



Environnement
Canada

Environment
Canada

Service
des Forêts

Forestry
Service

ETAT PATHOLOGIQUE D'UNE PLANTATION D'EPINETTE BLANCHE APRES FERTILISATION A GRAND'MERE

par André Lavallée

CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES DES LAURENTIDES
RÉGION DE QUÉBEC, QUÉBEC
RAPPORT D'INFORMATION Q-F-X-33

NOVEMBRE 1972



ETAT PATHOLOGIQUE D'UNE PLANTATION D'EPINETTE BLANCHE
APRES FERTILISATION A GRAND'MERE

par André Lavallée

CENTRE DE RECHERCHES FORESTIERES
DES LAURENTIDES
REGION DE QUEBEC, QUEBEC
RAPPORT D'INFORMATION Q-F-X -33

NOVEMBRE 1972

REMERCIEMENTS

Je remercie sincèrement M. Gérard Bard qui a participé activement à la détection des différents symptômes mentionnés dans ce rapport. J'exprime également ma gratitude à M. Robert Gagnon, photographe, pour sa collaboration lors de l'impression des photographies de qualité douteuse que l'auteur lui avait soumises. Les remarques du Dr Denis Lachance et de M. J.D. Gagnon sur le texte m'ont rendu un grand service et je désire les remercier vivement.

TABLE DES MATIERES	PAGE
REMERCIEMENTS	2
RESUME.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCTION.....	7
MATERIEL ET METHODES.....	8
RESULTATS.....	11
1. Evaluation globale de l'état de santé des épinettes blanches dans les deux blocs expérimentaux.....	11
2. L'étage des cimes.....	14
3. La mortalité.....	17
4. Symptômes pathologiques sur les arbres vivants.....	24
5. Arbres exempts d'anomalies.....	30
DISCUSSION ET CONCLUSIONS.....	32
REFERENCES.....	38

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

	PAGE
Tableau 1. Identification des traitements	10
Tableau 2. Etat de santé général chez les arbres traités et non traités des deux blocs expérimentaux....	13
Tableaux 3 et 4. Etat de santé des tiges et distribution des anomalies d'après l'étage des cimes.....	16
Fig. 1. Fructification de <u>Polyporus tomentosus</u>	19
Tableau 5. Symptômes pathologiques sur les arbres morts ..	21
Tableau 6. Progression de la mortalité, selon les trai- tements	22
Tableau 7. Répartition des signes de carie des racines sur les arbres morts, selon les traitements ...	23
Fig. 2. Chancre cytosporéen actif	26
Fig. 3. Galerie du dendrochtone de l'épinette	28
Tableau 8. Répartition des symptômes pathologiques sur les arbres vivants, selon les traitements.....	29
Tableau 9. Pourcentage d'arbres sains, selon les trai- tements	31

RESUME

Dans les cadres d'une expérience sur la fertilisation, l'examen de 74 places d'études a révélé que plus de 22% des épi-
nettes blanches vivantes en 1962 étaient mortes en 1972; moins de
37% des arbres examinés étaient exempts d'anomalies. A tous les
étages, le nombre d'arbres morts et celui des arbres affectés d'une
maladie dépassait celui exempt de tout défaut. L'état de santé de
l'ensemble des arbres fertilisés ne diffère pratiquement pas de
celui des témoins; cependant, un certain nombre de tendances furent
remarquées selon les divers fertilisants utilisés.

Les chancres cytosporéens furent observés le plus souvent
chez les arbres de l'étage dominant tandis que la carie des racines
n'était reliée à aucun étage particulier. Les fructifications du
Polyporus tomentosus étaient plus nombreuses dans les aires ferti-
lisées (surtout celles fertilisées en azote) que dans les places
témoins. Le pourcentage de mortalité était souvent moins prononcé
dans les aires traitées avec du potassium. Sur les arbres vivants,
le chancre cytosporéen dominait lorsqu'il y avait eu addition de
potassium et magnésium tandis qu'une meilleure cicatrisation des
arbres affectés fut notée dans les places fertilisées à l'azote.
Un excès de potassium (K_2) pourrait favoriser les attaques par la
carie des racines sur les arbres vivants. Enfin, la mortalité ac-
tuelle devrait doubler d'ici dix ans si on compare à d'autres situa-
tions déjà observées à Grand'Mère et ailleurs.

ABSTRACT

Among the various observations included in a fertilization experiment, the inspection of 74 plots showed that more than 22% of the white spruce trees still living in 1962 were reported as dead in 1972; less than 37% of the trees were without defect. In every crown class, the total number of dead and diseased trees was higher than the number of defect-free ones. Generally, the disease condition observed in treated trees was quite similar to the condition of controls; however, some differences were noted within the various treated areas.

Cytospora cankers were observed most frequently on dominant trees while root decay was not particularly confined to the crown class of trees. Fruiting bodies of Polyporus tomentosus were observed in fertilized areas (particularly those fertilized with nitrogen) more frequently than in control plots. Tree mortality was often lower when potassium was used in the fertilization treatment. On living trees, Cytospora canker was prominent in plots treated with potassium and magnesium; a better callusing of these cankers was observed in plots fertilized with nitrogen. Too much potassium (K_2) appears to favour root decay. Finally, the mortality observed in 1972 could double within the next ten years if the root decay organisms behave as in other Grand'Mère plantations and elsewhere.

INTRODUCTION

Dans les cadres d'une étude multidisciplinaire portant sur l'influence de la fertilisation dans une plantation d'épinette blanche, il est important de considérer les facteurs pathologiques susceptibles de contribuer à une prise de décision plus avertie concernant l'avenir d'une plantation. Certes les critères tels que l'accroissement annuel moyen, l'âge de la plantation et le rendement des fonds investis sont les facteurs critiques à surveiller lors de la prise de décision. D'autre part, l'âge de rotation, par exemple, peut varier selon que l'on considère un, deux ou plusieurs facteurs pour l'établir.

Lorsque la plantation sous-étude avait 36 ans, un certain nombre de traitements avec fertilisants furent mis à l'essai dans le but d'étudier leur influence sur l'accroissement des arbres. Après 10 ans, les conséquences de ces traitements doivent maintenant être évalués sous tous les angles. Pour couvrir l'aspect pathologique de l'étude, un relevé oculaire des principales maladies fut entrepris et le présent travail résume les observations effectuées au cours de l'été 1972. Evidemment, ce relevé aurait pu être accompagné de dissections d'arbres et de mises en culture afin d'en améliorer la précision mais, en somme, le forestier a d'abord besoin des indications, souvent sommaires, contenues dans ce rapport pour décider si d'autres précisions d'ordre pathologique sont nécessaires. Effectivement, une partie des arbres impliqués dans le présent rapport, feront l'objet d'une étude plus détaillée dans les cadres d'un autre projet.

L'état de santé des arbres ainsi que les facteurs pathologiques reliés à cet état constituent donc l'objet principal du présent rapport.

MATERIEL ET METHODES

La plantation d'épinette blanche sous étude se situe dans le rang Saint-Mathieu, près de Grand'Mère. Cette plantation fut établie en 1926 sur des dépôts morainiques sablonneux, caractérisés par une faible teneur en éléments nutritifs et une mince couche d'humus. Le relevé oculaire des diverses maladies ou des signes de carie a porté sur 74 places d'étude réparties en deux blocs; soit 40 places dans le bloc A (lots 854, 855 et 856) et 34 dans le bloc B (lots 836 et 837). La place d'étude était fertilisée sur 1/10 d'acre et les arbres choisis pour examen se répartissaient sur 1/20 d'acre au centre de la place. L'examen des arbres effectué par Messieurs J.M. Conway et G. Boyd et la Compagnie Consolidated-Bathurst, lors de l'étiquetage avant les fertilisations de 1962, avait permis de noter les chancres actifs sur les troncs, le diamètre des arbres et l'étage de la cime.

En juillet 1972, ces épinettes blanches, maintenant âgées de 46 ans, furent réexaminées en détail afin de reconnaître les principales maladies présentes. Pour fins de compilation, l'étage des cimes se réfère au relevé de 1962. Dans le cas des chancres cytosporéens, le relevé de 1972 fut aussi comparé à celui de 1962. Pour tous les autres symptômes, le présent relevé a dû être inter-

preté en fonction des traitements seulement étant donné qu'il n'existe pas de relevé pathologique complet dans ces places d'étude pour l'année 1962.

En plus des observations d'ordre pathologique, un pourcentage d'arbres affectés par le dendroctone de l'épinette (Dendroctonus obesus (Mann.)) a pu être noté, étant donné que cet insecte concentre ses ravages au pied d'arbres vivants. D'autre part, les observations contenues dans le présent relevé ne tiennent aucunement compte des dégâts attribuables à l'action de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana (Clem.)).

L'examen de chacun des individus sur le terrain fut effectué sans avoir pris connaissance des divers traitements afin d'éviter toute interprétation prématurée vis-à-vis de l'une ou l'autre forme de fertilisation. Le tableau 1 identifie les traitements et donne le numéro des places d'étude traitées. Pour faciliter l'interprétation des résultats, l'élément concerné ainsi que sa concentration (exemple N₁ pour 11.4 lbs d'urée et N₂ pour 22.8 lbs d'urée) seront mentionnés dans le texte lorsque nécessaire. On se souviendra que les places 1 à 40 inclusivement se situent dans le bloc A et que les places 41 à 60 ainsi que C-1 à C-14 se situent dans le bloc B. Dans les deux blocs on rencontre des places témoins et des places traitées.

Tableau 1. Codification et distribution des différents traitements dans les diverses places d'étude

Code	Spécifications	Place d'étude	Code	Spécifications	Place d'étude
A	11.4 lbs urée	13, 28, 54	N	10 lbs K_2SO_4	3, 32, 41
B	11.4 lbs urée 10 lbs K_2SO_4	17, 23, 59		20 lbs $MgSO_4$	
C	11.4 lbs urée 20 lbs K_2SO_4	12, 21, 55	O	20 lbs K_2SO_4	14, 26, 52
D	11.4 lbs urée 20 lbs $MgSO_4$	5, 37, 45	P	20 lbs K_2SO_4 20 lbs $MgSO_4$	1, 36, 46
E	11.4 lbs urée 10 lbs K_2SO_4 20 lbs $MgSO_4$	9, 38, 49	Q	20 lbs $MgSO_4$	4, 35, 42
F	11.4 lbs urée 20 lbs K_2SO_4 20 lbs $MgSO_4$	6, 39, 43	R	TEMOINS	10, 18, 20, 27, 30, 40, 50, 58, 60
G	22.8 lbs urée	11, 24, 57	S	30 lbs CaO	C7, C14
H	22.8 lbs urée 10 lbs K_2SO_4	16, 25, 53	T	30 lbs CaO 20 lbs $MgSO_4$	C5, C9
I	22.8 lbs urée 20 lbs K_2SO_4	19, 22, 56	U	30 lbs CaO 20 lbs $MgSO_4$ 20 lbs K_2SO_4	C2
J	22.8 lbs urée 20 lbs $MgSO_4$	8, 34, 47	V	30 lbs CaO 22.8 lbs urée 20 lbs K_2SO_4	C6, C13
K	22.8 lbs urée 10 lbs K_2SO_4 20 lbs $MgSO_4$	7, 33, 48	W	30 lbs CaO 20 lbs $MgSO_4$ 22.8 lbs urée 20 lbs K_2SO_4	C12
L	22.8 lbs urée 20 lbs K_2SO_4 20 lbs $MgSO_4$	2, 31, 44	X	60 lbs Dolomie (Pierre à chaux)	C4, C8
M	10 lbs K_2SO_4	15, 29, 51	Y	60 lbs Dolomie (Pierre à chaux) 22.8 lbs urée 20 lbs K_2SO_4	C3, C11
			Z	TEMOINS	C1, C10

RESULTATS

1. Evaluation globale de l'état de santé des épinettes blanches dans les deux blocs expérimentaux

La proportion des arbres vivants exempts de toute anomalie (catégorie "sains" dans le tableau 2) ne présente aucune variation en passant des aires traitées aux aires non-traitées d'un même bloc. D'autre part, la proportion d'arbres sains dans les aires traitées ou non-traitées du bloc B est légèrement inférieure à celle observée dans le bloc A. Cette légère différence entre les blocs A et B, pourrait être attribuable à la station puisqu'elle existe aussi bien chez les témoins que chez les arbres fertilisés.

Dans le tableau 2, la catégorie des arbres affectés comprend tous les arbres encore vivants montrant des symptômes de maladie ou présentant des défauts extérieurs susceptibles de servir d'entrée aux caries du tronc (Lortie, 1968). Dans le bloc A, le pourcentage d'arbres affectés (47.8%) chez les arbres témoins est plus élevé que celui observé dans les aires traitées (40.8%). Dans le bloc B la situation est renversée. Le pourcentage d'arbres morts vient en quelque sorte démontrer que la mortalité est le résultat d'une situation en pleine évolution et que les maladies sont présentes dans la plantation depuis un certain temps. En effet, là où les arbres affectés sont plus nombreux, la proportion d'arbres morts est moindre tandis que là où les arbres affectés sont moins nombreux la mortalité est plus élevée.

D'après ces observations globales, l'état de santé des arbres de cette plantation ne varie pas de façon significative d'un bloc à l'autre. A une exception près, cette variation ne dépasse pas 6.4% des arbres. On doit cependant retenir que moins de 37% des arbres sont exempts de toute anomalie et que plus de 22% des arbres vivants en 1962 sont morts en 1972 puisqu'au début de l'expérience on n'avait pris que les arbres vivants et en bonne condition.

Relativement à l'enracinement des arbres de cette plantation, plusieurs de ces arbres ont semblé être plantés profondément. En effet, le pied des arbres ne présentait pas toujours le défilement normal généralement rencontré en forêt naturelle. Au niveau du sol, plusieurs troncs présentaient l'allure d'un poteau. On peut donc se douter que l'enracinement primaire fut défectueux à un moment donné.

Cette première évaluation globale de l'état de santé des arbres ne permet pas d'attribuer exclusivement à la fertilisation la présence de l'une ou l'autre des maladies rencontrées dans la plantation. C'est pourquoi, aux item 3, 4 et 5 des résultats, nous ferons un certain nombre d'observations sur les traitements particuliers; il faudra alors se garder de généraliser à partir de ces observations.

Tableau 2. Etat de santé des épinettes blanches traitées et non-traitées dans les deux blocs d'expérimentation

	Bloc A				Bloc B		
	sains	affectés	morts		sains	affectés	morts
Témoins (180)*	36.7	47.8	15.5	Témoins (142)	30.3	42.2	27.5
Traités (1020)	36.7	40.8	22.4	Traités (829)	31.4	45.8	22.8

* arbres observés

2. L'étage des cimes

Lors du relevé de 1962, l'étage des cimes fut déterminé. Les quatre classes (dominant, co-dominant, intermédiaire et supprimé) reconnues alors ont servi de base pour les tableaux 3 et 4 du présent relevé. La répartition de l'état de santé des tiges en fonction de l'étage de la cime montre que les arbres morts se retrouvent plus souvent chez les supprimés et les intermédiaires (tableau 3). Comme dans tout peuplement, les arbres supprimés sont sujets à une forte mortalité attribuable à leur position; ce sont évidemment ceux-là qu'on retrouve le plus souvent affectés d'agents pathogènes. D'autre part, dans la plantation sous observation, à tous les étages, le total d'arbres morts et affectés d'un agent pathogène dépasse de beaucoup le nombre d'épinettes blanches exemptes de tout défaut. On pourrait ne pas trop s'inquiéter d'une situation semblable chez les intermédiaires et les supprimés mais lorsque le même phénomène s'observe chez les dominants et les co-dominants il existe probablement des conditions d'ordre pathologique qui viendront influencer le rendement de la plantation dans les années à venir.

Certaines observations s'avèrent intéressantes lorsqu'on tente de distribuer les principales anomalies observées selon l'étage de la cime (tableau 4). Dans ce tableau, le pourcentage d'arbres affectés d'une maladie ou de l'insecte fut établi d'après le nombre total d'arbres par étage (déjà mentionné au tableau 3).

La répartition, selon l'étage, des chancres cytosporéens actifs en 1972 montre une préférence pour les arbres dominants et co-dominants (Tableau 4). D'autre part, les fructifications du Polyporus tomentosus furent observées plus fréquemment sur les racines et les souches d'arbres intermédiaires et supprimés que dans les deux autres classes. La quatrième colonne (tableau 4) réfère également à une carie probable des racines déduite d'après les résinoses apparentes à la base du tronc ou encore d'après le voisinage de fructifications de P. tomentosus. Si on cumule ces deux colonnes (P. tomentosus, et carie et résinose) on constate que la carie du pied affecte les arbres de tous les étages et peut être un peu plus concentrée chez les supprimés. Le centre d'infection origine probablement autour des arbres supprimés où la carie des racines est encore plus fréquente. La carie des racines n'est donc pas uniquement reliée à la suppression des arbres mais, à partir d'un centre d'infection, les arbres avoisinants seront probablement atteints quel que soit leur étage. Parmi les anomalies notées au cours de ce relevé, des signes d'attaques par le dendrochtone à la base des épinettes furent retenus et leur préférence pour les gros arbres est illustrée au tableau 4. Cette préférence a déjà été rapportée (Swaine, 1938) et on devra se préoccuper davantage de cet insecte à mesure que la taille des arbres augmente.

Pour l'ensemble des principales anomalies relevées, on remarque que les sujets affectés par Cytospora sp. sont aussi nombreux que ceux affectés d'une carie des racines.

Tableau 3. Etat de santé des tiges en fonction de l'étage de la cime (déterminé en 1962) d'après le relevé de 1972

Etage	Etat des arbres						Total observé	
	sains		affectés		morts		nombre	%
	nombre	%	nombre	%	nombre	%		
D	237	44	268	49	40	7	545	25.1
C	215	39	277	50	59	11	551	25.4
I	231	32	324	44	171	24	726	33.5
S	61	18	66	19	222	63	349	16.0
Total	744	34.3	935	43.0	492	22.7	2171	100.0

Tableau 4. Répartition des principales anomalies observées en 1972 en fonction de l'étage des cimes de l'épinette blanche

Etage	Cytospora actifs		Cytospora cicatrisés		Polyporus tomentosus		Carie & resinose		Dendroch-tone	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
D	133	24	44	8	8	1	162	30	61	11
C	115	21	68	12	10	2	134	24	74	13
I	126	17	84	12	29	4	210	29	68	9
S	14	4	14	4	24	7	163	47	27	7
Total	388	17.9	210	9.7	71	3.2	669	30.8	230	10.6

* les pourcentages sont établis d'après le nombre total d'arbres par étage mentionnés au tableau 3

3. La mortalité

D'après le tableau 3, pratiquement 23% des arbres étiquetés en 1962 furent rapportés morts en 1972. La suppression ou le manque d'espacement pourraient à première vue expliquer la mortalité puisque la majorité des arbres morts se trouvent parmi les arbres supprimés. Afin de préciser autant que possible la cause de la mortalité, les symptômes pathologiques visibles furent relevés sur ces arbres morts. Sans l'aide de prélèvements et mises en culture, les signes d'une carie du pied ou des racines que nous avons retenus sont :

- a) la présence à la base de l'arbre de fructifications du champignon capable de produire cette carie
- b) la présence d'une résinose à la base de l'arbre, immédiatement voisin d'une trouée d'arbres morts attribuable à la carie des racines (carie non spécifiée).

Les arbres morts dans la plantation étaient affectés le plus souvent d'une carie du pied (tableau 5). Cette dominance des caries du pied ou des racines jouera un rôle primordial sur le comportement des arbres avoisinants qui sont encore vivants. Nous verrons plus loin que déjà un bon nombre d'arbres encore vivants présentent des résinoses à la base et sont probablement affectés d'une carie des racines. Les fructifications du Polyporus tomentosus à la base des arbres et sur les racines (fig. 1) auraient sûrement été plus nombreuses si le relevé avait été effectué après le 4 août, date de la fin du relevé. La dominance

de ce champignon à cette période de l'année démontre que les caries des racines sont bien installées sur le territoire. Ces fructifications sur les arbres morts semblent apparaître plus tôt et en plus grand nombre dans les aires fertilisées (tableau 5) des deux blocs d'expérimentation. D'autre part, un plus grand nombre de fructifications furent observées dans le bloc A à cette date.

La nature du présent relevé ne permet pas de conclure que la carie des racines affectait tous les arbres avant que la mortalité ne survienne, mais il est probable que plusieurs d'entre eux en étaient affectés. Lors de l'examen de 1972, le nombre d'arbres manquants à l'intérieur de la place d'étude fut noté. Ces arbres manquants non numérotés sont disparus au cours des premières années de la plantation. Parmi les arbres non numérotés à l'intérieur de la place d'étude un certain nombre d'arbres morts furent aussi observés (tableau 6); ces arbres étaient déjà morts avant 1962 puisqu'ils ne furent pas étiquetés. Si on compare le nombre d'arbres morts avant 1962 et le nombre d'arbres étiquetés morts en 1972 (tableau 6) on constate un taux de mortalité accru au cours des dix dernières années. En fait, dans les places d'étude, le total d'arbres morts depuis 10 ans dépasse le total d'arbres manquants ou morts avant 1962.



Figure 1. Fructifications du champignon responsable des caries des racines, Polyporus tomentosus

Chez les arbres numérotés (tableau 6), comparativement aux témoins, les aires qui ont présenté un bas niveau de mortalité (moins de 16%) étaient toutes parmi les traitements avec apport de potassium K, ou K₂ (traitements E, O, U et V). D'autre part, les aires qui ont montré une mortalité beaucoup plus élevée (28% et plus) que chez les témoins ne se regroupent sous aucun apport particulier en élément nutritif (traitements B, F, G, W et X). Les observations qui suivent s'appliquent uniquement à la catégorie des arbres morts et ne viennent pas changer les constatations générales préalablement établies. Il s'agit plutôt de précisions partielles à l'intérieur de la catégorie "arbres morts".

Parmi les arbres morts, ceux qui ont présenté des signes de carie du pied et des racines sont plus souvent rencontrés dans les aires fertilisées. Au total, 18 des 24 catégories traitées ont présenté plus de signes de carie du pied ou des racines que chez les témoins (tableau 7). Individuellement, les résinoses à la base et les fructifications de P. tomentosus furent observées dans une proportion plus élevée que chez les témoins dans 14 traitements sur 24 (tableau 7). Les aires B, G et X (traitements N, N₁K₁, et Dolomie) ont présenté des résinoses à la base dans une proportion dépassant le double de ce qui fut observé chez les témoins. Par contre, les aires L et V (traitements N₂ K₂ Mg, et N₂ K₂ Ca) ont montré ces mêmes résinoses dans une proportion moindre que la moitié de ce qui fut observé chez les témoins.

Les arbres accompagnés de fructifications du P. tomentosus dépassaient en nombre le double du nombre observé chez les témoins dans 10 des 24 traitements. La majorité de ces traitements étaient en azote (N_1 ou N_2). Dans 6 autres catégories de traitement aucune fructification du P. tomentosus ne fut observée au moment du relevé; la grande majorité de ces traitements étaient en potassium (K_1 et K_2).

Tableau 5. Répartition des divers symptômes pathologiques sur les arbres morts

Bloc A					Bloc B				
Témoins (180)*	nombre total morts	carie du pied ou des racines		autres %	Témoins (142)	nombre total morts	carie du pied ou des racines		autres %
		non spécifiée %	<u>P. tom.</u> %				non spécifiée %	<u>P. tom.</u> %	
	28	85.7	14.3	-		39	56.8	2.6	40.6
Traités (1020)	220	69.8	21.3	8.9	Traités (830)	192	62.0	6.3	31.7

* nombre d'arbres examinés

Tableau 6. Progression de la mortalité d'après les arbres numérotés et les arbres non numérotés chez les places témoins et les places fertilisées

Traitement *	Arbres numérotés			Arbres non numérotés		
	nombre	morts		manquants nombre	morts nombre	total nombre
		nombre	%			
TEMOINS	322	67	20.8	29	19	48
A	90	23	25.5	3	2	5
B	90	30	33.3	11	1	12
C	90	18	20.0	9	8	17
D	90	15	16.6	6	9	15
E	90	14	15.5	9	9	18
F	90	26	28.8	18	7	25
G	90	28	31.1	6	2	8
H	90	19	21.1	14	3	17
I	90	18	20.0	14	3	17
J	90	23	25.5	15	8	23
K	90	17	18.9	20	5	25
L	90	18	20.0	11	2	13
M	90	17	18.8	10	5	15
N	90	24	26.6	5	2	7
O	90	14	15.5	3	4	7
P	90	25	27.7	13	5	18
Q	90	22	24.4	11	3	14
S	58	16	17.8	7	2	9
T	50	9	18.0	4	2	6
U	25	2	8.0	1	1	23
V	55	4	7.2	3	-	3
W	25	7	28.0	5	3	8
X	52	16	30.7	8	2	10
Y	54	10	11.1	13	4	17
Total	2171	482		248	111	359

* voir tableau 1 pour la codification des traitements

Tableau 7. Répartition selon les traitements des signes de carie du pied et des racines sur les arbres morts

Traitement *	Arbres observés nombre	Arbres avec signes carie				total %
		résinose à la base		fructifications <i>P. tomentosus</i>		
		nombre	%	nombre	%	
TEMOINS	322	42	13.0	5	1.5	14.5
A	90	15	16.6	2	2.2	18.8
B	90	24	26.6	1	1.1	27.7
C	90	12	13.3	2	2.2	15.5
D	90	11	12.2	4	4.4	16.6
E	90	7	7.8	5	5.5	13.2
F	90	18	20.0	7	7.7	27.7
G	90	23	25.6	4	4.4	30.0
H	90	18	20.0	1	1.1	21.1
I	90	13	14.4	5	5.5	19.9
J	90	15	16.6	-	-	16.6
K	90	10	11.1	1	1.1	12.2
L	90	4	4.4	-	-	4.4
M	90	14	15.6	1	1.1	16.7
N	90	19	21.1	-	-	21.1
O	90	10	11.1	4	4.4	15.5
P	90	18	20.0	6	6.6	26.6
Q	90	16	17.7	2	2.2	19.9
S	58	6	10.3	3	5.1	15.4
T	50	7	14.0	-	-	14.0
U	25	-	-	-	-	0.0
V	55	1	1.8	-	-	1.8
W	25	3	12.0	4	16.0	28.0
X	52	14	26.9	1	1.9	28.8
Y	54	6	11.1	2	3.8	14.9
Total traités	1849	284	15.4	55	2.9	18.3
Total	2171	326		60		

* voir tableau 1 pour la codification des traitements

4. Symptômes pathologiques sur les arbres vivants

Dans l'ensemble, pour chacune des catégories de symptômes mentionnés au tableau 8, le pourcentage d'arbres affectés dans les aires fertilisées (total traités) ne diffère pas de celui observé dans les places témoins. Donc, la fertilisation n'est pas uniquement responsable des maladies observées.

Le chancre cytosporéen se caractérise par une résinose d'un gris-bleu sur le tronc de l'arbre et par la présence d'un méplat entre l'écorce et le bois. Le relevé de 1962 (non publié) mentionne que les chancres cytosporéens actifs (fig. 2) affectaient 11.2% des troncs d'épinette blanche pour les places d'étude 1 à 60; pour ces mêmes places le niveau d'infection par Cytospora sp. actif s'élevait à 18.1% en 1972. Donc une augmentation minimum de l'ordre de 6% dans le nombre d'arbres affectés de chancres actifs après 10 ans. Pour ces mêmes 60 places d'étude, le relevé de 1972 rapporte 10.4% des arbres avec chancres cicatrisés en plus des 18.1% d'arbres avec chancres actifs. Malgré qu'une preuve soit difficile à établir avec les données disponibles, il est possible que le taux d'augmentation du nombre total de chancres cytosporéens soit trois fois plus grand que le 6% mentionné précédemment, si on considère que la plupart (80%) des chancres observés en 1962 sont maintenant cicatrisés mais peuvent périodiquement revenir à la surface.

Si on groupe les chancres cytosporéens actifs et cicatrisés observés en 1972 on constate que les arbres traités dans les catégories B, G, M, T et W sont ceux qui ont montré le moins de

chancres; ces catégories ne se rattachent à aucun élément nutritif en particulier. Les arbres traités dans les catégories E, L, P, U et V ont montré le plus grand nombre de chancres au tronc (tableau 8); ces catégories se rattachent tous aux apports en K et Mg. Comparativement au relevé de 1962 on peut dire que dans les aires E, K, P, Q (traitement K_1 et Mg dans toutes ces aires) une augmentation appréciable dans le nombre de chancres fut remarquée depuis le traitement tandis que dans les aires G, M, T et W (respectivement traitements N_2 , K_1 , Ca et Mg, et N_2 , K_2 Ca, Mg) une diminution fut notée.

D'autre part, l'addition d'azote semble avoir favorisé la cicatrisation des chancres cytosporéens. En effet, 5 des 6 traitements avec N_2 (traitements G à L inclus) ont montré un nombre de chancres cicatrisés plus grand que chez les témoins (tableau 8). Lorsque N_1 fut ajouté (traitements A à F inclus) seulement 2 des 6 traitements ont présenté un nombre de chancres cicatrisés plus grand que chez les témoins. De plus, les chancres actifs furent légèrement moins nombreux que chez les témoins lorsque N_2 fut ajouté.



Figure 2. Résinose abondante indiquant souvent la présence d'un chancre cytosporéen actif

Chez les arbres vivants, les résinoses à la base de l'arbre sont considérées comme le signe d'une carie du pied ou des racines. Sans vouloir trop insister sur ce symptôme, notons que les arbres des aires traitées dans les catégories C, N, S, V et W (addition de K ou CaO) ont montré beaucoup moins de symptômes de cette carie que les arbres dans les aires témoins. D'autre part, les traitements P, F, O, X et Y (addition K_2) ont semblé favoriser l'apparition de cette résinose (tableau 8).

Les dégâts par le dendrochtone de l'épinette (fig. 3) n'étaient probablement pas fréquents lors du relevé de 1962. En moins de 10 ans, cet insecte aurait attaqué plus de 10% des arbres. Dans les aires F, K et W cette proportion dépasse 20%. A mesure que la mortalité augmente la population de cet insecte s'accroît et un plus grand nombre d'arbres sains seront affectés.

Les défauts observés sur le tronc étaient le plus souvent des cimes brisées, têtes en forme de baionnettes, ou des grosses branches arrachées. Ces défauts exposent le bois à l'infection par les champignons de carie du tronc et occasionnent des réductions dans le volume de bois au moment de l'exploitation. Ces défauts sont beaucoup plus nombreux chez les arbres des aires U, V et W (addition de CaO) que chez les témoins mais d'autres facteurs d'ordre physique peuvent être responsables de cette concentration.



Figure 3. Galerie et résinose à la base de l'arbre démontrant le passage du dendroctone de l'épinette, Dendroctonus obesus

Tableau 8. Répartition selon les traitements des symptômes pathologiques sur les arbres vivants affectés en 1972

Trai- tement *	Arbres observés no	Cytospora				Résinose à la base		Dendroch- tone		Défauts sur tronc	
		<u>cicatrisés</u> no	%	<u>actifs</u> no	%	no	%	no	%	no	%
TEMOINS	322	31	9.6	55	17.1	54	16.8	39	12.1	23	7.1
A	90	3	3.3	20	22.2	15	16.7	11	12.2	5	5.5
B	90	8	8.9	9	10.0	11	12.2	12	13.3	2	2.2
C	90	6	6.7	15	16.7	9	10.0	13	14.4	7	7.8
D	90	9	10.0	20	22.2	14	15.6	14	15.6	12	13.3
E	90	8	8.9	24	26.7	16	17.7	7	7.8	10	11.1
F	90	13	14.4	13	14.4	22	24.4	19	21.1	8	8.9
G	90	1	1.1	14	15.6	10	11.1	4	4.4	6	6.7
H	90	12	13.3	11	12.2	10	11.1	11	12.2	3	3.3
I	90	13	14.4	13	14.4	15	16.7	7	7.8	8	8.9
J	90	11	12.2	14	15.5	11	12.2	12	13.3	3	3.3
K	90	9	10.0	15	16.7	16	17.8	22	24.4	5	5.6
L	90	16	17.8	16	17.8	14	15.6	7	7.8	5	5.6
M	90	5	5.6	9	10.0	16	17.8	6	6.7	4	4.4
N	90	12	13.3	12	13.3	6	6.7	6	6.7	7	7.8
O	90	7	7.8	20	22.2	20	22.2	8	8.9	11	12.2
P	90	10	11.1	28	31.1	25	27.7	7	7.8	8	8.9
Q	90	13	14.4	16	17.8	11	12.2	9	10.0	6	6.7
S	58	3	5.1	10	17.2	5	8.6	4	6.9	6	10.3
T	50	1	2.0	5	10.0	6	12.0	1	2.0	2	4.0
U	25	6	24.0	8	32.0	-	-	-	-	7	28.0
V	55	5	9.0	17	30.9	6	10.9	1	1.8	9	16.4
W	25	-	-	2	8.0	2	8.0	5	20.0	5	20.0
X	52	5	9.6	10	19.2	14	26.9	3	5.8	2	3.8
Y	54	3	5.5	12	22.2	15	27.7	2	3.7	2	3.7
Total traités	1859	179	9.7	333	17.9	289	15.5	191	10.3	143	7.7

* voir tableau 1 pour la codification des traitements

5. Les arbres exempts d'anomalie

Pour l'ensemble des 74 places d'étude sous observation, les arbres exempts d'anomalie représentent 34% du total des arbres examinés (tableau 9). Dans les catégories de traitement F et P ils sont très peu nombreux. Dans les catégories de traitement C, H et T le pourcentage d'arbres apparemment sains est le plus élevé mais, même dans ces aires, seulement la moitié des arbres ne présentent aucune anomalie.

Tableau 9. Répartition en nombre et pourcentage des arbres apparemment sains selon les divers traitements

Traitement *	<u>Arbres vivants (1962)</u> nombre	<u>Arbres sains (1972)</u> nombre	%	<u>Arbres vivants (1972)</u> nombre
TEMOINS	322	109	33.8	255
A	90	36	40.0	67
B	90	31	34.4	60
C	90	40	44.4	72
D	90	29	32.2	75
E	90	30	33.3	76
F	90	17	18.9	64
G	90	33	36.7	62
H	90	39	43.3	71
I	90	31	34.4	72
J	90	26	28.9	67
K	90	26	28.9	73
L	90	29	32.2	72
M	90	37	41.1	73
N	90	34	37.8	66
O	90	32	35.6	76
P	90	17	18.9	65
Q	90	30	33.3	68
S	58	21	36.2	42
T	50	27	54.0	41
U	25	9	36.0	23
V	55	22	40.0	51
W	25	9	36.0	18
X	52	13	25.0	36
Y	54	17	31.5	44
Total des traités	1849	635	34.3	1434

* voir tableau 1 pour la codification des traitements

DISCUSSION ET CONCLUSIONS

L'évaluation globale de l'état de santé de l'épinette blanche dans les deux blocs expérimentaux de la plantation montre que le comportement des arbres ne varie pas de façon significative d'un bloc à l'autre du moins en ce qui concerne les symptômes pathologiques observés. Ceci permet de grouper les résultats en fonction des traitements dans les deux blocs pour au moins obtenir une moyenne basée sur l'observation de trois places d'étude ayant subi le même traitement. Même en procédant de cette façon, il est très difficile de relier directement un ou l'autre des phénomènes pathologiques observés à un traitement en particulier.

Si on veut quand même faire ressortir l'essentiel en fonction des traitements, les observations suivantes peuvent être retenues. Dans l'ensemble l'addition d'azote a semblé favoriser la cicatrisation des chancres cytosporéens et limiter quelque peu le nombre de nouvelles attaques. L'addition de K_2 a souvent résulté en une concentration de signes de caries des racines chez les arbres vivants. Pour ne résumer que les extrêmes, notons que le traitement G (22.8 lbs urée) et le traitement T (30 lbs CaO et 20 lbs $MgSO_4$) sont reliés aux places comportant le plus d'arbres sains et où le nombre de chancres cytosporéens est moins élevé; ces chancres semblent aussi se propager moins rapidement. Le traitement V (30 lbs CaO , 22.8 lbs urée et 20 lbs K_2SO_4) pourrait également être retenu comme celui où la présence de la carie des racines est moins

grande chez les arbres vivants ou morts; par contre les défauts dans la cime ont dominé chez cette catégorie de traitement. Le traitement P (20 lbs K_2SO_4 et 20 lbs $MgSO_4$) semble avoir été néfaste vis-à-vis du nombre et de l'augmentation de chancres cytosporéens, et du nombre de caries des racines dans les arbres vivants probablement à cause d'une acidification du sol. Un traitement qui semble avoir favorisé la présence de caries des racines chez les arbres vivants et morts est le traitement X (60 lbs de Dolomie ou pierre à chaux). On doit alors se demander si la remontée du pH fut obtenue à cet endroit. Enfin le traitement E (11.4 lbs d'urée, 10 lbs K_2SO_4 et 20 lbs $MgSO_4$) a semblé favoriser la présence et l'augmentation du nombre de chancres cytosporéens. De toutes ces remarques on ne peut certainement pas imputer directement à un ou l'autre traitement la présence de l'un ou l'autre des symptômes de maladies puisque les mêmes symptômes furent observés chez les témoins. Cependant ces tendances ajoutées à d'autres observations d'ordre sylvicole, dendrométrique ou technologique pourraient guider vers un choix du type de fertilisation à utiliser dans les expériences futures.

Que signifie la présence du P. tomentosus dans cette plantation? Ce champignon de carie des racines, est le plus souvent responsable de la mortalité survenue depuis 10 ans; il affecte également 15% des arbres vivants situés autour des trouées d'arbres morts qui ont commencé souvent chez les arbres supprimés.

Les fructifications du P. tomentosus furent souvent observées chez les arbres intermédiaires et supprimés puisqu'en général les fructifications d'un champignon de carie apparaissent à un stade avancé de la carie et lorsque l'arbre n'est pas encore mort il dépérira rapidement par la suite. A partir de ces premiers centres d'infection, nos résultats montrent que les arbres dominants et supprimés deviennent alors également sensibles tel que mentionné par Whitney (1966). Ce dernier a même démontré que l'inoculum demeure viable dans les racines jusqu'à 16 ans après la coupe de l'arbre (Whitney, 1972). Ces facteurs, ajoutés à de mauvaises techniques de plantation, ont probablement contribué à faire en sorte que P. tomentosus affecte plusieurs plantations à Grand'Mère aussi bien sur les sites pauvres que sur les meilleurs sites (Ouellette, Bard, et Cauchon, 1971). Nos observations dans la plantation sous étude permettent de supposer que l'enracinement primaire fut défectueux à certains endroits et on peut se demander à quel rythme progressera la mortalité déjà observée. D'après d'autres observations (non publiées) dans une plantation d'épinette blanche et d'épinette de Norvège (manure plots) à Grand'Mère et aussi dans un peuplement d'épinette blanche à Vallée Jonction, la mortalité pourrait passer facilement de 22% actuellement à 60% des arbres dans 8 ou 10 ans. Les méfaits de cette carie des racines résident surtout dans la mortalité produite; le volume carié est probablement faible dans la première bille à la base de l'arbre.

Ce qui rend nos prédictions quelque peu pessimistes c'est que le P.tomentosus agit avec encore plus de facilité si d'autres facteurs, tels que le chancre cytosporéen ou le dendroch-tone, viennent affaiblir davantage les arbres voisins. Or les résultats montrent que ces deux facteurs adwerses affectent aussi bien les arbres dominants que les arbres intermédiaires et supprimés. En effet, le Cytospora a progressé à un rythme variant entre 6 et 18% de nouvelles infections et le dendrochtone affecte maintenant 10% des arbres. L'effet combiné du Cytospora et du P.tomentosus aura d'autant plus tendance à produire de la mortalité que la plantation a maintenant passé l'âge de 40 ans et c'est souvent dans ces plantations que les dégâts néfastes sont produits (Whitney, 1962).

Comme le taux de mortalité s'accroît depuis 10 ans, il est possible que présentement la situation ne soit pas mauvaise en passant de 1700 tiges à l'acre à 1200 tiges à l'acre mais les études de croissance permettront de dire si un meilleur accroissement est observé chez les tiges restantes. Considérant la progression de la mortalité il est probable que l'on devra couper d'ici 10 ans si on veut retirer un nombre suffisant de tiges à l'acre puisque déjà le nombre de tiges mortes ou affectées d'une maladie dépasse le nombre d'arbres sains à tous les étages de la plantation.

Est-ce qu'une coupe d'éclaircie pourrait contribuer à augmenter le rendement d'une telle plantation? Avec un aussi grand nombre de fructifications du champignon de carie des racines surtout

dans les aires fertilisées, on doit d'abord se demander si l'inoculum n'ira pas s'installer sur les souches fraîchement coupées pour mieux se propager au moyen de greffes des racines chez les arbres avoisinants. Souvent, l'armillaire couleur de miel (Armillaria mellea (Vah. ex Fr.) succède à P. tomentosus dans les plantations éclaircies. Cette carie est aussi capable de produire la mortalité mais à un rythme moins accéléré. C'est du moins ce qui fut observé dans les places fertilisées organiquement (manure plots) à Grand'Mère.

Enfin doit-on conclure que le territoire demeurera infesté de ce champignon de carie pendant plusieurs années après la coupe? L'inoculum demeure viable pendant plusieurs années en forêt naturelle ou en plantation (Whitney, 1972) mais la mortalité produite atteint un niveau remarquable seulement lorsque la plantation dépasse 40 ans.

La présence de chancres cytosporéens dans les plantations de Grand'Mère remonte à 1943 (Ouellette, Conway et Bard, 1965). Sur des sols favorables à l'épinette blanche, il semble que le recouvrement des arbres affectés soit meilleur. La sécheresse (Lavallée, 1964), l'enracinement superficiel ou la trop grande densité du peuplement (Jorgensen et Cafley, 1961, Paine, 1960) peuvent contribuer aux recrudescences de la maladie remarquées à intervalles assez réguliers au cours des années passées (Ouellette, Conway et Bard, 1965). Quoique des cas de mortalité furent déjà observés,

la présence du chancre revêt une importance surtout comme facteur prédisposant à l'attaque par d'autres pathogènes puisqu'il contribue à affaiblir même les arbres de l'étage dominant.

REFERENCES

- JORGENSEN, E. et J.D. Cafley 1961. Branch and stem cankers of white and Norway spruce in Ontario. For. Chron. 37: 394-404.
- LAVALLEE, A. 1964. A larch canker caused by Leucostoma kunzei (Fr.) Munk ex Kern. Can. J. Bot. 42: 1495-1502.
- LORTIE, Marcel 1968. Quelques défauts indicateurs de carie chez le sapin baumier. Bull. No. 11, 38 p. Fonds de Recherches Forestières de l'Université Laval.
- OUELLETTE, G.B., J.M. Conway et G. Bard 1965. Fréquence et intensité du chancre cytosporéen dans les plantations d'épinette du Québec. For. Chronicle 41(4): 444-453.
- OUELLETTE, G.B., G. Bard et R. Cauchon 1971. Self-strangulation of roots: Points of entry of root rot fungi in the Grand' Mère, white spruce plantations. Phytoprotection 52(3): 119-124.
- PAINE, L.A. 1960. Studies in Forest Pathology, XXII. Nutrient deficiencies and climatic factors causing low volume production and active deterioration in white spruce. Can. Dept. Agr. For. Biol. Div.
- SWAINE, J.M. 1938. Le grand rongeur de l'épinette de l'Est. Circulaire spéciale, 4 p. Div. de l'Entomologie, Min. Fédéral de l'Agriculture.

- WHITNEY, R.D. 1962. Studies in Forest Pathology XXIV. Polyporus tomentosus Fr. as a major factor in stand opening disease of white spruce. Can. J. Bot. 40: 1631-1658.
- WHITNEY, R.D. 1966. Susceptibility of white spruce to Polyporus tomentosus in healthy and diseased stands. Can. J. Bot. 44:1711-1716.
- WHITNEY, R.D. 1972. Root rot in white spruce planted in areas formerly heavily attacked by Polyporus tomentosus in Saskatchewan. Canada Environment, Forestry Service, Bi. Month. Res. Note. 28(4): 24.