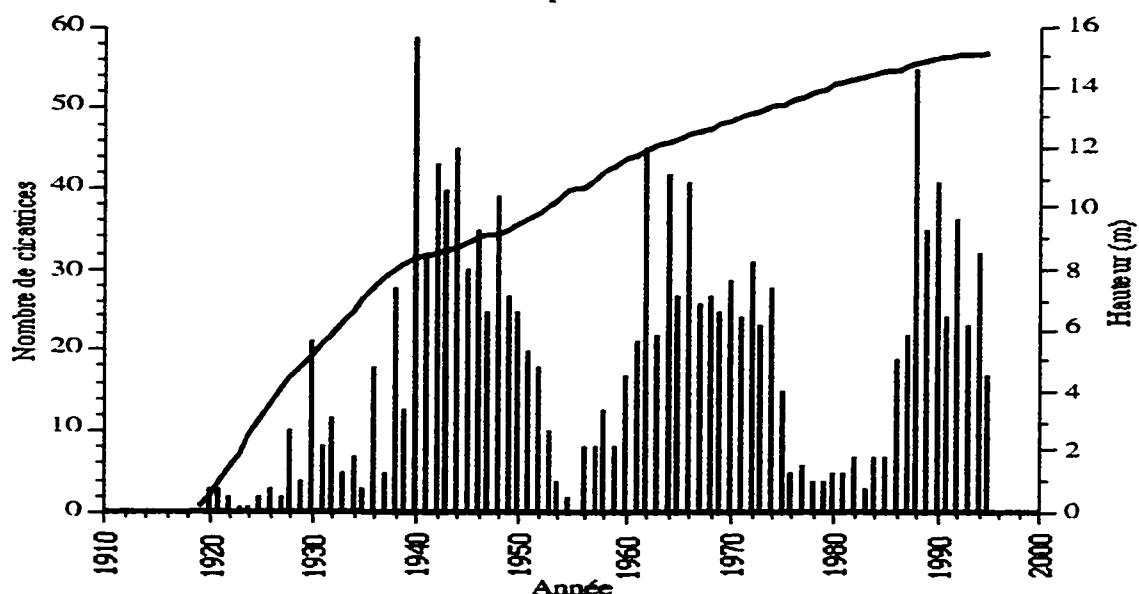


Figure 15. Croissance en hauteur et fréquence des cicatrices de nodulier.

De plus, lorsque le nombre de cicatrices est au minimum, il y a augmentation du taux de croissance en hauteur, c'est le cas de 1954 à 1958 et de 1975 à 1985. Une légère diminution

est aussi présente de 1928 à 1932, durant la période de croissance rapide. Cette diminution de la croissance correspond également à une augmentation du nombre de cicatrices. Le début des périodes de diminution de la croissance ne correspondent pas directement avec les maximums, mais avec le début des vagues lorsqu'elles atteignent dix cicatrices ou plus.

5.3.2 Mise en relation de la croissance annuelle en diamètre et la distribution de fréquence de cicatrices.

La figure 16 montre un lien entre les vagues d'augmentation du nombre de cicatrices et les diminutions de la croissance en diamètre pour les périodes de 1928 à 1936 et de 1938 à 1950.

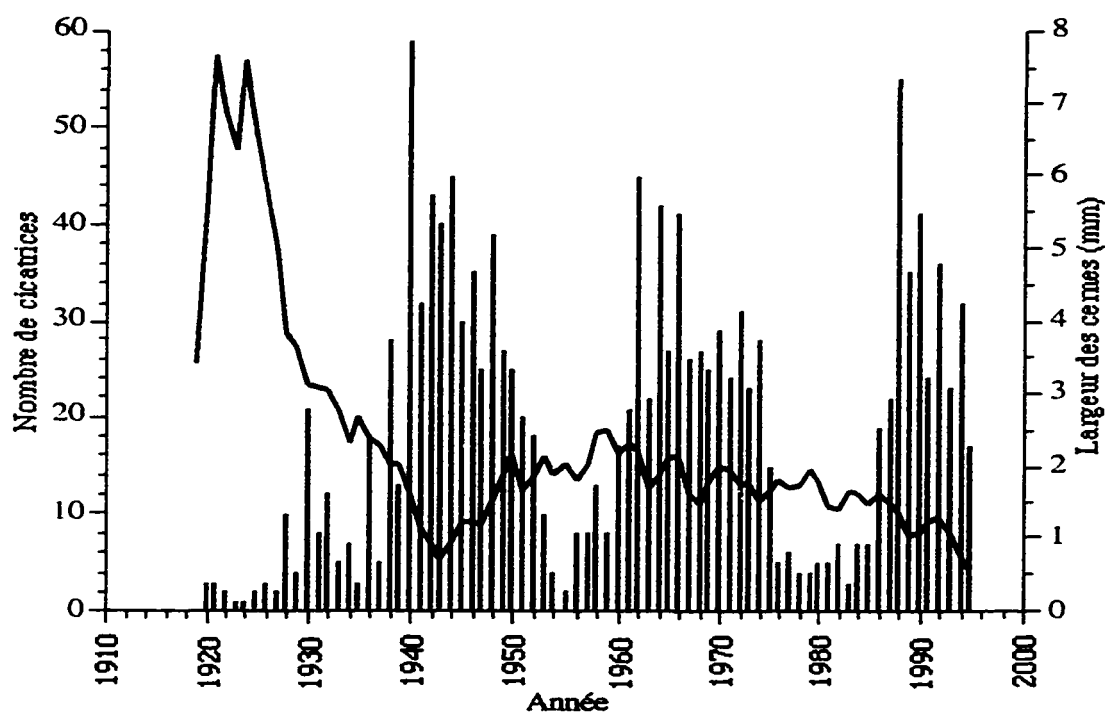


Figure 16. Croissance annuelle en diamètre et fréquence des cicatrices de nodulier.

Il y a une réduction de la croissance en diamètre lors des deux dernières vagues de 1960 à 1974 et de 1986 à 1995, mais elles sont moins évidentes que la précédente.

L'observation de la figure 17 montre que seules les vagues de 1928 à 1936 et 1938 à 1952 correspondent à des diminutions marquées de la croissance radiale.

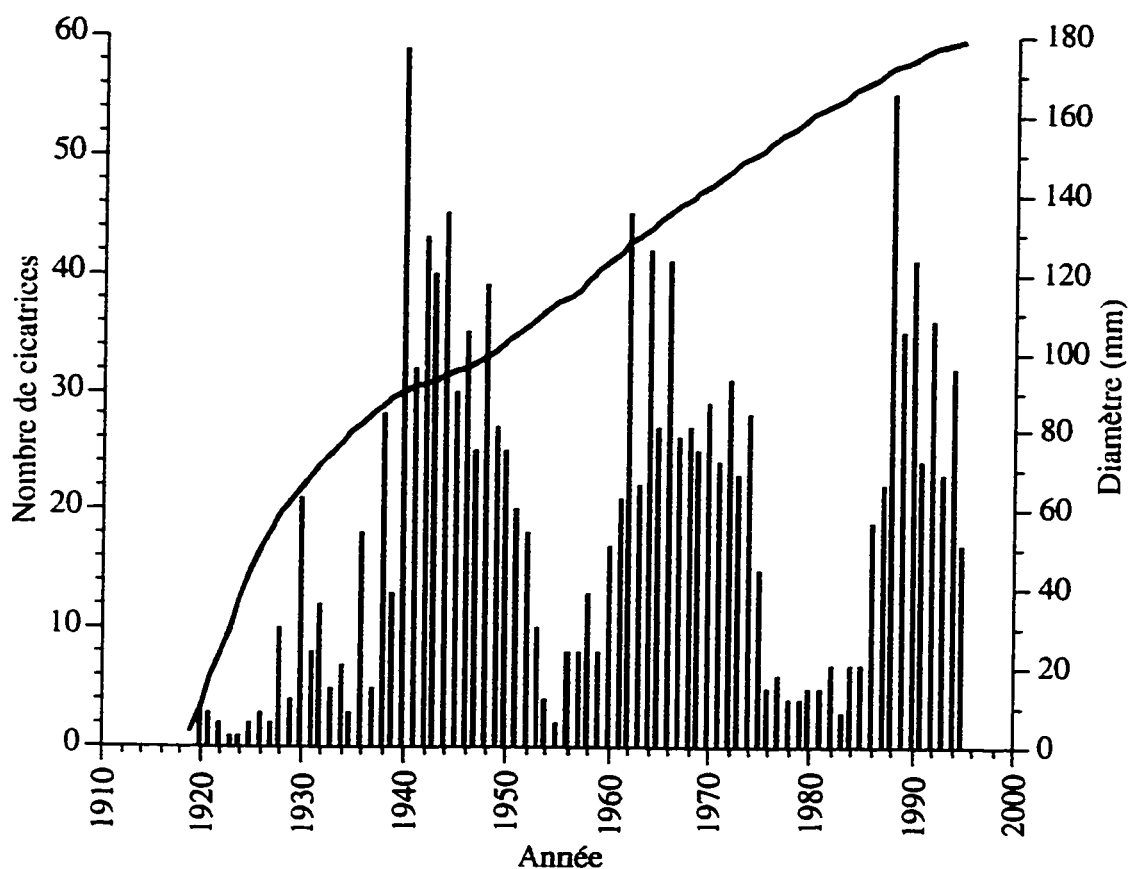


Figure 17. Croissance cumulée en diamètre et fréquence des cicatrices de nodulier.

5.4 Estimation des pertes.

Cette section doit être considérée à titre indicatif, le volume d'échantillonnage n'étant pas suffisant pour tirer des conclusions pour le rendement de l'ensemble du peuplement. Toutefois, les observations suivantes caractérisent bien la croissance des arbres de l'échantillon.

5.4.1 L'indice de site

Lorsque l'on prend la hauteur à 50 ans, le peuplement de Pointe-Racine correspond à un indice de site 13 (figure 18). Par contre, en ne tenant compte que de la croissance juvénile, avant la réduction des années 40, la courbe correspondait plus à un indice de site 16. En 1995, selon la hauteur moyenne des arbres de l'échantillon, la courbe correspond d'avantage à un indice de site 12, suite aux diminutions des années 60 et 90.

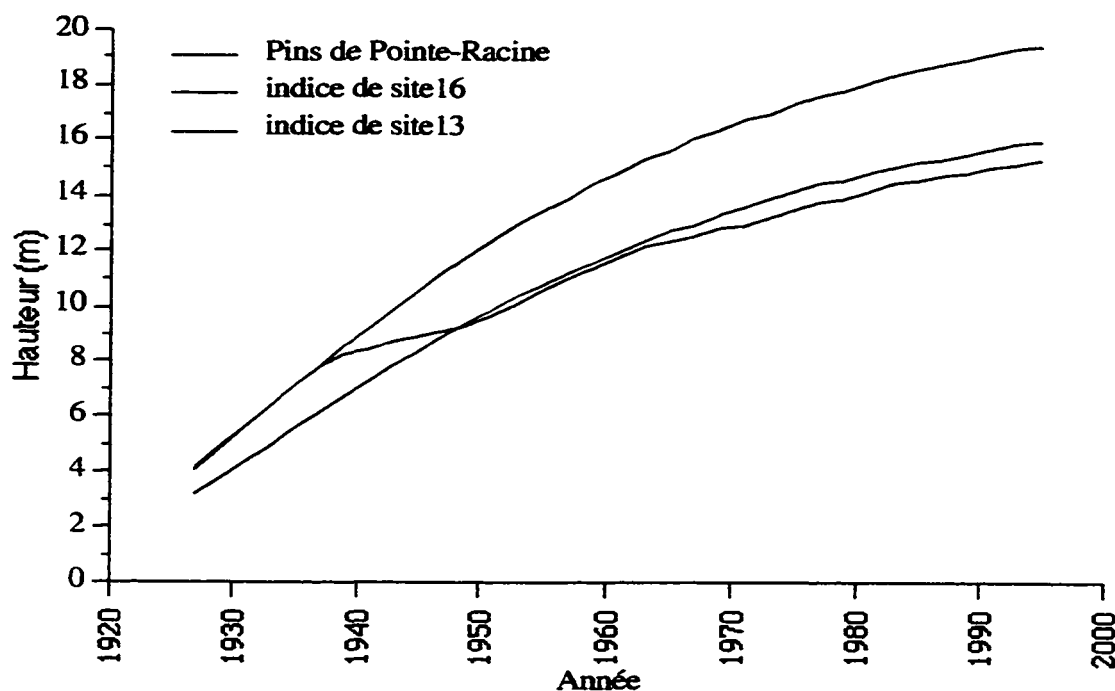


Figure 18. Croissance en hauteur des pins et les courbes d'indices de site 13 et 16 de Lewis *et al.* 1996.

5.4.2 Croissance en hauteur estimée.

Cette approche consiste à imputer le taux de croissance de la reprise durant la période de diminution pour combler la réduction observée. Elle est considérée comme conservatrice puisque le taux normal serait inévitablement supérieur, la croissance juvénile étant très rapide. On voit à la figure 19 que la projection forme une droite au-dessus de la diminution. Ainsi, la hauteur moyenne sans la réduction des années 40 est de deux mètres supérieure à celle observée.

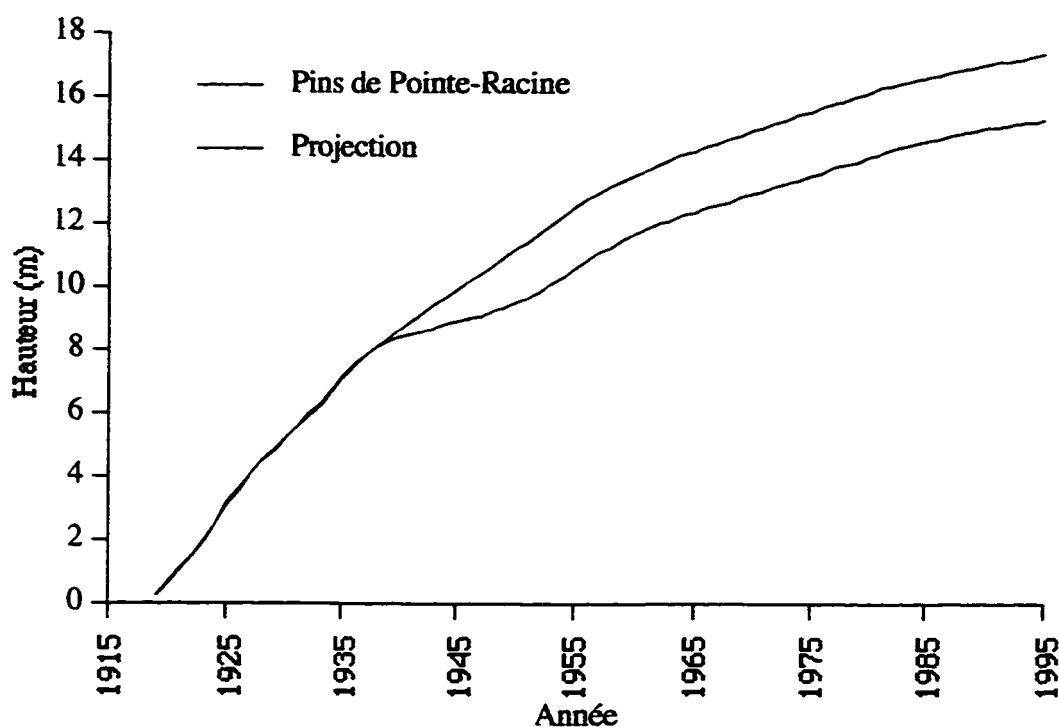


Figure 19. Croissance en hauteur des pins et projection de la croissance sans la diminution des années 40.

CHAPITRE VI

DISCUSSION.

6.1 Structure d'âges des arbres de l'échantillon.

Les pins gris de l'échantillon ont une structure d'âges équiennne typique d'une installation rapide après une perturbation (St-Pierre *et al.* 1992). Cette dernière serait un feu ayant sévi entre 1915 et 1918. Ce feu devait être d'une grande intensité puisqu'aucun survivant semble présent dans le voisinage.

La structure d'âges plus étalée des épinettes noires est probablement une conséquence de la méthode utilisée. La formation de racines adventives chez cette espèce entraîne un enfouissement du collet et par le fait même une erreur sur l'année d'installation lorsque l'âge des arbres est déterminé en utilisant une section prélevé au niveau du sol (DesRochers 1996).

6.2 Patrons de la croissance du pin gris et de l'épinette noire.

La croissance juvénile rapide des pins gris fait en sorte qu'ils occupent encore aujourd'hui la strate supérieure. L'épinette en sous étage de pins gris se comporte de la même manière qu'en sous étage de peupliers qui ont aussi un croissance juvénile rapide (DesRochers 1996). Le seul point anormal est la croissance irrégulière des pins, tant en hauteur qu'en diamètre. Puisque ces réductions de croissance sont particulières aux pins gris, les causes sont donc elles aussi spécifiques à cette espèce. On peut donc éliminer tous les facteurs abiotiques comme la température, les précipitations et la disponibilité des éléments minéraux. De plus, les réductions de la croissance en hauteur et en diamètre des pins étant synchrones, on peut supposer qu'elles ont une cause commune.

Malgré que le diprion de Swaine soit présent dans le peuplement, il est peu probable qu'il soit le seul responsable de ces diminutions. Par son comportement de défoliateur du vieux feuillage, ce diprion cause principalement des dommages lorsqu'il s'attaque à l'ensemble du feuillage. Il provoque ainsi la mort des arbres, des cernes incomplets ou des cernes absents (O'Neil 1963). De plus, l'étude de O'Neil (1962) montre que le nouveau feuillage peut à lui seul maintenir la croissance du pin gris. Lorsque seul le nouveau feuillage est retiré, les arbres montrent une réduction importante de la croissance en hauteur et en diamètre.

6.3 Distribution de fréquence des cicatrices de nodulier.

Le nombre de cicatrices retrouvées n'est pas constant dans le temps. Le nombre peu élevé de cicatrices présentes durant les dix premières années peut être lié au fait que l'échantillonnage des sections inférieures était moins précis et que le peuplement est issu d'un feu. La période de recolonisation par les insectes a pu prendre un certain temps à se rendre des survivants en bordure jusqu'à la portion centrale du peuplement où se trouve la zone d'échantillonnage.

6.3.1 Variations cycliques

Le patron cyclique observé à la figure 17 correspond bien à un comportement de population d'insectes en relation avec son milieu. L'allure générale ressemble à une relation prédateur-proie où le nodulier serait la proie puisqu'il est herbivore. Toutefois, d'autres facteurs peuvent intervenir, soit la température et l'humidité. Pour cette étude, ce n'était pas l'objectif de déterminer les causes exactes des variations du nombre de cicatrices mais de

constater la présence de périodes d'augmentations de ces dernières. Il est également intéressant de constater qu'il y a un lien direct entre le nombre de cicatrices et la population d'insecte.

La durée des deux cycles complets, de 1936 à 1950 et 1960 à 1974, est similaire soit près de 14 ans. Tout porte à croire que le dernier cycle, débuté en 1986, devrait se terminer au tournant du siècle. Pour ce qui est de la période de 1928 à 1932, on peut l'expliquer comme étant une fin de cycle ayant débuté autour de 1918 et ralentie par l'incendie à l'origine du peuplement en réduisant la taille de la population de nodulier et le nombre de rameaux disponibles.

6.3.2 Variations annuelles de la fréquence des noduliers.

Le lien entre le nombre de cicatrices et la population d'insectes adultes est précis puisqu'il permet de retracer une particularité des populations de noduliers. En effet, lors de la capture d'adultes à l'aide de pièges à phéromone, Turnock (1953) a constaté que les populations de nodulier dans les forêts de pin gris du Minnesota étaient composées de deux populations distinctes qui émergent à l'état adulte en alternance années après années. Il mentionne également que les deux sous-populations sont souvent de tailles inégales. Cela est aussi présent dans le nombre de cicatrices retrouvées (figure 17). La méthode fournit donc des résultats très précis allant même jusqu'à mettre en évidence les différences entre les deux sous-populations. On peut alors considérer que le nombre de cicatrices sur la tige principale est un bon indice de l'état de la population de nodulier.

6.3.3 Synchronisme entre la fréquence des cicatrices et les relevés de nodulier dans les plantations du secteur.

Les relevés fait par le personnel du MRN sont regroupés par région donnant un aperçu général de l'état des populations de nodulier (Anonyme 1936-1995). On peut, malgré cela, constater des variations inter-annuelles importantes au niveau régional qui correspondent à celles observées à Pointe-Racine. La première mention de nodulier dans les plantations du Saguenay-Lac Saint-Jean date de 1988 où 75% des plantations sont atteintes. Par la suite, les années impaires présentent des niveaux toujours inférieurs aux années paires. Cela indique que les populations de nodulier en plantations et en peuplements matures se comportent de la même façon.

Malheureusement, les relevés provinciaux ne remontent pas plus loin, et les relevés fédéraux font principalement état de la situation pour l'ensemble de la province, ce qui ne permet pas de tirer des conclusions (Anonyme 1936-1995). Par contre, ces relevés ne présentent aucune mention de nodulier de 1977 à 1986, on peut donc supposer que les populations étaient faibles au Saguenay-Lac Saint-Jean également ce qui correspond bien au nombre de cicatrices retrouvées pour cette période à Pointe-Racine.

6.3.4 Synchronisme entre la fréquence de cicatrices de nodulier et les diminutions de la croissance du pin gris.

Une attention particulière aux différents paramètres de la croissance sera portée pour les périodes suivantes: 1928 à 1932, 1936 à 1950, 1960 à 1974 et 1986 à 1995. Il est

important de voir si ces périodes correspondent toutes à des diminutions de la croissance pour pouvoir conclure à un rôle du nodulier.

6.3.4.1 Les diminutions de la croissance en hauteur.

La croissance en hauteur connaît plusieurs diminutions et toutes correspondent à une augmentation du nombre de cicatrices sur la tige principale (figure 18). Il n'y a aucune autre diminution que celles présentes durant les périodes d'augmentation du nombre de cicatrices. Les niveaux bas du nombre de cicatrices correspondent tous à des augmentations plus ou moins grandes du taux de croissance en hauteur. On peut ainsi affirmer que la présence de cicatrices de nodulier sur la tige principale des pins gris a un impact sur leur croissance en hauteur et qu'elle est en partie responsable des diminutions observées.

Des réductions de la croissance en hauteur causées par le nodulier à la fin des années 60 ont également été constatées par McLeod et Tostowaryk (1971) dans le secteur du lac Caousacouta et Atenis. Ces observations ne tenaient compte que des attaques récentes.

6.3.4.2 Les diminutions de la croissance en diamètre.

La relation entre la croissance en diamètre et le nombre de cicatrices de nodulier est moins évidente qu'avec la croissance en hauteur. Toutefois, une réduction importante survient durant les années 40 et est suivie d'une reprise dans les années 50. L'épisode de 1928 à 1932 correspond également à une diminution ayant moins d'importance lorsqu'on regarde la courbe cumulée (figure 20). L'impact sur la croissance en diamètre semble survenir seulement durant les premières années de croissance. Dans ces situations, les

proportions de pousses atteintes doivent dépasser le nombre nécessaire pour maintenir le taux de croissance radiale. De plus, comme la croissance en diamètre durant les dernières années est déjà faible, on ne peut donc pas observer de grandes variations.

6.3.4.3 Les diminutions de l'accroissement en volume.

L'accroissement en volume est une combinaison de la croissance en hauteur et en diamètre. Cet aspect n'a donc pas été comparé à la distribution de fréquence des cicatrices puisque l'exercice a été réalisé pour les éléments le composant. On peut voir à la figure 16, un diminution durant les années 40 et un plafonnement débutant en 1990. Seulement les événements très importants sont perceptibles sur cette courbe.

6.4 L'importance relative des dommages causés par le nodulier.

Puisque la croissance en hauteur montre le lien le plus fort avec la distribution de fréquence des cicatrices de nodulier, une tentative d'estimation des pertes liées aux diminutions des années 40 et 60 a été réalisée. La première approche met en relation la croissance en hauteur des pins de Pointe-Racine et les courbes d'indice de site de Lewis *et al.* (1996). Elle consiste à comparer la croissance juvénile des pins de Pointe-Racine avec l'indice de site qui correspond le mieux, soit l'indice de site 16. L'indice de site des arbres de l'échantillon étant 13, on déduit que les événements suivant 1936 ont engendré un déclassement de trois indices plus bas. La courbe d'indice de site 13 correspond plus à la période entre 1950 et 1960. La croissance en hauteur chute à partir de 1960 pour finir en 1995 à un indice de site 12. On peut donc dire que l'effet d'une augmentation du nombre de cicatrices varie selon le moment où elle survient dans la croissance des arbres.

De manière plus conservatrice, à la figure 22, le taux de croissance des années 40 a été remplacé par celui de la reprise de la croissance des années 50. La résultante est inférieure à la courbe d'indice de site 16, et correspond davantage à un indice de site 14. Il y a tout de même une différence de plus de deux mètres entre les arbres de l'échantillon et la projection conservatrice.

CHAPITRE VII

CONCLUSION

La méthode développée a permis d'établir l'historique du nodulier du pin gris de façon très précise et de déceler des variations cycliques de son abondance. La comparaison des données d'abondance du nodulier et des paramètres de la croissance des pins gris a mis en évidence un lien possible de cause à effet selon lequel la présence de cicatrices de nodulier engendre des réductions de la croissance en hauteur et en diamètre.

Peu importe le point de vue, les pins de Pointe-Racine, s'ils n'avaient pas subi ces diminutions, seraient beaucoup plus hauts. Comme la présence du nodulier est confirmée durant chaque période de diminutions, celui-ci joue inévitablement un rôle direct sur cet aspect de la croissance, l'hypothèse de départ est donc confirmée. Malgré le fait que le nodulier cause très rarement des mortalités, son impact sur la croissance des arbres est important.

Cette étude constitue une nouvelle approche en ce qui a trait à l'étude historique de populations d'insectes s'attaquant au pin gris. Le faible échantillonnage ne permet pas de conclure sur l'effet à grande échelle du nodulier mais soulève plusieurs interrogations sur l'importance de ce petit insecte qui jusqu'à maintenant retenait peu l'attention.

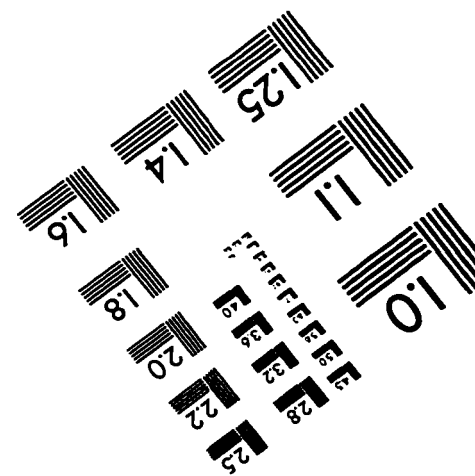
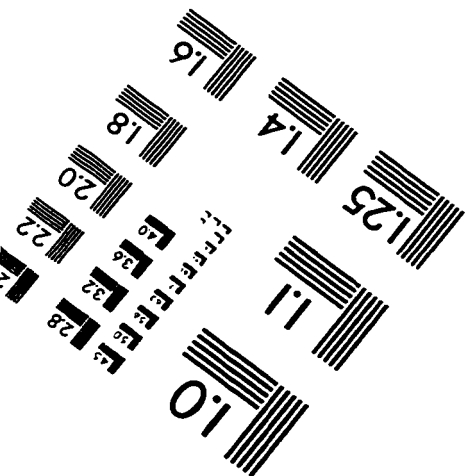
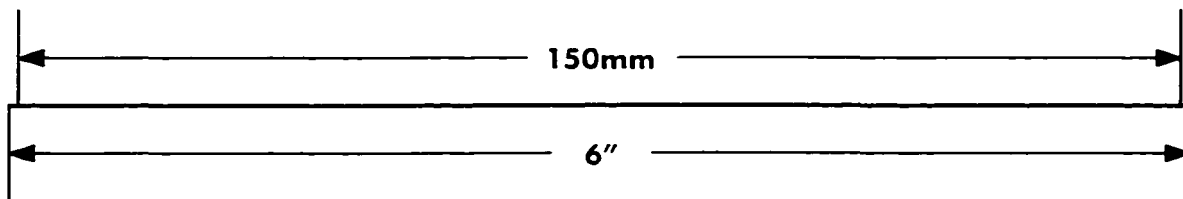
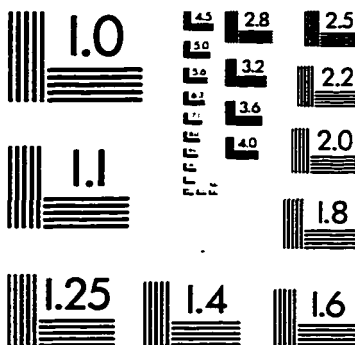
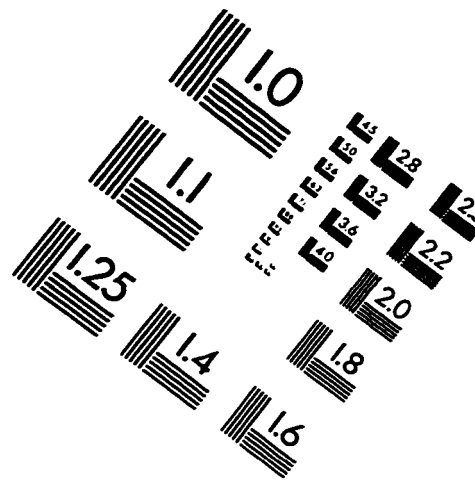
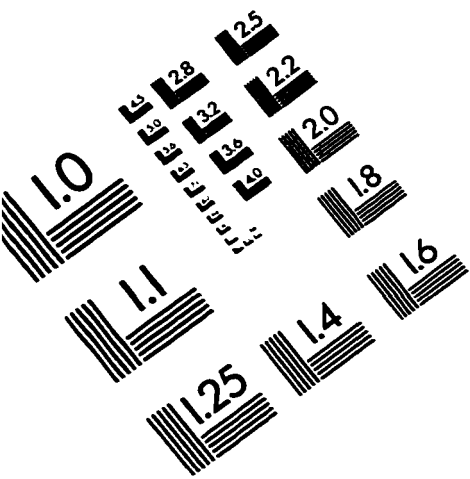
CHAPITRE VIII

RÉFÉRENCES

- ANONYME. 1936-1995. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts. Ministère des Ressources Naturelles du Québec, Direction de la conservation des forêts.
- BÉLAND, M. et Y. BERGERON. 1996 Height growth of jack pine (*Pinus banksiana*) in relation to site types in boreal forests of Abitibi, Québec. Can. J. For. Res. 26: 2170-2179.
- BOULET, B. 1984. Stratégies d'échantillonnage établies pour la détection et la surveillance des insectes en milieu forestier. Revue d'entomologie du Québec. Vol. 29, No. 2: 101-113.
- COMTOIS, B. 1988. Notions d'entomologie forestière. Modulo Éditeur. Sainte-Foy. 347 p.
- DESROCHERS, A. 1996. Détermination de l'âge de l'épinette noire (*Picea mariana*) en sous-étage de peupliers faux tremble (*Populus tremuloides*) dans la forêt boréale, Québec. Chicoutimi. Mémoire de maîtrise, UQAC. 81 p.
- GAUTHIER, S., J. GAGNON et Y. BERGERON. 1993. Population age structure of *Pinus banksiana* at the southern edge of the Canadian boreal forest. J. Veg. Sci. 4:783-790.
- HOWSE, G.M. 1984. Insect pests of jack pine: biology, damage and control. Ministry of Natural Resources of Ontario, Jack Pine Symposium, Proceedings O-P-12: 131-138.
- LONGPRÉ, M.-H., Y. BERGERON, D. PARÉ et M. BÉLAND. 1994. Effect of companion species on the growth of jack pine (*Pinus banksiana*). Can. J. For. Res. 24: 1846-1853.
- LEWIS, W., R.J. MILLER et M.E. WOODS. 1996. Jack pine site index curves and index for south central and northeast regions, Ontario Ministry of Natural Resources, Technical note #01, North Bay, 8 p.
- MARTINEAU, R. 1984. Insectes nuisibles des forêts de l'est du Canada. Éditions Marcel Broquet inc., LaPrairie, p. 70-72.

- MCLEOD, J.M. 1970. The epidemiology of the Swaine jack pine sawfly, *Neodiprion swaineii* Midd. For. Chron. 46:126-133.
- MCLEOD, J.M. et W. TOSTOWARYK. 1971. Outbreaks of pitch nodule makers (*Petrova* spp.) in Quebec jack pine forests. Can. For. Serv., Laurentian For. Res. Centr. Quebec City. Inf. Rep. Q-X-24, 5 p.
- O'NEIL, L.C. 1962. Some effects of artificial defoliation on the growth of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.). Can. J. Bot. 40: 273-280.
- O'NEIL, L.C. 1963. The suppression of growth rings in jack pine in relation to defoliation by the Swaine jack-pine sawfly. Can. J. Bot. 41: 227-235.
- SHEA, S.R. et K.A. ARMSON. 1972. Stem analysis of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.): techniques and concepts. Can. J. For. Res. 2: 392-406.
- SCHWEINGRUBER, F.H. 1989. Basics and applications of dendrochronology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holland, 276 p.
- ST-PIERRE, H., R. GAGNON et P. BELLEFLEUR. 1992. Distribution spatiale de la régénération après feu de l'épinette noire (*Picea mariana*) et du pin gris (*Pinus banksiana*) dans la forêt boréale, Réserve faunique Ashuapmushuan, Québec. Can. J. Bot. 69: 444-464.
- TURNOCK, W.T. 1953. Some aspects of the life history and ecology of the pitch nodule maker, *Petrova albicapitana* (busck) (Lepidoptera: Olethreutidae). Can. Entomol. 85: 233-243.
- WONG, H.R., J.A. DROUIN et C.L. RENTZ. 1995. Les noduliers (*Petrova* spp.). Insectes forestiers ravageurs au Canada., Serv. Can. For., Ottawa, p. 279-288.

IMAGE EVALUATION TEST TARGET (QA-3)



APPLIED IMAGE, Inc.
1653 East Main Street
Rochester, NY 14609 USA
Phone: 716/482-0300
Fax: 716/288-5989

© 1993, Applied Image, Inc., All Rights Reserved