



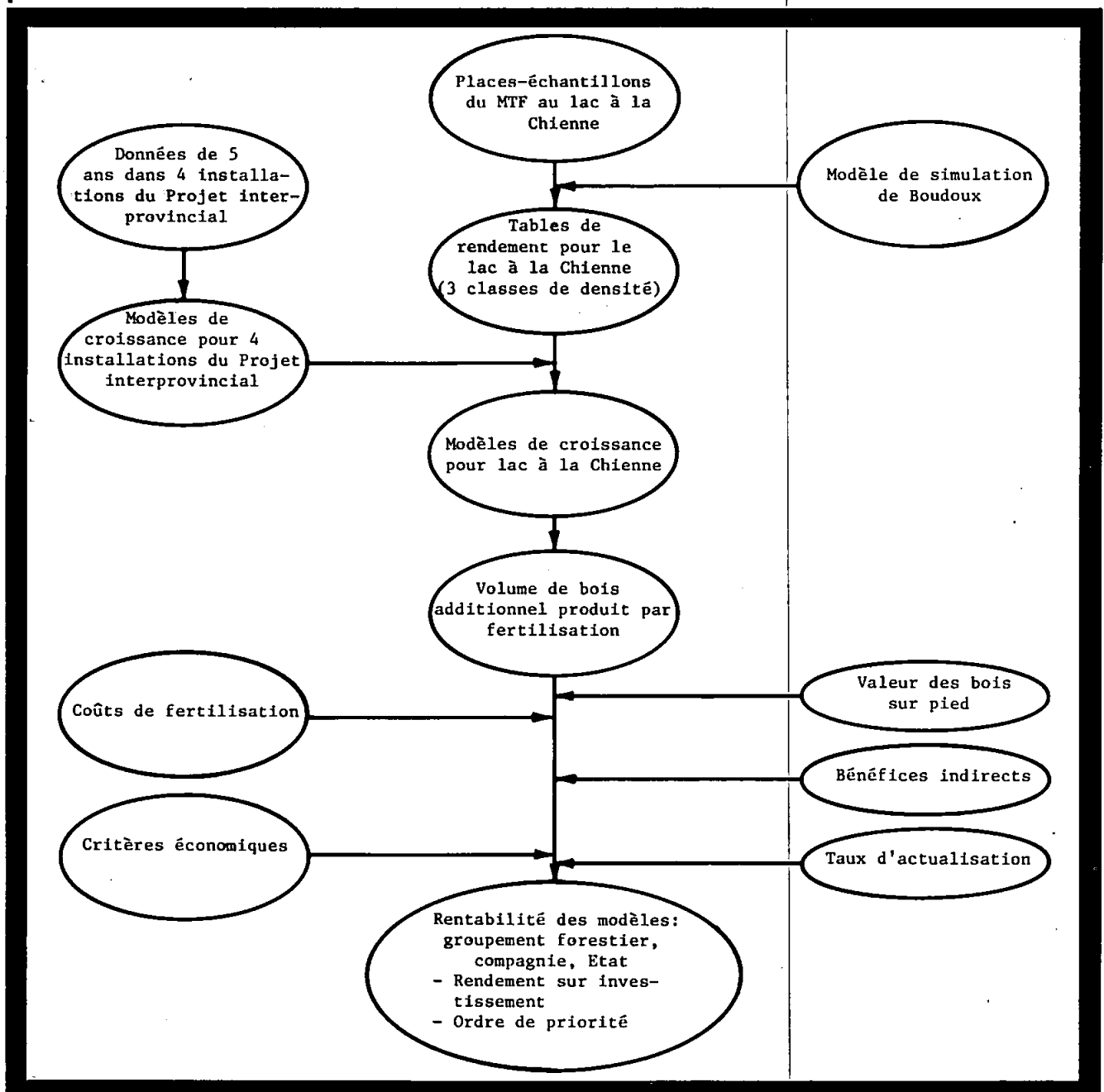
MÉMOIRE N° 35

LA FERTILISATION AÉRIENNE DES FORÊTS UN INVESTISSEMENT RENTABLE ?

Expérience avec le pin gris en Mauricie, Québec

par Jean-Paul Nadeau

O.D.C. 651.75--01(0473)(714) L.C. SD 408 SD 393



JEAN-PAUL NADEAU est bachelier
ès sciences appliquées (foresterie) de
l'université Laval depuis 1963.

Après deux années de travail dans
la région de Roberval pour le ministère
des Terres et Forêts du Québec,
il entreprend en 1965 des études de
deuxième cycle en économie
forestière à l'université Laval.

En 1968, il reçoit une maîtrise en
sciences économiques de l'université
de Syracuse; puis en 1969, il obtient
un doctorat en sciences économiques
(économie forestière) de la même
université. La même année, il entre
au Service des études économiques
du ministère des Terres et Forêts.

Depuis 1970, il est chef de la Division
de recherche en économie forestière
au même Ministère.

LA FERTILISATION AERIENNE DES FORETS:
UN INVESTISSEMENT RENTABLE?

Expérience avec le pin gris dans la Mauricie, Québec

par

JEAN-PAUL NADEAU

MEMOIRE N° 35

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

1977

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

RESUME

Au cours de l'été 1976, une expérience de fertilisation forestière aérienne a été effectuée en Mauricie sur une superficie totale de 315,8 hectares (780.3 acres) de pin gris âgé de 46 ans. Cette étude analyse la rentabilité de ce traitement.

A partir de données d'accroissement périodique de cinq ans dans quatre installations de fertilisation de pin gris en Ontario et au Québec, dans le cadre du projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles, sept hypothèses ou modèles de croissance ont été établis pour les peuplements fertilisés en Mauricie. Trois classes de densité ont été définies à l'intérieur de chaque modèle de croissance.

La rentabilité de la fertilisation a été calculée pour chacun des sept modèles, des points de vue de l'Etat, d'une compagnie et d'un groupement forestier. La rentabilité tient compte d'une part, des bénéfices directs et, d'autre part, des bénéfices indirects. Quelle que soit la densité du peuplement fertilisé, le taux de rendement sur investissement en dollars courants est positif pour l'Etat pour tous les modèles de croissance; le taux varie de 3 à 12 p. 100. Quatre modèles ont un taux supérieur à 8 p. 100, quelle que soit la densité.

Pour une compagnie, la fertilisation rapporte également un taux de rendement supérieur à 8 p. 100, en dollars courants, pour un certain nombre de modèles. Pour ce qui est du groupement forestier, la rentabilité est pratiquement nulle. En effet, en dollars courants, le taux de rendement sur investissement varie de 1 à -26 p. 100 selon la densité et le modèle de croissance.

SUMMARY

During the summer of 1976, an aerial forest fertilization experiment was done in the Mauricie region on a total area of 315,8 ha (780.3 ac) of jack pine, which is 46 year old. This study analyzes the economic profitability of this operation.

On the basis of five-year periodic growth data in four installations of jack pine stands in Ontario and Quebec, within the framework of the interprovincial forest fertilization program, seven growth assumptions or models were established for the Mauricie stands. Three density classes were determined within each model.

The profitability of forest fertilization has been calculated for each of the seven models, and also from the standpoint of Government, a company and a forest grouping. The profitability takes into account direct benefits, and also indirect benefits. Whatever the stand density, the internal rate of return on investment, in current dollars, is positive for Government, for each growth model; the rate ranges from 3 to 12 p. 100. Four models have a rate above 8 p. 100, whatever the density.

For a company, again in current dollars, the rate of return is above 8 p. 100 for a certain number of growth models.

For a forest grouping, the economic feasibility is practically non-existent. Indeed, in current dollars, the rate of return on investment ranges from I to -26 p. 100 depending upon stand density and growth.

REMERCIEMENTS

L'auteur désire remercier M. D. Ménard d'avoir pris soin de l'aspect "ordinateur" de cette analyse, principalement lors du calcul de la valeur du bois sur pied et de l'*output* final. Il remercie également le Dr Gilles Vallée d'avoir prodigué quelques conseils judicieux lors de la définition des modèles de croissance pour l'Ontario.

TABLE DES MATIERES

	page
RESUME	iii
SUMMARY	v
REMERCIEMENTS	vii
TABLE DES MATIERES	ix
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xiii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - LITTERATURE PERTINENTE	3
CHAPITRE II - METHODE ET DONNEES	7
2.1 Cheminement de l'étude	7
2.2 Effet de la fertilisation sur la croissance (modèles)	7
2.3 Aspect économique	8
CHAPITRE III - VOLUME ADDITIONNEL	11
3.1 Résultat de 4 installations de PIFFN	11
3.2 Modèles de croissance (4 installations du PIFFN)	12
3.3 Table de rendement pour les peuplements du lac à la Chienne	17
3.4 Modèles de croissance pour les peuplements du lac à la Chienne	17
CHAPITRE IV - COUTS DE LA FERTILISATION	25

CHAPITRE V - VALEUR DU BOIS SUR PIED	27
5.1 Modèles de calcul	28
5.2 Bénéfices indirects	29
5.3 Données d'entrée	30
5.4 Coûts d'exploitation	31
5.5 Valeurs obtenues	31
 CHAPITRE VI - RESULTATS	 33
6.1 Taux interne de rendement sur investissement	33
6.1.1 Rentabilité pour l'Etat	35
6.1.2 Rentabilité pour une compagnie	35
6.1.3 Rentabilité pour un groupement forestier	36
6.2 Classification des modèles	36
 CONCLUSION	 39
 BIBLIOGRAPHIE	 41
 APPENDICES	 43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		page
1	Accroissement périodique de cinq ans dans quatre installations de fertilisation de pin gris en Ontario et au Québec	13
2	Estimation du volume marchand, entre 47 et 60 ans, selon cinq modèles ou hypothèses de croissance, pour la moyenne des quatre installations de pin gris fertilisé en Ontario et au Québec (PIFFN)	14
3	Modèles de croissance pour les peuplements de pin gris fertilisés au lac à la Chienne en 1976. Volume marchand dans un peuplement de densité faible	18
4	Modèles de croissance pour les peuplements de pin gris fertilisés au lac à la Chienne en 1976. Volume marchand dans un peuplement de densité moyenne	19
5	Modèles de croissance pour les peuplements de pin gris fertilisés au lac à la Chienne. Volume marchand dans un peuplement de densité normale	20
6	Modèles de croissance F et G pour le lac à la Chienne, volume marchand	21
7	Volume marchand additionnel récolté après fertilisation, selon les modèles, lac à la Chienne	24
8	Coût de l'opération de fertilisation au lac à la Chienne. Coût global, coût par unité de poids de fertilisant et coût par unité de surface fertilisée	26
9	Valeurs des bois sur pied en fonction de la densité, de l'âge et de l'exploitant (lac à la Chienne). En dollars par unité de volume	32

Tableau		page
10	Taux interne de rendement sur investissement, en dollars courants et constants, par modèle et classe de densité, des points de vue d'un groupement forestier, d'une compagnie et de l'Etat (valeurs constantes entre parenthèses), lac à la Chienne	34
11	Ordre de priorité ou classement des modèles de croissance en fonction de la rentabilité à partir du critère de la valeur présente nette	37
12	Tables de rendement pour le pin gris, par classe de densité. Volume marchand par unité de surface	44
13	Nombre de tiges marchandes par unité de volume de bois marchand, dans les peuplements de pin gris, lac à la Chienne	45

LISTE DES FIGURES

Figure		page
1	Modèles de croissance pour la moyenne des quatre installations de pin gris fertilisés en Ontario et au Québec	15
2	Diagramme montrant les étapes effectuées dans cette étude de rentabilité	43

INTRODUCTION

Généralités

En Amérique du Nord, l'intérêt pour la fertilisation des forêts s'est constamment accru depuis une vingtaine d'années. Cet intérêt devient de plus en plus justifié à mesure que la rareté économique de matière ligneuse devient réalité. En Colombie-Britannique, la fertilisation des forêts se pratique déjà sur une grande échelle.

Un des principaux facteurs déterminant la position concurrentielle de l'industrie forestière est le coût du bois à l'usine. En partie à cause de la forêt elle-même et de l'accroissement du coût de la main-d'oeuvre, le coût du bois au Canada, excepté en Colombie-Britannique, est maintenant plus élevé que dans le sud des Etats-Unis. Le coût élevé du transport a été l'un des principaux problèmes auxquels l'industrie forestière a eu à faire face depuis plusieurs années (Nadeau, 1974). La fertilisation des forêts peut-elle contribuer à abaisser le coût du bois? Il s'agit d'une question très réaliste dans la conjoncture actuelle difficile. Lorsque la fertilisation est effectuée dans des peuplements productifs à proximité des usines, le coût du bois additionnel, résultant de la fertilisation, peut être inférieur à celui du bois provenant de peuplements éloignés non fertilisés (Bernier et Swan, 1970).

But

Le but de ce rapport est d'analyser la rentabilité économique des travaux de fertilisation aérienne effectués en août 1976 dans les peuplements de pin gris au lac à la Chienne dans le bassin de la Mattawin. A la demande du Groupe de recherches interdisciplinaires de fertilisation forestière (GRIFF), il s'agit dans un premier temps essentiellement d'une étude de cas, en ce sens qu'il est difficile de généraliser à partir des résultats économiques obtenus.

Problématique

La problématique de la fertilisation des forêts au Québec peut se définir dans le cadre d'un déficit ligneux. Ce déficit existe déjà dans cinq des neuf régions du Québec (Bas-St-Laurent - Gaspésie, Québec, Trois-Rivières, Cantons-de-l'Est et Outaouais). Il existe plusieurs façons de combler ce déficit. Ce sont: le reboisement, les traitements sylvicoles dans les zones à proximité des usines, l'exploitation des régions lointaines, etc. Ainsi, la fertilisation des forêts n'est qu'un des moyens pour combler ce déficit et pour accroître la productivité des forêts. Ce moyen ne doit pas être accepté à n'importe quel prix et dans n'importe quelles conditions. Il s'agit donc de définir dans quelles conditions la fertilisation est avantageuse et nécessaire. La présente étude, même si elle ne présente pour l'instant que des résultats préliminaires, et ceci pour un cas précis, constitue quand même un point de départ.

CHAPITRE I

LITTERATURE PERTINENTE

Au cours de l'été 1976, un dossier sur la littérature pertinente à la fertilisation a été constitué par un étudiant, M. Roland Villeneuve.

Jusqu'à maintenant, peu d'études économiques ont été effectuées dans le domaine de la fertilisation des forêts, probablement à cause d'un manque d'informations précises et complètes sur l'effet de la fertilisation sur la croissance des peuplements traités.

Selon Haley (1966), le rendement économique de la fertilisation peut s'exprimer de la façon suivante:

A- Cas d'une seule révolution:

$$R = \frac{YF}{(1+i)^{rf}} - \frac{Y_0}{(1+i)^{r_0}} + \frac{a [(1+i)^{r_0-rf} - 1]}{i (1+i)^{r_0}}$$

B- Cas de plusieurs révolutions:

$$R = \frac{YF}{(1+i)^{rf} - 1} - \frac{Y_0}{(1+i)^{r_0} - 1}$$

où

- R = valeur présente du rendement financier total de la fertilisation;
- YF = valeur nette de la récolte finale avec fertilisation;
- Y_0 = valeur nette de la récolte finale sans fertilisation;
- rf = nombre d'années correspondant à la révolution financière avec fertilisation;
- r_0 = nombre d'années correspondant à la révolution financière sans fertilisation;
- a = rente annuelle maximale;
- i = taux d'escompte exprimé en décimale.

Selon Haley, la fertilisation est rentable lorsque la valeur capitalisée du coût total de la fertilisation est inférieure ou égale à la valeur capitalisée du rendement financier R .

Selon Bernier et Swan (1970), "la production nette de bois résultant de la fertilisation coûte de \$3.00 à \$5.00 le cunit, à la souche, pour autant qu'on ait au préalable procédé à un choix judicieux des peuplements à traiter". ... "les coûts de fertilisation équivalent environ aux frais de transport du bois sur une distance de 50 milles".*

* 1 cunit = 100 pi^3 solides = 2,83 m³ solides
1 corde = 85 pi^3 apparents = 8,96 m³ apparents
1 mille = 1,604 km

Tucker a effectué en 1974 une étude assez intéressante de la rentabilité de la fertilisation de peuplements de pin gris en Ontario.

Ses principales conclusions sont les suivantes:

- 1- S'il n'y a pas de déficit ligneux, le seul avantage de la fertilisation consiste en une réduction des coûts d'exploitation, ce qui n'est pas suffisant pour compenser le coût du traitement;
- 2- S'il y a déficit ligneux, la quantité additionnelle de bois produit par la fertilisation possède une valeur. Pour l'industrie, cette valeur, qui représente un "surplus de conversion", s'élève à environ \$27 par corde. Pour la Province, il s'agit d'une valeur ajoutée par la transformation et qui représente environ \$47 par corde;
- 3- Si le volume ligneux additionnel a une valeur, un certain nombre de traitements semblent économiquement intéressants.

En 1976, Gagnon, Conway et Swan ont analysé la rentabilité d'une fertilisation aérienne des plantations d'épinette blanche à Grand-Mère. Selon ces auteurs, les traitements avec 224 kg /ha (200 lb/ac) et 112 kg/ha (100 lb/ac) de sulfate de potasse se sont avérés les plus rentables puisqu'ils pouvaient produire un surplus de bois au coût de \$6.72 et \$7.47 le cunit à la souche.

CHAPITRE II

METHODE ET DONNEES

2.1 CHEMINEMENT DE L'ETUDE

Les diverses étapes méthodologiques effectuées dans cette étude de rentabilité sont résumées sous forme d'un diagramme présenté en Appendice A (figure 2).

2.2 EFFET DE LA FERTILISATION SUR LA CROISSANCE (MODELES)

L'analyse économique de la fertilisation consiste essentiellement à comparer le coût de la fertilisation à la valeur monétaire du volume ligneux additionnel. Il est donc nécessaire de connaître l'effet de la fertilisation sur la croissance des peuplements. De plus, la fertilisation des peuplements de pin gris au lac à la Chienne dans le bassin de la Mattawin n'ayant été effectuée que cette année, il est évident qu'il faut se contenter d'un estimé du volume ligneux additionnel qui résultera de cette fertilisation.

Les résultats disponibles dans le cadre du Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles - PIFFN (Weetman, Krause et Koller, 1976) semblent le meilleur point de départ. Il s'agit de données d'accroissement périodique de cinq ans dans quatre installations de fertilisation de pin gris en Ontario et au Québec.

A partir de la moyenne de ces quatre installations dont l'âge moyen est de 47 ans, cinq hypothèses ou modèles de croissance (A, B, C, D, E) ont été dérivées pour une période allant de 47 à 60 ans. Ces modèles de croissance ont ensuite été appliqués au Québec, c'est-à-dire à des données de rendement obtenues par simulation à partir des places-échantillons établies par le Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts dans l'aire fertilisée (R. Doucet, communication personnelle). Finalement, j'ai développé deux autres modèles de croissance (F et G) pour le Québec.

2.3 ASPECT ECONOMIQUE

Le principe général à la base de cette analyse économique est l'approche marginale qui consiste à comparer le coût additionnel de la fertilisation (coût marginal) à la valeur de la récolte additionnelle de volume marchand (revenu marginal).

Les coûts de la fertilisation effectuée au lac à la Chienne sont disponibles et, après ajustement, sont utilisés dans cette analyse.

La rentabilité directe de la fertilisation est obtenue en considérant la valeur économique réelle du bois sur pied pour une

compagnie et un groupement forestier. Cette valeur tient compte du système d'exploitation utilisé par la Compagnie Consolidated-Bathurst Limitée à cet endroit; elle a été calculée à partir, d'une part, d'une étude des systèmes et coûts d'exploitation au Québec (Lussier et Godbout, 1974) et, d'autre part, des données fournies par la Compagnie Consolidated-Bathurst Limitée sur les coûts d'exploitation dans la région fertilisée. L'utilisation prévue est celle de la pâte.

Les bénéfices indirects sont également considérés dans cette étude. Il s'agit des revenus fiscaux résultant de l'exploitation et de la transformation du bois additionnel obtenu à la suite de la fertilisation. Les redevances fiscales comprennent l'impôt sur le revenu personnel, l'impôt sur les bénéfices des entreprises, les taxes indirectes, de vente et d'achat et les contributions parafiscales à l'assurance-chômage, au régime d'assurance-maladie, au régime des rentes et à la Commission des accidents du travail. Dans le secteur forestier, les redevances fiscales et parafiscales sont estimées à \$0.10 pour chaque dollar de vente.

Les deux modèles économiques utilisés dans cette étude de rentabilité s'expriment mathématiquement de la façon suivante:

$$TIR = \sqrt[pf]{\frac{VRA}{IF_0}} - 1$$

$$VPN_0 = \frac{VRA (1 + TIR)^{hm-r}}{(1 + i)^{hm-af}}$$

où

- TIR = taux interne de rendement sur investissement;
- VRA = valeur du volume additionnel récolté à la fin de la révolution;
- IF_0 = investissement initial ou coût de la fertilisation à la période 0;
- pf = nombre d'années entre la fertilisation et la récolte finale;
- VPN_0 = valeur présente nette;
- hm = durée maximale des projets de fertilisation;
- r = nombre d'années de la révolution;
- i = taux d'actualisation ou coût d'opportunité du capital en décimale;
- af = année de la fertilisation
i.e. $pf = r - af$.

CHAPITRE III

VOLUME ADDITIONNEL

3.1 RESULTAT DE 4 INSTALLATIONS DU PIFPN

Quel sera le volume marchand additionnel de bois produit à la suite de la fertilisation des peuplements de pin gris au lac à la Chienne? La réaction des peuplements est hypothétique en grande partie et il faut l'ESTIMER à partir des résultats fragmentaires disponibles pour d'autres peuplements de pin gris.

Dans le cadre du Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles, quatre installations de fertilisation à l'urée dans des peuplements de pin gris ont été réalisées en Ontario et au Québec. Les trois installations ontariennes l'ont été dans des peuplements âgées de 56, 48 et 45 ans respectivement, et dont la classe de fertilité est de 48, 58 et 60.* Au Québec, l'installation a été faite dans un peuplement de 40 ans dont la classe de fertilité est de 42. Pour ces quatre installations, dans un des traitements, l'azote est appliqué à raison de 112,1 kg/ha (100 lb/ac), c'est-à-dire 246,6 kg/ha d'urée

* PLONSKI, 1960.

(220 lb/ac). Le tableau 1 résume les résultats obtenus dans ces installations après 5 ans. L'application de 112,1 kg/ha d'azote (100 lb/ac) a produit un volume marchand additionnel moyen de 7,3 m³/ha (105 pi³/ac) en 5 ans.

3.2 MODELES DE CROISSANCE (4 INSTALLATIONS DU PIFFN)

Sachant d'une part, d'après l'expérience suédoise, que la durée de la réaction à la fertilisation peut s'échelonner sur une période de 7 à 10 ans, et d'autre part, que l'âge moyen des quatre installations est de 47 ans, on peut estimer le comportement de ces peuplements (moyenne des installations) entre 47 et 60 ans selon 5 hypothèses de croissance. On suppose ici que les peuplements fertilisés seront récoltés à 57 ans ou à 60 ans.

Le tableau 2 présente 5 hypothèses ou modèles de croissance suite à la fertilisation, pour la moyenne des quatre installations mentionnées précédemment (voir figure 1). Le tableau 2 présente également un estimé du volume marchand anticipé dans le peuplement non fertilisé.

Le modèle A repose sur l'hypothèse optimiste que, d'une part, l'accroissement additionnel de 7,3 m³/ha (105 pi³/ac) en volume marchand obtenu durant les 5 premières années (c'est-à-dire entre 47 et 52 ans) se répètera entre 52 et 57 ans, et d'autre part, que l'accroissement annuel moyen obtenu à 57 ans se continuera jusqu'à 60 ans. En d'autres mots:

$$162,4 + (21,1 + 7,3) + (21,1 + 7,3) + 3 \frac{(219,2)}{57}$$

$$= 230,74 \text{ m}^3/\text{ha} \text{ (3298 pi}^3/\text{ac)}$$

Tableau 1 - Accroissement périodique de cinq ans dans quatre installations de fertilisation de pin gris en Ontario et au Québec.¹

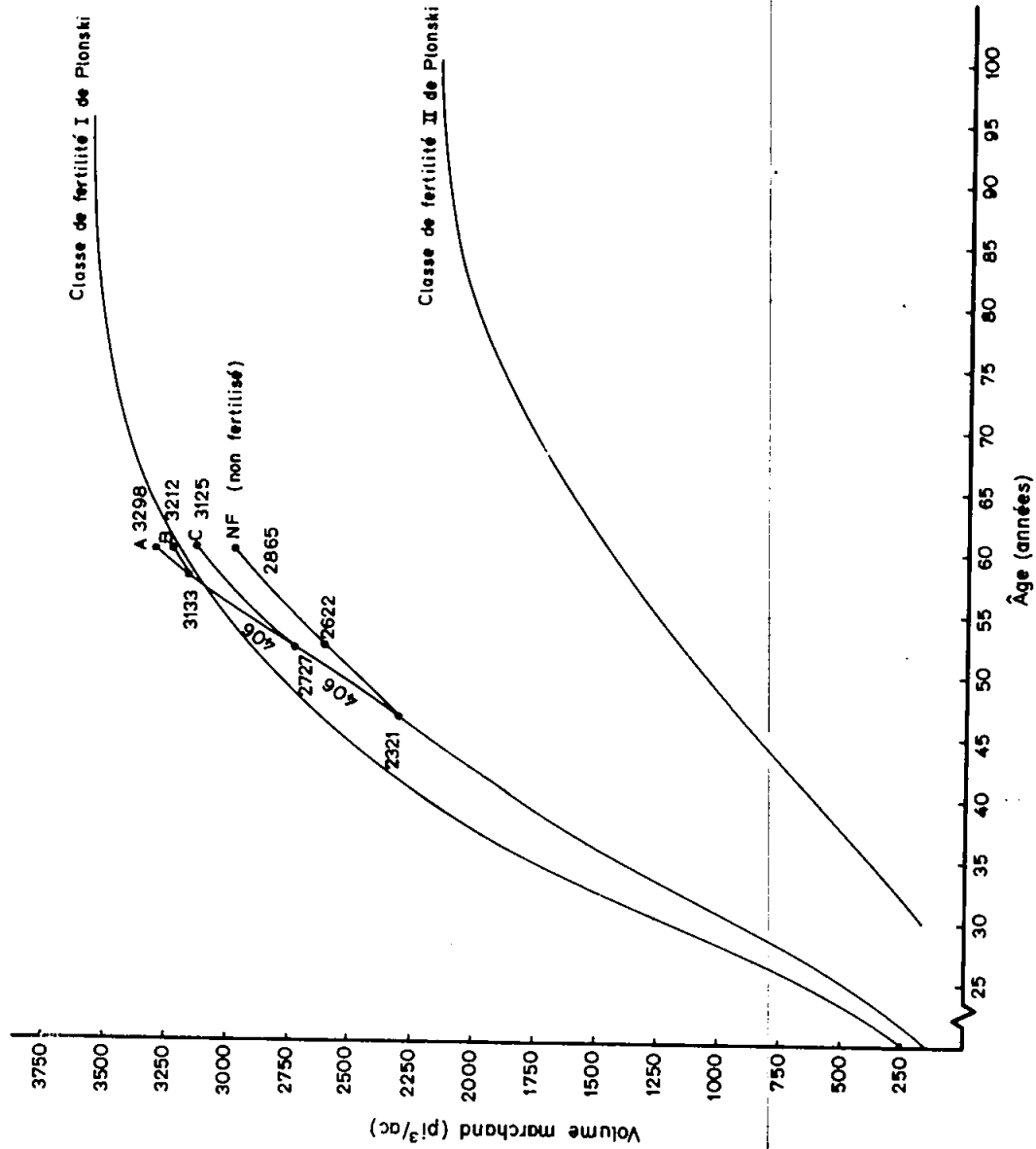
Installations	Paramètre du peuplement	Peuplement non traité			Réaction à la fertilisation d'urée; 112,1 kg/ha (100 lb/ac) d'azote
		Au début	5 ans	Accroissement	
Québec 40	Volume marchand en m ³ /ha et en pi ³ /ac	150,7 2154	178,5 2551	27,8 397	4,4 63
Ontario 3	"	137,1 1959	154 2208	17,4 249	8,0 115
Ontario 4	"	186 2652	204 2910	18,1 258	7,1 102
Ontario 5	"	213,3 3048	234,9 3357	21,6 309	10,9 156
Moyenne des 4 installations de pin gris	"	162,4 2321	183,5 2622	21,1 301	7,3 105

¹ Source: Données de: WEETMAN, G.F., H.H. KRAUSE et E. KOLLER, 1976. *op. cit.*, tableau 5, p. 22-23.

Tableau 2 - Estimation du volume marchand en fonction de l'âge, entre 47 et 60 ans, selon cinq modèles ou hypothèses de croissance, pour la moyenne des quatre installations de pin gris fertilisé en Ontario et au Québec (PIFFN).

Age	Modèle A		Modèle B		Modèle C		Modèle D		Modèle E		Peuplement non fertilisé	
	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ha	m ³ /ha	pi ³ /ha
46	162,4	2321	162,4	2321	162,4	2321	162,4	2321	162,4	2321	162,4	2321
51	190,8	2727	190,8	2727	190,8	2727	190,8	2735	190,8	2735	183,5	2622
56	219,2	3133	219,2	3133	210,6	3010	219,2	3133	210,6	3010	200,5	2865
60	230,7	3298	224,8	3212	218,7	3125					209,6	2995
Δ volume marchand	21,2	303	15,2	217	9,1	130	18,8	268	10,1	145	-	-
% Δ volume marchand	10,12		7,25		4,34		9,35		5,06		-	

Figure 1 — Modèles de croissance pour la moyenne des quatre installations de pins gris fertilisé en Ontario et au Québec



1 m³/ha = 14,2913 pi³/ac

où

162,4 = volume marchand du peuplement non fertilisé, en m^3/ha à l'âge de 47 ans.

21,1 = accroissement périodique de cinq ans (volume marchand obtenu dans le peuplement fertilisé, entre 47 et 52 ans).

219,2 = accroissement annuel moyen du peuplement fertilisé, en m^3/ha à 57 ans.

230,74 = volume marchand du peuplement fertilisé, en m^3/ha à 60 ans.

Le modèle B repose sur l'hypothèse que l'accroissement additionnel de $7,3 m^3/ha$ ($105 pi^3/ac$) obtenu durant les 5 premières années se répètera entre 52 et 57 ans et qu'à partir de 57 ans, la courbe se déplacera normalement (hypothèse moyenne). Ainsi, on aura:

$$162,4 + (21,1 + 7,3) + (21,1 + 7,3) + 5,5 \\ = 224,7 m^3/ha (3212 pi^3/ac)$$

Selon le modèle C, après 52 ans, la courbe se déplacera parallèlement à celle du peuplement non fertilisé. On aura donc:

$$162,4 + (21,1 + 7,3) + 27,3 = 218,1 m^3/ha (3125 pi^3/ac)$$

Il s'agit en fait d'une hypothèse pessimiste.

Le modèle D est le même que le modèle A, sauf que la récolte est effectuée à 57 ans. Finalement, le modèle E est identique au modèle C, à l'exception de l'âge de révolution qui est fixé à 57 ans au lieu de 60 ans.

Pour chacun des modèles A, B, C, D et E, j'ai calculé le volume marchand additionnel ainsi que le pourcentage d'accroissement

du volume marchand résultant de la fertilisation dans les quatre installations. Ces modèles seront appliqués ci-après aux peuplements de pin gris du lac à la Chienne, afin d'évaluer la rentabilité de la fertilisation effectuée à cet endroit.

3.3 TABLES DE RENDEMENT POUR LE LAC A LA CHIENNE

En 1970, 12 places-échantillons ont été établies par le Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts dans des peuplements de pin gris de 40 ans au lac à la Chienne. Les données de ces places-échantillons ont été regroupées en trois classes de densité: faible, moyenne et normale. A partir de ces données, les tables de rendement pour les peuplements de pin gris fertilisé au lac à la Chienne ont été simulées à partir du modèle de simulation de Boudoux (1976). Ce modèle consiste en des équations de régression obtenues à partir des données d'inventaire du pin gris au Québec. La table de rendement obtenue pour chaque classe de densité apparaît au tableau 12 en appendice B. Ces données sont conservatrices si on les compare à celle de Plonski (1960) en Ontario.

3.4 MODELES DE CROISSANCE POUR LE LAC A LA CHIENNE

Les tableaux 3, 4 et 5 présentent les modèles de croissance A, B, C, D et E pour les peuplements de pin gris fertilisé du lac à la Chienne. Ils sont dérivés de modèles établis pour les quatre installations de pin gris mentionnées ci-dessus.

Les modèles A, B, C, D et E établis pour les peuplements de pin gris du lac à la Chienne tiennent compte de la densité. L'âge des peuplements fertilisés au lac à la Chienne est de 46 ans.

Tableau 3 - Modèles de croissance pour les peuplements de pin gris fertilisé au lac à la Chienne en 1976. Volume marchand dans un peuplement de DENSITÉ FAIBLE.

Age	Modèle A	Modèle B	Modèle C	Modèle D	Modèle E	Peuplement non fertilisé
	$m^3/ha \text{ pi}^3/ac$	$m^3/ha \text{ pi}^3/ac$	$m^3/ha \text{ pi}^3/ac$	$m^3/ha \text{ pi}^3/ac$	$m^3/ha \text{ pi}^3/ac$	$m^3/ha \text{ pi}^3/ac$
46	68,1 973	68,1 973	68,1 973	68,1 973	68,1 973	68,1 973
51						81,5 1164
56				103,8 1482.8	99,7 1423.6	94,9 1356
60	116,4 1662.8	113,3 1619.5	110,2 1575.5			105,6 1510
% Δ volume marchand	10,12	7,25	4,34	9,35	5,06	-
Δ volume marchand	10,7 152.8	7,7 109.5	4,6 65.5	8,9 126.8	4,8 68.6	-

Tableau 4 - Modèles de croissance pour les peuplements de pin gris fertilisé au lac à la Chienne en 1976: Volume marchand dans un peuplement de DENSITE MOYENNE.

Age	Modèle A	Modèle B	Modèle C	Modèle D	Modèle E	Peuplement non fertilisé
46	m ³ /ha pi ³ /ac 88,8 1270	m ³ /ha pi ³ /ac 88,8 1270	m ³ /ha pi ³ /ac 88,8 1270	m ³ /ha pi ³ /ac 88,8 1270	m ³ /ha pi ³ /ac 88,8 1270	m ³ /ha pi ³ /ac 88,8 1270
51						104,0 1486
56						119,5 1708
60	145,5 2079.1	141,7 2024.9	137,8 1969.9	130.7 1867.7	125.6 1794.4	132,1 1888
% Δ volume marchand	10,12	7,25	4,34	9,35	5,06	-
Δ volume marchand	13,4 191.1	9,6 136.9	5,7 81.9	11,1 159.0	6,0 86.4	-

Tableau 5 - Modèles de croissance pour les peuplements de pin gris fertilisé au lac à la Chienne. Volume marchand dans un peuplement de DENSITE NORMALE.

Âge	Modèle A	Modèle B	Modèle C	Modèle D	Modèle E	Peuplement non fertilisé
	$m^3/ha \quad pi^3/ac$	$m^3/ha \quad pi^3/ac$	$m^3/ha \quad pi^3/ac$	$m^3/ha \quad pi^3/ac$	$m^3/ha \quad pi^3/ac$	$m^3/ha \quad pi^3/ac$
46	100,9 1442	100,9 1442	100,9 1442	100,9 1442	100,9 1442	100,9 1442
51						116,5 1665
56				144,7 2067.8	139,0 1986.7	132,3 1891
60	159,8 2283.9	155,6 2224.4	151,4 2164.0			145,1 2074
% Δ volume marchand	10,12	7,25	4,34	9,35	5,06	-
Δ volume marchand	14,7 209.9	10,5 150.4	6,3 90.0	12,4 176.8	6,7 95.7	-

Tableau 6 - Modèles de croissance F et G pour le lac à la Chienne
(volume marchand).

Densité	Age	Modèle F		Modèle G		Peuplement non fertilisé	
		m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac
F A I B L E	46	68,1	973	68,1	973	68,1	973
	51	86,1	1230.9	86,1	1230.9	81,4	1164
	56	104,3	1490.1	104,3	1490.1	94,9	1356
	60			111.8	1596.5	105,7	1510
	Δ volume marchand	9,4	134	6,1	86.5		0.4
	% Δ volume marchand	9,88		5,73			
M O Y E N N E	46	88,9	1270	88,9	1270	88,9	1270
	51	109,3	1561.6	109,3	1561.6	104,0	1486
	56	130,2	1861.3	130,2	1861.3	119,5	1708
	60			139,5	1994.3	132,1	1888
	Δ volume marchand	10,7	153.3	7,4	106.3		
	% Δ volume marchand	8,98		5,63			
N O R M A L E	46	100,9	1442	100,9	1442	100,9	1462
	51	122,0	1743.1	122,0	1743.1	116,5	1665
	56	143,3	2048.2	143,3	2048.2	132,3	1891
	60			153,6	2194.5	145,1	2074
	Δ volume marchand	11,0	157.2	8,4	120.5		
	% Δ volume marchand	8,31		5,81			

Finalement, deux autres modèles (F et G) ont été établis pour le lac à la Chienne, tout en utilisant les résultats fragmentaires de cinq ans dans quatre installations du PIFFN (tableau 6). Les expressions mathématiques suivantes ont été utilisées pour bâtir ces modèles:

$$VM_{51} = VM_{46} + AC_{SF} + \Delta AC_F$$

$$VM_{56} = VM_{51} + AC_{SF} + \Delta AC_F$$

$$VM_{60} = VM_{56} + \frac{VM_{56}}{\hat{\text{âge}}} \times 4$$

où

VM_{46} = volume marchand à 46 ans

VM_{51} = volume marchand à 51 ans

VM_{56} = volume marchand à 56 ans

VM_{60} = volume marchand à 60 ans

AC_{SF} = accroissement courant en volume marchand sans fertilisation

AC_F = accroissement courant en volume marchand avec fertilisation

Ainsi, pour le modèle F dans les peuplements de densité faible, on aura:

$$VM_{46} = 68,1 \text{ m}^3/\text{ha} (973 \text{ pi}^3/\text{ac})$$

$$\begin{aligned} VM_{51} &= 68,1 + (81,5 - 68,1) + [(81,5 - 68,1) \times 35 \text{ p.100}] \\ &= 86,2 \text{ m}^3/\text{ha} (1230,9 \text{ pi}^3/\text{ac}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VM_{56} &= 86,1 + (94,9 - 81,5) + [(94,9 - 81,5) \times 35 \text{ p. 100}] \\ &= 104,3 \text{ m}^3/\text{ha} (14,90 \text{ pi}^3/\text{ac}) \end{aligned}$$

Le taux de 35 p. 100 est le taux d'augmentation de l'accroissement courant obtenu par la fertilisation dans la moyenne des quatre installations, c'est-à-dire:

$$\frac{7.3}{21.1} \times 100 = 35 \text{ p. } 100$$

Le modèle G est semblable au modèle F, sauf que la période de révolution est de 60 ans au lieu de 56 ans; de plus, on suppose que l'accroissement annuel moyen à 56 ans se continuera jusqu'à 60 ans.

Le tableau 7 présente, en résumé, pour chaque modèle et par classe de densité, la prévision du volume marchand additionnel à récolter après fertilisation dans les peuplements de pin gris au lac à la Chienne. Ce volume peut varier de 4,6 m³/ha (65.5 pi³/ac) à 10,7 m³/ha (152.8 pi³/ac) dans les peuplements peu denses, de 5,7 m³/ha (81.9 pi³/ac) à 13,4 m³/ha (191.1 pi³/ac) dans les peuplements à densité moyenne, et de 6,3 m³/ha (90.0 pi³/ac) à 14,7 m³/ha (209.3 pi³/ac) dans les peuplements à densité normale.

Tableau 7 - Volume marchand additionnel récolté après fertilisation, selon les modèles, lac à la Chienne.

Modèle de croissance	Age de révolution en années	Volume additionnel					
		Densité faible		Densité moyenne		Densité normale	
		m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac
A	60	10,7	152.8	13,4	191.1	14,7	209.3
B	60	7,7	109.5	9,6	136.9	10,5	150.4
C	60	4,6	65.5	5,7	81.9	6,3	90.0
D	56	8,9	126.8	11,1	159.0	12,4	176.8
E	56	4,8	68.6	6,0	86.4	6,7	95.7
F	56	9,4	134	10,7	153.3	11,0	157.2
G	60	6,1	86.5	7,4	106.3	8,4	120.5

CHAPITRE IV

COÛTS DE LA FERTILISATION

Le résumé des coûts de l'opération de fertilisation effectuée au lac à la Chienne sur une superficie de 315,8 ha (780.3 ac) de plantations de pin gris apparaît au tableau 8. Environ 78 050 kg (172 070.6 lb) de fertilisant ont été utilisés. Les coûts non ajustés sont les déboursés réels effectués au cours de la fertilisation; ils reposent sur l'hypothèse que les coûts de construction de la piste, de matériel et de surveillance ne sont répartis que sur une année et sur une superficie de 315,8 ha (780.3 ac). Ceci n'est pas conforme à la réalité, si l'on considère par exemple que, dans l'Ouest canadien, les pistes sont généralement utilisées durant trois ans et qu'on fertilise en moyenne 688 ha (1700 ac) par année à partir d'une même piste. Les coûts ajustés au tableau 8 tiennent compte de ce facteur et sont par conséquent plus réalistes que les coûts non ajustés. Les calculs économiques ont donc été effectués avec une valeur de \$76.38/ha (\$30.86/ac) au lieu de \$88.91/ha (\$35.92/ac).

Tableau 8 - Coût de l'opération de fertilisation au lac à la Chienne.
 Coût global, coût par unité de poids de fertilisant et coût par unité de surface fertilisée. Valeurs non ajustées et ajustées.

Catégorie de coûts	Coût global de l'opération		Coût par unité de poids de fertilisant				Coût par unité de surface fertilisée				
	Non ajusté	Ajusté	Non ajusté	Ajusté	Non ajusté	Ajusté	Non ajusté	Ajusté	Non ajusté	Ajusté	
	\$	\$	\$/kg	\$/lb	\$/kg	\$/lb	\$/ha	\$/ac	\$/ha	\$/ac	%
Achat d'urée (\$180.00/tonne anglaise) et transport f.a.b. Saint-Tite	15480	15480	.199	.090	.199	.090	49.08	19.83	49.08	19.83	64.3
Manutention et transport par camion de Saint-Tite à la piste, 113 kilomètres (70 milles)	1863	1863	.024	.011	.024	.011	5.92	2.39	5.92	2.39	7.7
Application aérienne	5460	5460	.071	.032	.071	.032	17.30	6.99	17.30	6.99	22.7
Construction de la piste	3242	1081	.042	.019	.013	.006	10.27	4.15	1.61	0.65	2.1
Matériel	1000	700	.013	.006	.009	.004	3.17	1.28	1.01	0.41	1.3
Surveillance, divers	1000	1000	.013	.006	.013	.006	3.17	1.28	1.46	0.59	1.9
TOTAL	28045	25584	.362	.164	.329	.149	88.91	35.92	76.38	30.86	100.0

Source: Les chiffres non ajustés ont été fournis par J.-M. Veilleux, communication personnelle.

CHAPITRE V

VALEUR DU BOIS SUR PIED

L'analyse de la rentabilité de la fertilisation nécessite qu'on attribue une valeur monétaire au volume additionnel récolté afin de la comparer au coût de la fertilisation. La rentabilité directe, c'est-à-dire au niveau d'un groupement forestier ou d'une compagnie privée, est obtenue en comparant le coût de la fertilisation à la valeur sur pied de la quantité additionnelle de bois produit par la fertilisation. Cette valeur sur pied est une valeur économique réelle qui tient compte d'un grand nombre de facteurs liés au milieu, à la nature du produit, aux coûts d'exploitation et au prix de vente du produit. De façon générale, la valeur du bois sur pied est la valeur résiduelle obtenue en soustrayant du prix de vente du produit, les coûts de production (y compris la dépréciation) et une marge de profit et de risque (y compris les coûts de capital). C'est-à-dire:

$$V.S.P. = P - C - M$$

où

$V.S.P.$ = valeur du bois sur pied

P = prix de vente du produit

C = coût de production à un point donné

M = marge de profit et de risque

Globalement, la méthode de calcul de la valeur des bois sur pied est celle de Davis (1966) telle qu'appliquée au Québec par Cloutier *et al.* (1972), Musnier (1976) et Ménard (1976).

5.1 MODELES DE CALCUL

Les modèles retenus pour le calcul de la valeur sur pied sont les suivants:

(1) Groupement forestier : $V.S.P. = PV - CEX$

(2) Compagnie³ : $V.S.P. = PRE - CEX = 1,29 PV - CEX$

(3) Etat : $V.S.P. = PRE \times 1,106016 - CEX$

où

$V.S.P.$ = valeur du bois marchand sur pied en dollars par mètre cube (*cunit*);

PV = prix de vente au marché f.a.b. usine (nette de la marge de profit et de risque);

CEX = coûts d'exploitation;

PRE = prix de revient du bois rond après exploitation (net de la marge de profit et de risque).

Dans la présente étude, le calcul de la valeur sur pied tient compte de l'âge du peuplement de façon à avoir une valeur la plus

³ Le prix de revient du bois rond de la Compagnie, après exploitation, est de 29% supérieur au prix du marché.

réaliste possible. Ainsi par exemple, dans le cas d'une compagnie, l'équation 2 présentée ci-dessus peut également s'exprimer de la façon suivante:

$$V.S.P.(t) = \frac{\text{Volume}(t) \times (V.S.P. + CEX) - \text{Volume}(t) \times CEX(t)}{\text{Volume}(t)}$$

où

- $V.S.P.(t)$ = valeur sur pied à l'âge t ;
- $\text{Volume}(t)$ = volume récolté à l'âge t ;
- $V.S.P.$ = valeur sur pied, moyenne provinciale telle que calculée par Cloutier *et al.* (1972);
- CEX = coût d'exploitation, moyenne provinciale;
- $CEX(t)$ = coût d'exploitation pour la région à l'âge t .

Dans le cas de l'Etat, le calcul de la valeur sur pied tient compte des bénéfices indirects dus à la fiscalité et à la parafiscalité.

5.2 BENEFICES INDIRECTS

L'Etat retire des bénéfices indirects au niveau de l'exploitation et du transport du bois rond. Le revenu indirect de l'Etat par dollar de prix de vente à l'usine a été estimé par Ricard *et al.* (1975). Ce pourcentage est obtenu de la façon suivante:

Redevances fiscales directes et indirectes (avec effet multiplicateur)	-	Droits de coupe et redevances	=	
17.2694%	-	6.6678%	=	10.6016%

Ce pourcentage de 10.6016% signifie que chaque fois qu'il s'effectue une vente d'un dollar de bois à pâte, billes, billots et autres bois non usinés, un montant net de \$0.106016 revient à l'Etat sous forme de redevances fiscales directes et indirectes.

Ce pourcentage s'applique au prix de la compagnie après impôts sur les bénéfices de transformation.

5.3 DONNEES D'ENTREE

Les diverses caractéristiques ou données d'entrée utilisées dans le calcul de la valeur des bois sur pied pour le lac à la Chienne sont les suivantes:

a) Caractéristiques physiques

- essence : pin gris
- qualité de station : 2 (entre 14 et 17 mètres de hauteur à 50 ans, Plonski)
- nature du terrain : till mince
- type de pente : 15-30 p. 100
- utilisation : pâte

b) Caractéristiques techniques

- proportion des routes par classe :
 - 1- 12 p. 100
 - 2- 30 p. 100
 - 3- 58 p. 100
- espacement entre les routes : 0,902 km (0.5606 mi)
- charge: 34 m³ (12 *cunits*)
- distance de transport:
 - camion 16,09 km (10 mi)
 - train 0,0 km (0 mi)
 - eau 96,54 km (60 mi)

c) Caractéristiques économiques

- frais fixes: \$0.48/m³ (\$1.35/*cunit*)
- taux de bénéfices marginaux: 25 p. 100
- salaires:
 - direct \$5.90/heure
 - indirect \$5.90/heure
 - mécanicien \$6.45/heure
- coûts des routes de classe
 - 1- \$13 972/km (\$22 500/mi)
 - 2- \$ 7 762/km (\$12 500/mi)
 - 3- \$ 2 173/km (\$ 3 500/mi)
- prix de vente f.a.b. usine : \$17.70/m³ (\$50.12/*cunit*)

Le système d'exploitation à cet endroit comprend: l'abattage et l'ébranchage manuels, le tronçonnage et le débardage mécanisés et le transport par camion en longueurs de 2,4 m (8 pi).

5.4 COÛTS D'EXPLOITATION

Le calcul des coûts d'exploitation utilisés dans la détermination de la valeur des bois sur pied a été effectué à partir d'un modèle développé par Lussier et Godbout (1974). Ces auteurs ont développés une fonction CT de coûts d'exploitation par région et par système d'exploitation pour l'ensemble des peuplements. Les coûts d'exploitation pour les peuplements du lac à la Chienne ont été calculés avec ce modèle dans lequel on a introduit des données fournies par la Compagnie Consolidated-Bathurst Limitée en 1976 et également, dans certains cas, des données en provenance de l'étude de Lussier et Godbout (voir les caractéristiques énumérées précédemment). Ce coût tient compte du nombre de tiges marchandes par unité de volume de bois marchand (tableau 13, appendice B).

5.5 VALEURS OBTENUES

Le tableau 9 présente les valeurs de bois sur pied en fonction de la densité, de l'âge et de l'exploitant, pour les peuplements du lac à la Chienne.

Tableau 9 - Valeurs du bois sur pied en fonction de la densité, de l'âge et de l'exploitant (lat à la Chienne). En dollars par unité de volume.

Age	Groupement				Compagnie				Etat									
	Densité				Densité				Densité									
	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Moyenne	Normale				
$\$/m^3$	$\$/cunit$	$\$/m^3$	$\$/cunit$	$\$/m^3$	$\$/cunit$	$\$/m^3$	$\$/cunit$	$\$/m^3$	$\$/cunit$	$\$/m^3$	$\$/cunit$	$\$/m^3$	$\$/cunit$	$\$/m^3$	$\$/cunit$			
56	1.86	5.28	1.60	4.53	0.55	1.55	7.00	19.81	6.73	19.06	5.68	16.08	9.42	26.66	9.15	25.92	8.10	22.94
60	2.37	6.71	2.19	6.19	1.15	3.26	7.50	21.24	7.32	20.72	6.28	17.79	9.92	28.09	9.74	27.57	8.70	27.64

CHAPITRE VI

RESULTATS

Quelle est la rentabilité économique correspondant à chacun des sept modèles de croissance définis précédemment pour les peuplements de pin gris fertilisés au lac à la Chienne? Cette rentabilité peut être calculée pour chaque classe de densité et des points de vue d'une compagnie, d'un groupement forestier et finalement, de l'Etat. De plus, il importe de connaître non seulement le taux interne de rendement sur investissement correspondant à chaque modèle, mais également l'ordre de priorité ou le classement des modèles.

6.1 TAUX INTERNE DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT

Le tableau 10 indique le taux interne de rendement sur investissement, en dollars courants et constants, par modèle de croissance et classe de densité, des points de vue d'un groupement forestier, d'une compagnie et de l'Etat. Le taux de rendement en dollars constants ne tient pas compte de l'inflation. En d'autres mots, il faut ajouter à ce taux le taux d'inflation d'environ 8 p. 100. Par exemple, dans le cas

Tableau 10 - Taux interne de rendement sur investissement, en dollars courants et constants, par modèle et classe de densité, au point de vue d'un groupement forestier, d'une compagnie et de l'Etat. Valeurs constantes entre parenthèses. Lac à la Chienne.

Modèles de croissance	Groupement forestier						Compagnie						Etat		
	Densité			Densité			Densité			Densité			Densité		
	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Moyenne	Normale
A	0,00 (-0,08)	0,01 (-0,07)	-0,02 (-0,10)	0,08 (0,00)	0,10 (0,02)	0,09 (0,01)	0,08 (0,02)	0,10 (0,02)	0,09 (0,01)	0,10 (0,02)	0,12 (0,04)	0,12 (0,04)	0,10 (0,02)	0,12 (0,04)	0,12 (0,04)
B	-0,02 (-0,10)	0,01 (-0,09)	-0,04 (-0,12)	0,06 (-0,02)	0,07 (-0,01)	0,07 (-0,01)	0,06 (-0,02)	0,07 (-0,01)	0,07 (-0,01)	0,08 (0,00)	0,09 (0,01)	0,09 (0,01)	0,08 (0,00)	0,09 (0,01)	0,09 (0,01)
C	-0,05 (-0,13)	-0,04 (-0,12)	-0,07 (-0,15)	0,02 (-0,06)	0,04 (-0,04)	0,03 (-0,05)	0,02 (-0,06)	0,04 (-0,04)	0,03 (-0,05)	0,04 (-0,04)	0,06 (-0,02)	0,06 (-0,02)	0,04 (-0,04)	0,06 (-0,02)	0,06 (-0,02)
D	-0,06 (-0,14)	-0,06 (-0,14)	-0,14 (-0,22)	0,06 (-0,02)	0,12 (0,04)	0,07 (-0,01)	0,06 (-0,02)	0,12 (0,04)	0,07 (-0,01)	0,09 (0,01)	0,11 (0,03)	0,11 (0,03)	0,09 (0,01)	0,11 (0,03)	0,11 (0,03)
E	-0,11 (-0,19)	-0,11 (-0,19)	-0,18 (-0,26)	0,00 (-0,08)	0,02 (-0,06)	0,01 (-0,07)	0,00 (-0,08)	0,02 (-0,06)	0,01 (-0,07)	0,03 (-0,05)	0,05 (-0,03)	0,04 (-0,04)	0,03 (-0,05)	0,05 (-0,03)	0,04 (-0,04)
F	-0,06 (-0,14)	-0,06 (-0,14)	-0,15 (-0,23)	0,07 (-0,01)	0,09 (0,01)	0,05 (-0,03)	0,07 (-0,01)	0,09 (0,01)	0,05 (-0,03)	0,90 (0,01)	0,11 (0,03)	0,90 (0,01)	0,90 (0,01)	0,11 (0,03)	0,90 (0,01)
G	-0,03 (-0,11)	-0,02 (-0,10)	-0,06 (-0,14)	0,05 (-0,04)	0,06 (-0,02)	0,05 (-0,03)	0,05 (-0,04)	0,06 (-0,02)	0,05 (-0,03)	0,06 (-0,02)	0,08 (0,00)	0,08 (0,00)	0,06 (-0,02)	0,08 (0,00)	0,08 (0,00)

du modèle A, pour une densité normale, le taux de rendement sur investissement pour une compagnie est de 9 p. 100 en dollars courants et de 1 p. 100 en dollars constants. Cela signifie que dans ce cas, une compagnie retirerait (sur son investissement) en moyenne 9 p. 100 par année durant la période s'étendant de 46 à 60 ans de la vie du peuplement fertilisé.

6.1.1 RENTABILITE POUR L'ETAT

Quelle que soit la densité du peuplement fertilisé, le taux de rendement sur investissement, en dollars courants, est positif pour l'Etat pour tous les modèles de croissance; il varie de 3 à 12 p. 100. Dans le cas de la densité faible, les modèles A, D, E et B l'emportent avec un taux de 8 p. 100 et plus en dollars courants. Finalement, on peut donc conclure que la fertilisation effectuée au lac à la Chienne est rentable pour l'Etat pour tous ces modèles de croissance, dans la mesure où les hypothèses sous-jacentes à ces modèles se réalisent. Ces résultats sont conservateurs, en ce sens que les tables de rendement à partir desquelles les modèles ont été construits sont inférieures de beaucoup à celles de Plonski pour l'Ontario.

6.1.2 RENTABILITE POUR UNE COMPAGNIE

Pour une compagnie, en dollars courants, aucun taux n'est négatif quelle que soit la densité. Les modèles qui rapportent un taux de 8 p. 100 et plus sont les suivants: modèle A (densité faible), modèles, D, A et F (densité moyenne) et modèle A (densité normale). La rentabilité est moins élevée pour une compagnie que pour l'Etat, mais elle est intéressante quand même.

6.1.3. RENTABILITE POUR UN GROUPEMENT FORESTIER

Toujours selon le tableau 10, du point de vue d'un groupement forestier, la rentabilité est beaucoup plus faible. Seulement deux taux sont positifs en dollars courants.

6.2 CLASSIFICATION DES MODELES

L'ordre de priorité des modèles peut s'établir à partir du critère de la valeur présente nette pour un taux d'escompte donné. Ce critère a été retenu pour comparer la rentabilité des modèles et en établir l'ordre de priorité parce qu'il permet de ramener tous les modèles à un même horizon économique. Ainsi, par exemple on aura:

Modèle A	46 ans	_____	60 ans
	46 ans	_____	60 ans
		56 ans	

Le tableau 11 présente l'ordre de priorité ou le classement des modèles de croissance, pour les peuplements de pin gris fertilisé au lac à la Chienne, en fonction de la rentabilité à partir du critère de la valeur présente nette. L'interprétation de ce tableau est évidente. Par exemple, le modèle A est le plus rentable, quels que soient la densité ou l'exploitant, sauf dans le cas d'une compagnie exploitant des peuplements de densité moyenne.

Tableau 11 - Ordre de priorité ou classement des modèles de croissance en fonction de la rentabilité à partir du critère de la valeur présente nette, lac à la Chienne.

Ordre de priorité ou classification des modèles	Groupement forestier			Compagnie			Etat		
	Densité			Densité			Densité		
	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Moyenne	Normale	Faible	Moyenne	Normale
1	A	A	A	A	D	A	A	A	A
2	B	B	B	F	A	B	F	D	D
3	G	G	G	B	F	D	D	F	B
4	C	C	C	D	B	G	B	B	F
5	F	D	D	G	G	G	G	G	G
6	D	F	F	C	C	C	C	C	C
7	E	E	E	E	E	E	E	E	E

CONCLUSION

A la lumière des résultats présentés dans cette étude, on peut dire que la fertilisation aérienne dans les peuplements de pin gris au Québec est économiquement rentable, dans la mesure où les hypothèses de travail concernant les rendements physiques, les coûts et les revenus se réalisent. L'estimé des rendements biophysiques est conservateur, tandis que les données économiques peuvent être considérées comme étant assez précises.

Etant donné qu'il s'agit d'une étude de cas dans le but d'élaborer une méthode, il serait difficile de généraliser les conclusions, car la rentabilité de la fertilisation varie beaucoup régionalement, surtout à cause de la valeur du bois sur pied. Par exemple, la valeur du bois sur pied est plus élevée à proximité des usines en raison de la réduction des frais de transport des bois; ce qui veut dire que l'on peut normalement s'attendre à une plus grande rentabilité de la fertilisation près des usines. De plus, il peut y avoir une variation dans le volume additionnel produit.

Pour l'instant, il ne faut pas conclure qu'on devrait entreprendre un programme de fertilisation aérienne sur une grande échelle. En effet, comme le mentionne Tucker (1974), il faut considérer

le déficit ligneux régional. De plus, la fertilisation des forêts n'est qu'un des moyens de combler un déficit ligneux et elle doit être comparée à d'autres traitements intensifs. Il serait même intéressant de combiner la fertilisation avec l'éclaircie.

Les résultats de cette étude sont préliminaires en ce sens qu'elle ne considère pas tous les avantages de la fertilisation, tels que la diminution de la période de révolution, l'effet sur le diamètre des tiges et la réduction des coûts de transport. De plus, elle ignore l'effet sur la densité de la fibre.

A première vue, il semble raisonnable de recommander que la fertilisation soit effectuée vers la fin de la période de révolution d'un peuplement, car ceci est moins lourd sur le plan financier.

Dès que le second remesurage sera effectué dans les quatre installations de pin gris du PIFFN, on pourra confirmer davantage la validité des modèles de croissance retenus pour l'expérience de la Mauricie. Même si cette analyse n'apporte pas toutes les réponses, elle apporte quand même des éléments de solution et laisse entrevoir des possibilités du côté des aspects opérationnels et commercial de la fertilisation.

BIBLIOGRAPHIE

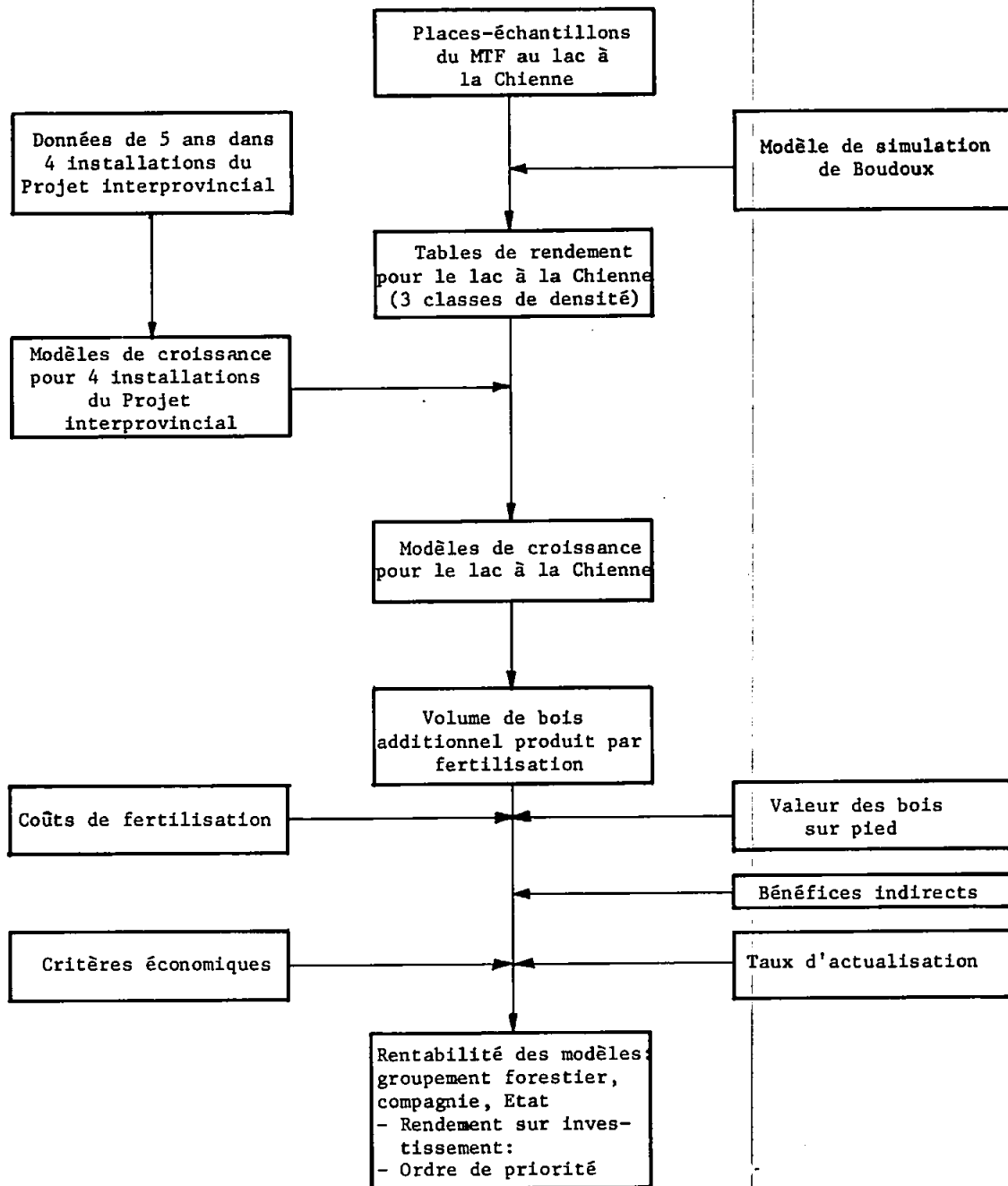
- BERNIER, B. et S. SWAN, 1970. *Les Aspects biologiques et économiques de la fertilisation forestière au Canada*. Essais sur la forêt. Le Conseil canadien des ministres des ressources. Montréal, Canada.
- BOUDOUX, M., 1976. *Modèle de simulation des peuplements résineux au Québec*. Colloque présenté à la faculté de Foresterie et de Géodésie (Université Laval).
- CLOUTIER, G., R. PERREAULT et R. DESROSIERS, 1974. *Modèle pour déterminer la valeur du bois sur pied en fonction des systèmes d'exploitation et des types d'utilisation*. Document interne. Service de la recherche, ministère des Terres et Forêts.
- CONWAY, J.-M., J.-D. GAGNON et H.S. SWAN, 1976. *Etude économique des plantations de Grand'Mère 10 ans après fertilisation*. Forestry Chronicle 52(1). Montréal, Canada.
- CONWAY, J. et P. COTE. Communication personnelle. La Compagnie Consolidated-Bathurst Limitée.
- DAVIS, K., 1966. *Forest management: regulation and valuation*. Second edition. McGraw-Hill Book Company. New York.
- HALEY, D., 1966. *The economics of forest fertilization*. Forestry Chronicle 42(4). Montréal, Canada.
- LUSSIER, J.-L. et C. GODBOUT, 1974. *Etude du coût des bois F.A.B. destination dans la perspective de droits de coupe variables*. Rapport interne soumis au ministère des Terres et Forêts du Québec.
- MENARD, D. *Maturité financière des peuplements résineux*. Ministère des Terres et Forêts. Direction générale des forêts. Service de la recherche. Division d'économie forestière. En préparation.
- MUSNIER, A. *Maturité financière des peuplements feuillus*. Ministère des Terres et Forêts. Direction générale des forêts. Service de la recherche. Division d'économie forestière. En préparation.

- NADEAU, J.-P., 1974. *Tendances et Défis dans les industries forestières canadiennes*. Conférence préparée pour le dixième congrès forestier des pays membres du Commonwealth, tenu à Oxford et Aberdeen en Grande-Bretagne. Ministère des Terres et Forêts. Direction générale des forêts. Service de la recherche. Division d'économie forestière.
- PLONSKI, W.L., 1960. *Normal yield tables for black spruce, jack pine, aspen, white birch, tolerant hardwoods, white pine and red pine for Ontario*. Ministère des Terres et Forêts de l'Ontario. Toronto, Canada.
- RICARD, P., A. CASTONGUAY et S. SOUMPHOLPHAKDY, 1975. *Le Secteur forestier au Québec et sa contribution à l'économie*. Ministère des Terres et Forêts. Direction générale des forêts. Service de la recherche. Mémoire n° 23.
- TUCKER, T.L., 1974. *What is it worth? An economic evaluation of fertilizer trials in jack pine at Dryden, Ontario*. *Proceedings of a workshop on forest fertilization in Canada*. Environnement Canada, Service canadien des forêts. Sault-Ste-Marie, Ontario.
- VILLENEUVE, R., 1976. *Dossier bibliographique sur la fertilisation forestière*. Ministère des Terres et Forêts. Direction générale des forêts. Service de la recherche. Division d'économie forestière. Document interne.
- WEETMAN, G.F., H.H. KRAUSE et E. KOLLER, 1976. *Projet interprovincial de fertilisation des forêts naturelles. Résultats du premier remesurage quinquennal dans trente installations: fertilisées en 1969, remesurées en 1974*. Ministère de l'Environnement. Service canadien des forêts. Rapport technique de foresterie 16. Ottawa, Canada.

APPENDICE A

Figure 2

Diagramme montrant les étapes effectuées dans cette étude de rentabilité



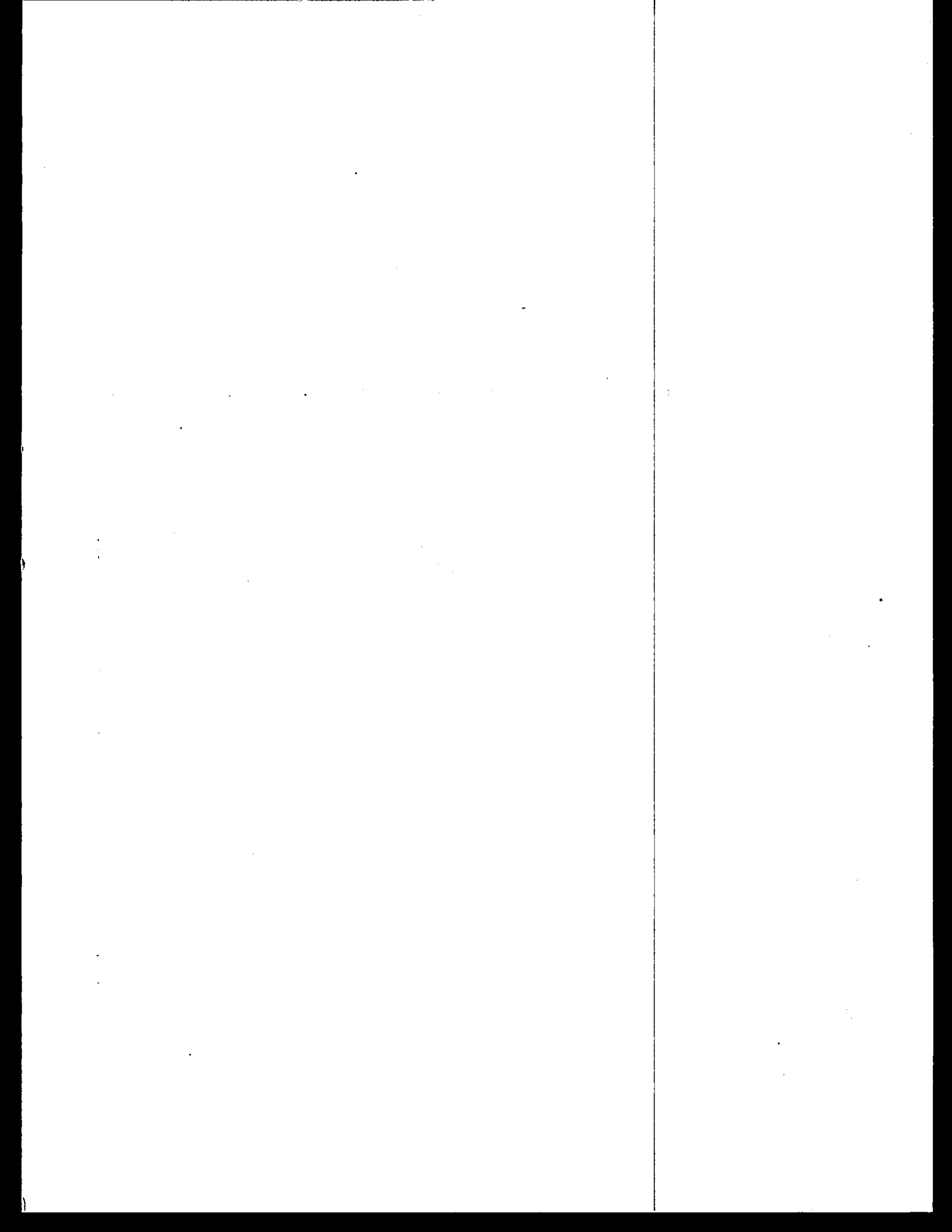
APPENDICE "B"

Tableau 12 - Table de rendement pour le pin gris, par classe de densité. Volume marchand par unité de surface.

Age	Densité faible		Densité moyenne		Densité normale	
	Volume marchand					
	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac	m ³ /ha	pi ³ /ac
30	25,10	3.59	42,53	6.08	52,36	7.48
31	27,79	3.97	45,33	6.48	55,33	7.91
32	30,47	4.35	48,14	6.88	58,31	8.33
33	33,16	4.74	50,96	7.28	61,29	8.76
34	35,84	5.12	53,80	7.69	64,29	9.19
35	38,53	5.51	56,64	8.10	67,29	9.62
36	41,21	5.89	59,51	8.50	70,30	10.05
37	43,89	6.27	62,38	8.92	73,32	10.48
38	46,58	6.66	65,27	9.33	76,35	10.91
39	49,26	7.04	68,17	9.74	79,38	11.35
40	51,95	7.42	71,08	10.16	82,43	11.78
41	54,63	7.81	74,01	10.58	85,48	12.22
42	57,32	8.19	76,95	11.00	88,54	12.65
43	60,00	8.58	79,90	11.42	91,61	13.09
44	62,69	8.96	82,87	11.84	94,69	13.53
45	65,37	9.34	85,85	12.27	97,78	13.97
46	68,05	9.73	88,84	12.70	100,87	14.42
47	70,74	10.11	91,85	13.13	103,98	14.86
48	73,42	10.49	94,87	13.56	107,09	15.31
49	76,11	10.88	97,90	13.99	110,21	15.75
50	78,79	11.26	100,95	14.43	113,34	16.20
51	81,48	11.64	104,01	14.86	116,48	16.65
52	84,16	12.03	107,08	15.30	119,63	17.10
53	86,85	12.41	110,17	15.74	122,78	17.55
54	89,53	12.80	113,26	16.19	125,95	18.00
55	92,21	13.18	116,38	16.63	129,12	18.45
56	94,90	13.56	119,50	17.08	132,30	18.91
57	97,58	13.95	122,64	17.53	135,49	19.36
58	100,27	14.33	125,79	17.98	138,69	19.82
59	102,95	14.71	128,95	18.43	141,89	20.28
60	105,64	15.10	132,13	18.88	145,11	20.74
61	108,32	15.48	135,32	19.34	148,33	21.20
62	111,01	15.86	138,53	19.80	151,56	21.66
63	113,69	16.25	141,74	20.26	154,80	22.12
64	116,37	16.63	144,97	20.72	158,05	22.59
65	119,06	17.02	148,22	21.18	161,31	23.05
66	121,74	17.40	151,48	21.65	164,57	23.52
67	124,43	17.78	154,75	22.12	167,85	23.99
68	127,11	18.17	158,03	22.58	171,13	24.66
69	129,80	18.55	161,32	23.06	174,42	24.93
70	132,48	18.93	164,63	23.53	177,72	25.40
71	135,17	19.32	167,96	24.00	181,03	25.87
72	137,85	19.70	171,29	24.48	184,35	26.35
73	140,53	20.08	174,64	24.96	187,67	26.82
74	143,22	20.47	178,00	25.44	191,01	27.30
75	145,90	20.85	181,38	25.92	194,35	27.78
76	148,59	21.24	184,77	26.41	197,70	28.25
77	151,27	21.62	188,17	26.89	201,06	28.74
78	153,96	22.00	191,58	27.38	204,43	29.22
79	156,64	22.39	195,01	27.87	207,80	29.70
80	159,33	22.77	198,45	28.36	211,19	30.18

Tableau 13 - Nombre de tiges marchandes par unité de volume de bois marchand, dans les peuplements de pin gris, lac à la Chienne.

Age	Densité faible		Densité moyenne		Densité normale	
	Nombre de tiges					
	par m ³	par cunit	par m ³	par cunit	par m ³	par cunit
30	169,90	60.00	212,40	75.01	202,74	71.60
31	162,22	57.29	202,24	71.42	195,21	68.94
32	154,89	54.70	192,52	67.99	187,97	66.38
33	147,90	52.23	183,26	64.72	181,00	63.92
34	141,25	49.88	174,43	61.60	174,32	61.56
35	134,91	47.64	166,01	58.63	167,90	59.29
36	128,89	45.52	158,02	55.80	161,74	57.12
37	123,17	43.50	150,42	53.12	155,83	55.03
38	117,75	41.58	143,21	50.57	150,18	53.04
39	112,62	39.77	136,37	48.16	144,76	51.12
40	107,77	38.06	129,91	45.88	139,59	49.30
41	103,18	36.44	123,80	43.72	134,64	47.55
42	98,86	34.91	118,03	41.68	129,91	45.88
43	94,79	33.47	112,60	39.77	125,40	44.29
44	90,96	32.12	107,49	37.96	121,11	42.77
45	87,37	30.86	102,69	36.27	117,01	41.32
46	84,00	29.67	98,20	34.68	113,11	39.95
47	80,86	28.55	93,99	33.19	109,41	38.64
48	77,92	27.52	90,06	31.80	105,89	37.39
49	75,18	26.55	86,39	30.51	102,54	36.21
50	72,63	25.65	82,99	29.31	99,37	35.09
51	70,26	24.81	79,82	28.19	96,37	34.03
52	68,07	24.04	76,90	27.16	93,52	33.03
53	66,04	23.32	74,19	26.20	90,83	32.08
54	64,17	22.66	71,69	25.32	88,28	31.18
55	62,45	22.05	69,40	24.51	85,87	30.33
56	60,86	21.49	67,29	23.77	83,60	29.52
57	59,40	20.98	65,37	23.09	81,45	28.76
58	58,07	20.51	63,61	22.46	79,42	28.05
59	56,85	20.08	62,00	21.90	77,51	27.37
60	55,73	19.68	60,55	21.38	75,71	26.74
61	54,70	19.32	59,22	20.91	74,00	26.13
62	53,76	18.99	58,02	20.49	72,40	25.57
63	52,90	18.68	56,93	20.10	70,88	25.03
64	52,11	18.40	55,94	19.75	69,44	24.52
65	51,37	18.14	55,04	19.44	68,08	24.04
66	50,69	17.90	54,21	19.15	66,79	23.59
67	50,05	17.68	53,46	18.88	65,56	23.15
68	49,44	17.46	52,76	18.63	64,39	22.74
69	48,86	17.25	52,11	18.40	63,27	22.35
70	48,29	17.05	51,49	18.18	62,20	21.97
71	47,73	16.86	50,89	17.97	61,16	21.60
72	47,17	16.66	50,31	17.77	60,15	21.24
73	46,60	16.46	49,72	17.56	59,17	20.90
74	46,00	16.25	49,13	17.35	58,21	20.56
75	45,38	16.03	48,51	17.13	57,26	20.22
76	44,73	15.80	47,86	16.90	56,31	19.89
77	44,03	15.55	47,17	16.66	55,37	19.55
78	43,27	15.28	46,42	16.39	54,42	19.22
79	42,45	14.99	45,61	16.11	53,45	18.88
80	41,56	14.68	44,72	15.79	52,46	18.53





Éditeur officiel du Québec
Imprimé au Québec