



Mémoire n°52

MATURITÉ FINANCIÈRE DES PEUPLEMENTS FORESTIERS AU QUÉBEC

I-PEUPLEMENTS DE RÉSINEUX

Par Dominic Ménard

O.D.C. 651.5 (047.3) (714) L.C. SD 393 .C75

---	g	Revenu brut maximum	$g' = 0$
Service forestier des Etats-Unis	g/t	Revenu brut annuel moyen maximum	$t = \frac{g}{g'}$
Rodbertus Norggreve Ostwald	$\frac{g - Co}{t}$	Revenu net annuel moyen maximum ou Rente forestière (Waldrent)	$t = \frac{g - Co}{g'}$
Ministère des Terres et Forêts du Québec	$\frac{V}{t}$	Accroissement physique annuel moyen	$t = \frac{V}{V'}$
---	$\frac{g - Co}{(1+i)^t}$	VPW maximum	$t = \frac{1}{\rho} \ln (-g' - \rho (g + Co))$
---	$g - Co (1+i)^t - L (1+i)^t - L$	VPW générale	$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - Co)}$
Faustmann	$x = \left[\frac{g - Co (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \right]$	Rente du sol maximum	$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - Co)}$
Faustmann	$Se = \frac{g - Co (1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$	Valeur d'attente du sol maximum (Soil Expectation Value)	$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - Co)}$
Allen et Fisher Duerr et al.		Valeur actualisée maximum et valeur nette actualisée maximum	$\rho = \frac{g'}{g} \text{ et } \frac{g'}{g - Co}$
Faustmann utilisée par Duerr et al.			$t = \frac{1}{\rho} \ln (-g' - \rho)$
			$\frac{g'}{g - Co} = \frac{\rho}{\phi}$
			$t = \frac{1}{\rho} \ln (-g' - \rho)$
Boulding	$i_B = \sqrt{\frac{g}{Co}} - 1$	Taux interne de rentabilité maximum	$t = \frac{g}{g'} \ln \frac{\rho}{Co}$
Gaffney	$i = \sqrt{\frac{g + L}{Co + L}} - 1$	TIR général maximum	$t = \frac{g + V}{g'} \ln \frac{g + V}{Co + V}$
Bildreth	$\frac{g}{t (1+i)^t}$	Croissance annuelle moyenne actualisée maximum	$g' = g\rho + \frac{g}{t}$
			$t = \frac{g'}{g' - g\rho}$

DOMINIC MÉNARD est bachelier en science économique de l'université Laval. Il a été à l'emploi du Service de la recherche de 1973 à 1978, à titre d'économiste titulaire du projet d'étude sur la maturité financière des peuplements forestiers. Il est maintenant à l'emploi du ministère de l'Éducation.

MATURITE FINANCIERE DES PEUPEMENTS
FORESTIERS AU QUEBEC
I - PEUPEMENTS DE RESINEUX

par

DOMINIC MENARD

MEMOIRE N^o 52

MINISTERE DES TERRES ET FORETS

SERVICE DE LA RECHERCHE

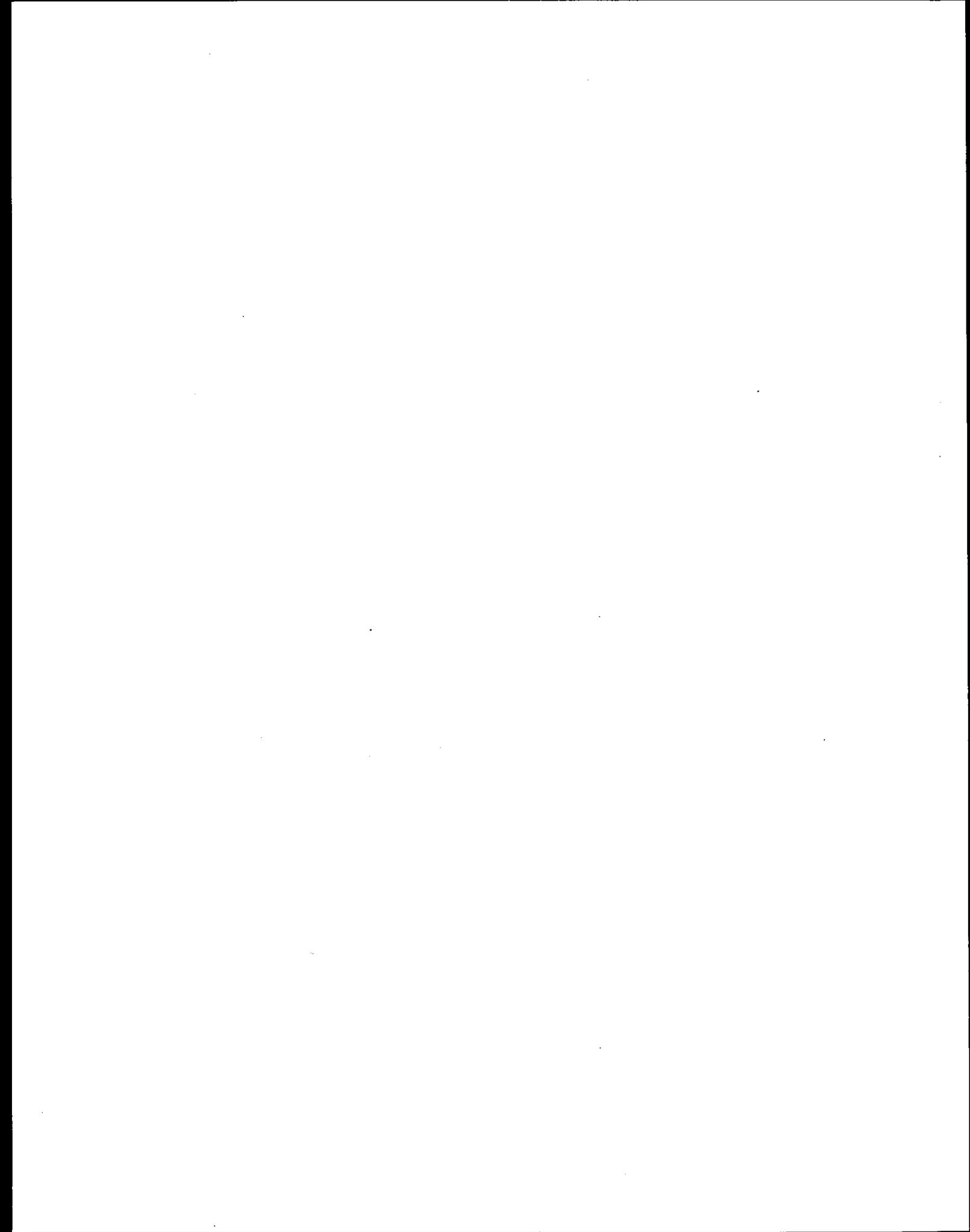
1979

ISBN 2-550-00228-8
Bibliothèque nationale du Québec
Dépôt légal - 3e trimestre 1979

AVANT-PROPOS

Ce rapport s'inscrit dans le cadre d'un projet du Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts portant sur la détermination de la maturité financière des peuplements résineux et feuillus au Québec.

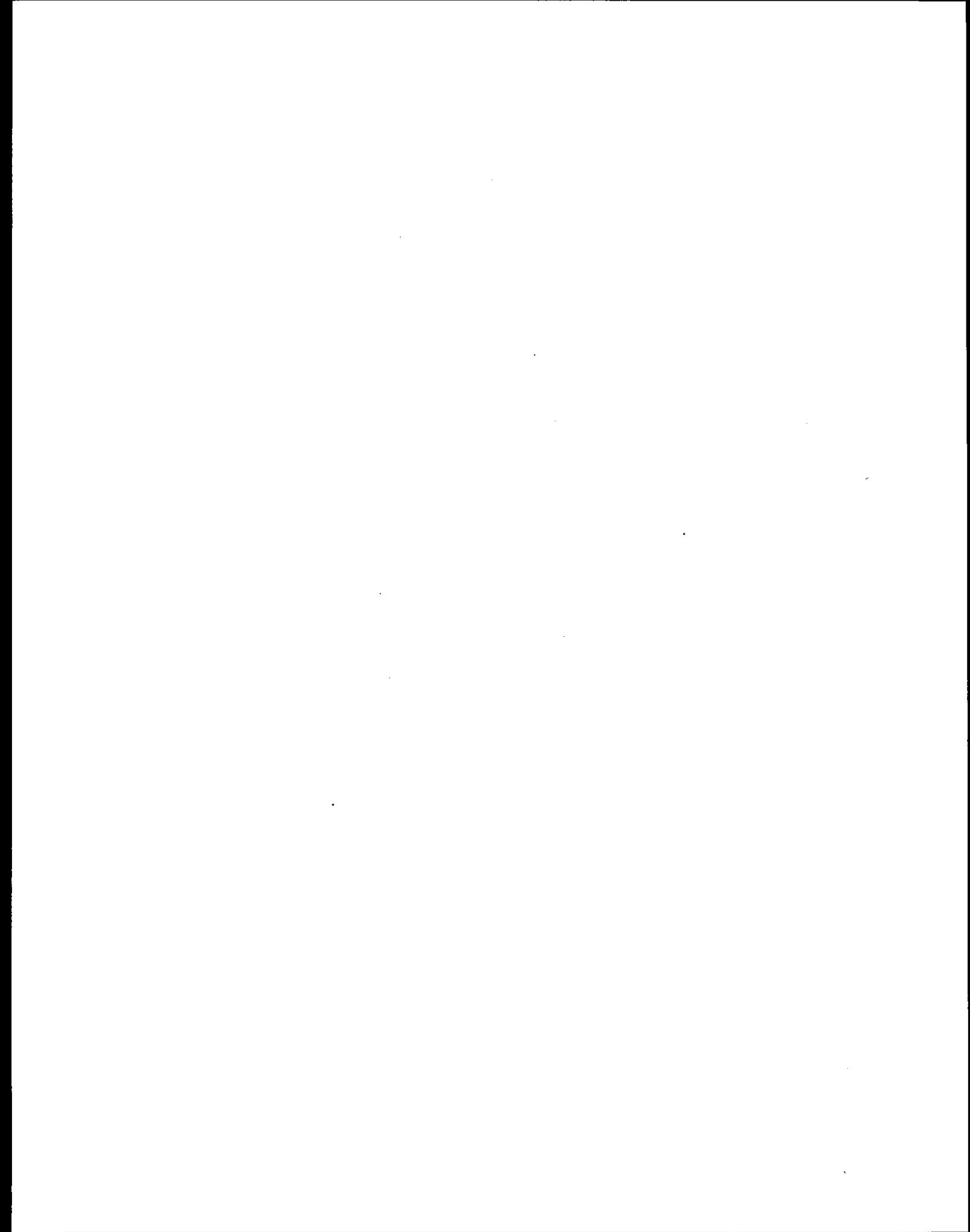
Les titulaires de ce projet étaient: Dominic Ménard, L.Sc.Econ., responsable de l'étude des peuplements résineux qui font l'objet du présent document, et Alain Musnier, agronome, dont le rapport traite du tremble et du bouleau blanc.



REMERCIEMENTS

Des remerciements s'adressent, en premier lieu, au Dr Jean-Paul Nadeau, chef de la Division d'économie forestière, qui a assumé la direction de ce projet.

L'auteur veut aussi remercier monsieur Alain Musnier pour son excellente collaboration. De plus, l'auteur remercie monsieur Jean-Louis Boivin du Service des plans d'aménagement, monsieur Claude Godbout du COGEF et monsieur Paul-Emile Vézina, pour leur contribution lors de la recherche des données.



RESUME

La maturité financière (ou âge d'exploitabilité économique) définit la révolution optimale des peuplements forestiers. Ce concept nouveau a été appliqué pour la première fois au Québec en 1976, à quelques essences résineuses et feuillues. Le critère jusqu'ici utilisé par le ministère des Terres et Forêts, pour déterminer la période de révolution des peuplements naturels, est l'accroissement physique annuel moyen maximum, qui ne fait intervenir aucune variable économique ou du marché. Le calcul de la révolution financière optimale tient précisément compte des facteurs économiques tels les prix, les coûts d'exploitation et le coût d'opportunité du capital qui est à la base de toute prise de décision d'investissement. La maturité financière en foresterie, comme dans tout autre champ d'activité économique, est un outil décisionnel important à connaître afin de fixer dans le temps la rentabilité maximale du projet d'investissement en cause. Toute autre décision que l'âge d'exploitabilité économique optimale de coupe d'un peuplement entraînera des pertes monétaires.

A partir de la théorie économique de l'investissement, par l'approche marginale et la simulation, par la comparaison des modèles existants -- notamment celui de Faustmann -- et par leur mise à l'essai,

on a donc calculé les âges de maturité financière pour les peuplements de sapin, d'épinette noire et de sapin et épinette, des points de vue d'une grande entreprise d'exploitation, d'une entreprise se livrant aussi à la transformation et, finalement, de l'Etat. Ces âges ont été calculés pour quatre agents exploitants, six taux d'actualisation, trois peuplements résineux, huit qualités de station différentes et trois niveaux de prix, de salaires et de distances de transport.

A titre d'exemple, pour un taux d'actualisation de 8%, les âges de maturité financière des peuplements de sapin de qualité de station I et II sont respectivement de 49 et 57 ans; pour l'épinette noire d'indices II, III et IV, ils sont de 62, de 77 et de plus de 80 ans; pour le sapin et l'épinette mélangés sur des sites d'indices I, II et III, ils sont de 50, de 58 et de plus de 80 ans respectivement. Si l'entreprise se livre aussi à la transformation, les âges correspondant seront de 37 et 40 ans; 47, 50 et 80 ans; 44, 44 et 46 ans. Enfin, dans le cas de l'Etat, ils seront de 34 et 37 ans; 44, 47 et 80 ans; 42, 41 et 41 ans respectivement.

Dans tous les cas, les révolutions basées sur la maturité financière seront plus courtes que les âges d'accroissement annuel moyen maximum. Par exemple, pour le sapin d'indice I, 50 ans par rapport à 65 ans; pour l'épinette noire d'indice III, 61 ans par rapport à 105 ans; enfin, pour le sapin et l'épinette mélangés d'indice III, elles seront de 58 ans par rapport à 90 ans.

ABSTRACT

Financial maturity rotation of stands is a new concept in Quebec. It has been recently applied to some softwood and hardwood stands. The Ministère des Terres et Forêts of Québec has used the maximum mean annual physical growth, which does not include economic variables, to determine the optimum length of the rotation. The estimation of optimum financial length precisely considers factors such as prices, operating and management costs, and capital opportunity cost which the manager ought to use for his investment decision. In forestry, as in all other economic activities, financial maturity is a useful and important tool for determining the maximum feasibility of any investment project.

Using the economic theory of investment, through marginal approach and using simulation, by comparing the existing models -- specially Faustmann's -- and by trying them out, it has been possible to compute financial maturity rotation ages for fir, black spruce, and fir-spruce stands, from the points of view of a large exploitation firm, of a firm that also deals in transformation, and of the State. These rotation ages were computed for four exploitation agents, six

rates of actualization, three types of coniferous stands, eight site quality indices, and three levels of prices, salaries and transportation distances.

For example, with an 8% actualization rate, financial maturity ages for fir stands of indices I and II are 49 and 57 years respectively; for black spruce stands of indices II, III and IV, they are 62, 77 and over 80 years; for fir-spruce stands of site indices I, II and III, they are 50, 58 and over 80 years respectively. If the firm also deals in transformation, the corresponding ages will be 37 and 40 years; 47, 50 and 80 years; and 44, 44 and 46 years. Finally, for the State, they will be 34 and 37 years; 44, 47 and 80 years; and 42, 41 and 41 years respectively.

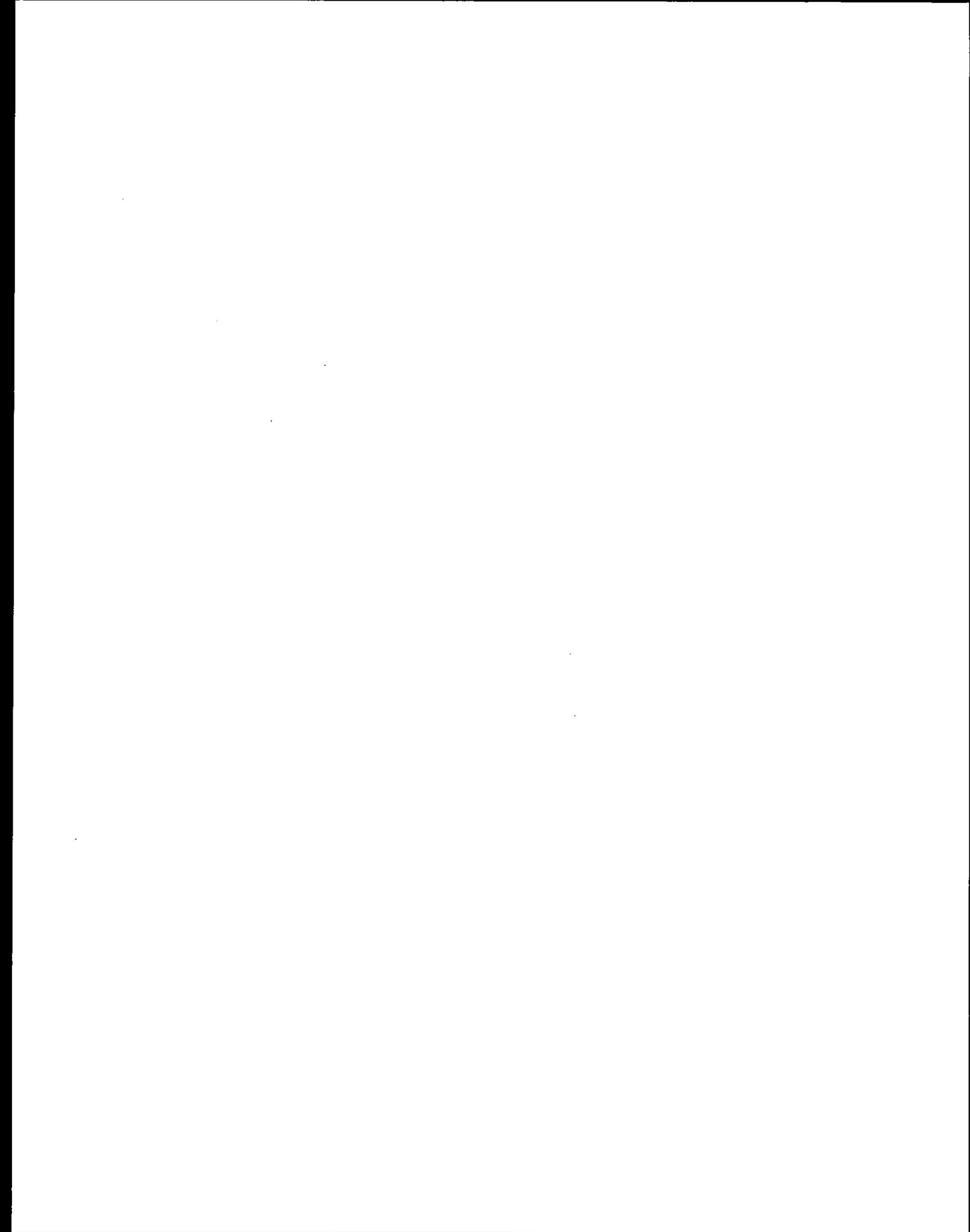
In all cases, rotations based on financial maturity are shorter than the maximum mean annual growth ages. For example, for fir stands with a site index of I, 50 years as opposed to 65; for black spruce stands with an index of III, 61 years as opposed to 105; finally, for fir-spruce stands with index III, 68 years as opposed to 90.

TABLE DES MATIERES

	page
AVANT-PROPOS	iii
REMERCIEMENTS	v
RESUME	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
TABLE DES MATIERES	xi
Liste des tableaux	xv
Liste des figures	xix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - CHOIX DU MODELE OPTIMAL	3
1.1 Définitions et hypothèses	4
1.1.1 Définition de la maturité financière	4
1.1.2 Revenu	4
1.1.3 Coûts	7
1.1.4 Actualisation	9
1.1.4.1 Actualisation continue	13
1.2 Aspect théorique des modèles de maturité financière	14
1.2.1 Modèles à taux d'intérêt nul	14
1.2.1.1 Revenu total maximum	14
1.2.1.2 Revenu brut annuel moyen maximum	15
1.2.1.3 Revenu net annuel moyen maximum	15
1.2.2 Modèle de Faustmann	16
1.2.3 Solutions graphiques et numériques des principaux modèles de maturité financière	21

	page
1.2.3.1 Description de l'exemple utilisé et ses hypothèses	21
1.2.3.2 Application de la solution de Faustmann	25
1.2.3.3 Application de la solution d'Allen et Fisher	27
1.2.3.4 Application de la solution de Duerr, Fedkiw et Guttenberg	29
1.2.3.5 Application de la solution de Boulding	31
1.2.3.6 Application de la valeur présente nette généralisée	33
1.2.3.7 Application du taux interne de rentabilité de Gaffney	34
1.2.3.8 Validité du modèle de Faustmann	35
1.3 Généralisation et sensibilité aux variables	39
 CHAPITRE II - INTRANTS DU MODELE	 43
2.1 Valeur du bois sur pied	43
2.1.1 Prix du bois à pâte	46
2.1.2 Volume marchand	48
2.1.3 Coûts d'exploitation	53
2.1.3.1 Nombre de tiges par unité de volume	53
2.1.3.2 Procédés d'exploitation	56
2.1.3.3 Autres intrants dans le calcul des coûts	61
2.1.3.4 Coûts d'exploitation du sapin de qualité de station I	64
2.2 Taux d'actualisation	70
 CHAPITRE III - ANALYSE DES RESULTATS	 71
3.1 Maturité financière au niveau du Québec	73
3.1.1 Maturité financière pour une grande entreprise d'exploitation	74
3.1.2 Maturité financière pour une entreprise d'exploitation et de transformation	76
3.1.3 Maturité financière des peuplements résineux des forêts de l'Etat	82
3.2 Sensibilité de l'âge de maturité financière	86
3.2.1 Sensibilité au prix de vente	86
3.2.2 Sensibilité au niveau des salaires	91
3.2.3 Sensibilité à la distance de transport	91
3.2.4 Sensibilité au procédé d'exploitation	93

	page
CONCLUSION	97
BIBLIOGRAPHIE	99
APPENDICE	101

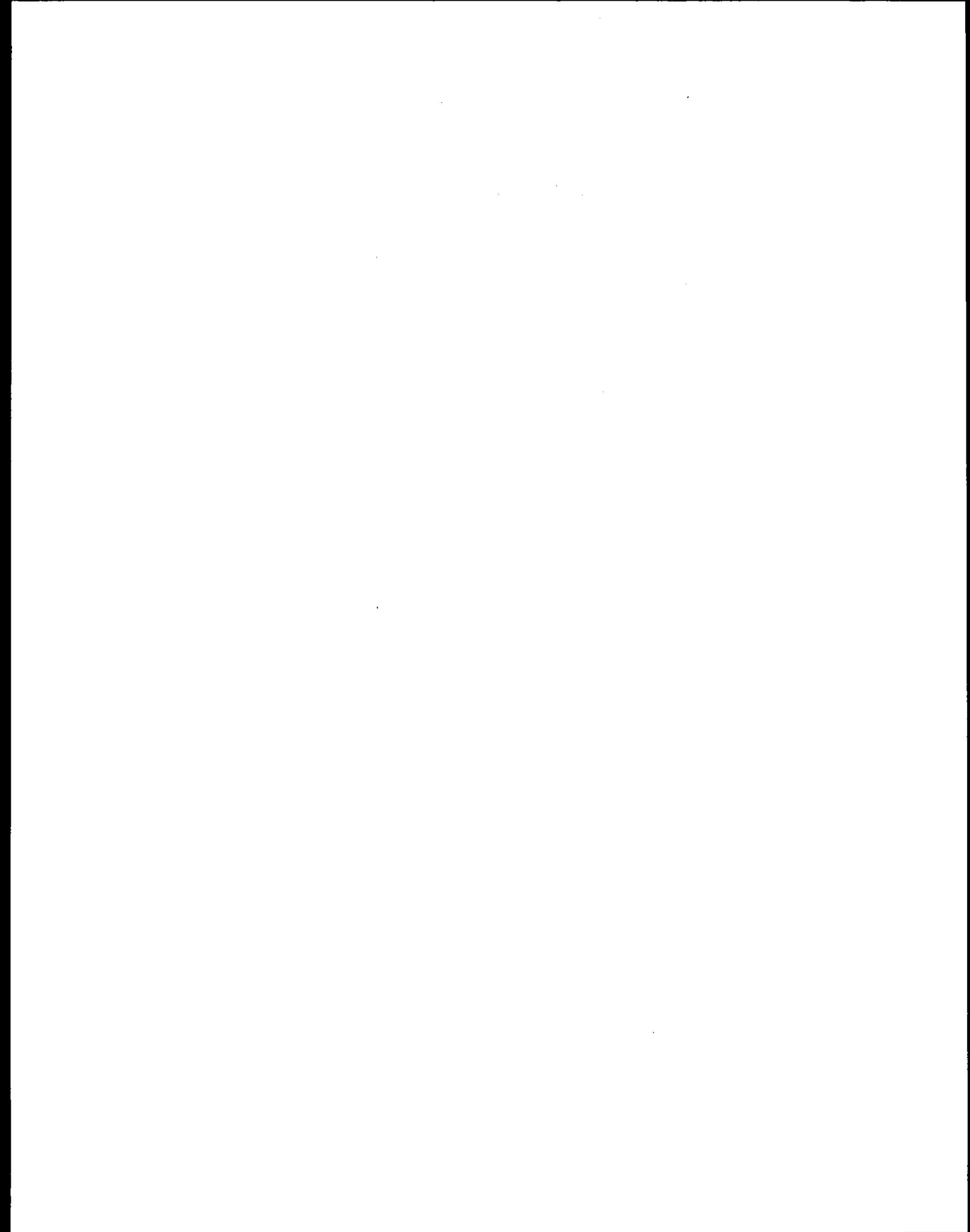


LISTE DES TABLEAUX

		page
Tableau 1	Valeurs empiriques correspondant aux courbes de la figure 2, pour les principaux modèles de maturité financière appliqués, pour la démonstration, au sapin de qualité de station I, avec un taux d'actualisation de 5%	22
Tableau 2	Sommaire des modèles de maturité financière et résultats de leur application au sapin de qualité de station I	38
Tableau 3	Prix de vente du bois à pâte utilisés dans le calcul du revenu brut	47
Tableau 4	Liste des régressions du volume marchand brut en fonction de l'âge (A) pour les peuplements de sapin baumier, épinette noire et sapin - épinette	49
Tableau 5	Pourcentages estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres en fonction de l'âge du peuplement et de la qualité de station	57
Tableau 6	Valeurs numériques du nombre de tiges marchandes par unité de volume marchand interpolées de la compilation à même les données biométriques des tables de rendement normal de Vézina et Linteau	58
Tableau 7	Equations de régression correspondant aux valeurs numériques du nombre de tiges par unité de volume en fonction de l'âge du peuplement . .	59
Tableau 8	Liste et description des procédés d'exploitation de leur pourcentage de mécanisation ainsi que du type d'utilisation de la production pour laquelle ou lesquelles ils sont principalement employés	60

	page
Tableau 9	Niveau des divers salaires utilisés dans le calcul des coûts d'exploitation 63
Tableau 10	Coûts d'exploitation désagrégés pour le sapin de qualité de station I, par procédé, en dollars par mètre cube 65
Tableau 11	Proportion en pourcentage du coût total occupée par les diverses catégories de coûts, pour le sapin de qualité de station I 67
Tableau 12	Taux de croissance annuels moyens des coûts, en pourcentage 69
Tableau 13	Âges de maturité financière et valeurs d'attente du sol correspondantes, pour les résineux exploités par une grande entreprise d'exploitation forestière au Québec, en fonction du taux d'actualisation 75
Tableau 14	Âges de maturité financière et valeurs d'attente du sol correspondantes, pour les peuplements résineux exploités par une entreprise d'exploitation et de transformation au Québec, en fonction du taux d'actualisation 77
Tableau 15	Données relatives aux courbes de la figure 14 concernant l'influence d'une hausse de prix sur l'âge de maturité financière dans un peuplement de sapin - épinette, avec un taux d'actualisation de 5% 80
Tableau 16	Âges de maturité financière et valeurs d'attente du sol correspondantes, pour les peuplements résineux des terres de l'Etat qui retire des recettes fiscales directes et indirectes, pour l'ensemble du Québec et les divers taux d'actualisation 83
Tableau 17	Comparaison des révolutions obtenues à l'aide de la maturité financière et l'accroissement annuel moyen maximum 84
Tableau 18	Sommes perdues par l'Etat en conséquence de l'accroissement annuel moyen maximum comme critère de maturité plutôt que la maturité financière, en dollars par hectare 85
Tableau 19	Âges de maturité financière selon divers niveaux de prix de vente 86

		page
Tableau 20	Sensibilité de l'âge de maturité financière aux divers niveaux de salaires	92
Tableau 21	Sensibilité de l'âge de maturité financière à la distance de transport	94
Tableau 22	Age de maturité financière des peuplements résineux en fonction du type d'exploitant, du procédé d'exploitation et du taux d'actualisation	95



LISTE DES FIGURES

			page
Figure	I	Illustration graphique des modèles à taux d'intérêt nul	8
Figure	II	Représentation graphique des divers modèles de maturité financière appliqués au sapin baumier de site I	10
Figure	III	Schéma du cheminement pour la détermination de la maturité financière	44
Figure	IV	Volume marchand brut en fonction de l'âge, pour les sites I et II du sapin baumier. Régression du tableau 4	50
Figure	V	Volume marchand brut en fonction de l'âge, pour les sites II, III et IV de l'épinette noire. Régression du tableau 4	51
Figure	VI	Volume marchand brut en fonction de l'âge, pour les sites I, II et III du sapin - épinette. Régression du tableau 4	52
Figure	VII	Coûts totaux, par procédé d'exploitation du bois à pâte, en fonction de l'âge d'un peuplement de sapin de qualité de station I	68
Figure	VIII	Illustration graphique de l'influence d'une hausse de prix sur l'âge de maturité financière dans un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I, avec un taux d'actualisation de 5%	81
Figure	IX	Age de maturité financière en fonction du taux d'actualisation, selon trois niveaux de prix de vente et de valeurs résiduelles, pour chaque agent d'exploitation dans un peuplement de sapin de qualité de station I	88

		page
Figure X	Age de maturité financière en fonction du taux d'actualisation, selon trois niveaux de prix de vente et de valeurs résiduelles, pour chaque agent d'exploitation dans un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I	89
Figure XI	Pourcentages estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres, en fonction de l'âge dans un peuplement de sapin baumier de qualité de station I et II	103
Figure XII	Valeurs numériques du nombre de tiges marchandes par mètre cube de sapin baumier en fonction de l'âge	103
Figure XIII	Pourcentage estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres, en fonction de l'âge, dans un peuplement d'épinette noire de qualité de station II, III et IV	104
Figure XIV	Valeurs numériques du nombre de tiges marchandes par mètre cube d'épinette noire, en fonction de l'âge	104
Figure XV	Pourcentages estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres en fonction de l'âge d'un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I, II et III	105
Figure XVI	Valeurs numériques du nombre de tiges marchandes par mètre cube de sapin - épinette, en fonction de l'âge	105

INTRODUCTION

L'effet conjugué d'une augmentation de la demande des bois et d'une diminution des superficies vouées à la production de matière ligneuse provoquera une pénurie globale de bois vers 1990, si l'on maintient les pratiques actuelles d'aménagement, d'exploitation et de transformation de la ressource.

Les résultats de la présente étude peuvent solutionner, en partie, cette pénurie car la période optimale de révolution déterminée à l'aide d'un modèle de maturité financière est généralement plus courte que celle qui satisfait la critère de l'accroissement annuel moyennement utilisé et qui tend à assurer les approvisionnements car, d'une part, dans les forêts privées, les propriétaires adoptent des périodes de révolution trop courtes et exploitent de jeunes peuplements encore en croissance très rapide; d'autre part, dans les forêts publiques, les périodes de révolution sont très longues sinon trop longues, de sorte que certaines de ces forêts sont décadentes et n'atteignent pas le marché. De plus, en théorie du moins, les jeunes forêts favorisent davantage la régénération et constituent un meilleur habitat pour la faune, comparativement aux forêts dégradées (Ménard et Nadeau, 1977).

Le contraste entre ces deux situations extrêmes (révolution trop courte ou trop longue) permet d'évaluer dans quelle mesure l'allocation optimale des ressources forestières se fait. Notre document tente d'apporter au moins un élément de solution à ce problème.

La présente recherche avait donc pour but de déterminer l'âge optimum des peuplements forestiers, non pas en fonction de l'accroissement annuel moyen, mais en fonction de variables économiques et de la réalité forestière.

Dans le calcul de la maturité financière, on tient compte, en plus des variables physiques de rendement, des variables économiques telles les coûts, les revenus et le taux d'intérêt. La théorie économique de l'investissement, l'approche marginale et la simulation sont utilisés. Les étapes principales de l'étude sont: le choix du modèle de maturité financière le plus valable dans le contexte forestier québécois¹, la recherche entourant la valeur de ses intrants tels la valeur du bois sur pied et le taux d'actualisation (application du modèle qui implique la simulation) et, enfin, l'analyse des résultats.

Le présent document analyse les résultats de l'application du modèle de maturité financière aux seuls peuplements résineux. Ces peuplements sont constitués soit de sapin baumier, soit d'épinette noire, soit enfin de sapin et d'épinette. Seules la coupe à blanc et l'utilisation totale pour la pâte sont considérées. L'application du modèle à des options d'aménagement et à une utilisation (pâte et sciage) plus complète du produit fera ultérieurement l'objet d'un autre rapport.

¹ Cette étape a nécessité la consultation de chercheurs allemands travaillant sur la maturité financière. Sur ce voyage en République fédérale allemande, voir MENARD et NADEAU, 1977).

CHAPITRE I

CHOIX DU MODELE OPTIMAL

Beaucoup d'auteurs ont écrit sur le concept de maturité financière. De toute cette polémique ressort une douzaine de modèles mathématiques. Il semble qu'aujourd'hui encore, l'unanimité sur le modèle le plus valable ne soit pas entièrement faite. Des auteurs comme Duerr (1956) et Boulding (1955) essaient dans leurs publications de faire valoir la justesse de leur modèle respectif. Gaffney (1960) critique et évalue plusieurs modèles de maturité financière et présente le modèle de la rente du sol ou valeur d'attente du sol de Faustmann (1849) comme le plus valable. Ce texte de Gaffney est indispensable à quiconque veut approfondir le concept de la maturité financière. Malheureusement, cette analyse est inaccessible au lecteur ne possédant pas suffisamment de connaissance en théorie économique et en mathématiques. Essentiellement, les différences entre modèles sont dues aux hypothèses spécifiques concernant l'accessibilité aux marchés des facteurs et la diversité des intrants (Bentley et Teeguarden, 1965).

1.1 DEFINITIONS ET HYPOTHESES

1.1.1 DEFINITION DE LA MATURITE FINANCIERE

Un peuplement est financièrement mûr lorsque, compte tenu de la valeur brute de sa production physique et des coûts qui lui sont imputés, il procure le maximum de profit. Ce profit sera encaissé ou réalisé lors de la coupe à blanc, fixant ainsi la période de révolution, définie comme l'intervalle de temps entre la régénération et la coupe finale.

Cette période de révolution varie selon l'essence et la station qui déterminent la production en volume. Pour des données biophysiques constantes, l'âge de révolution pourra varier selon le procédé d'exploitation utilisé.

L'étude ne considère que trois groupements forestiers résineux à l'état naturel. Ce sont la sapinière, la pessière et la pessière à sapin. C'est donc dire que les coûts de régénération (en notation symbolique C_0) n'entrent pas ici dans le calcul de la valeur du bois sur pied. Pour fins de démonstration du modèle choisi, nous incluerons les coûts de régénération dans le modèle mathématique. Lors de l'application du modèle lui-même, ils seront nuls. Enfin, le seul traitement considéré est une coupe à blanc à l'âge d'exploitabilité économique.

1.1.2 REVENU

Le revenu est cette somme d'argent que l'on retire de la vente d'un bien. Son importance est fonction de deux variables qui sont

la quantité vendue de ce bien et le prix de vente par unité. Le bien ici considéré est le bois à pâte. Le prix utilisé dans cette étude est celui qui est convenu par entente entre les producteurs et les compagnies de transformation. Ces ententes s'appellent "plans conjoints" et sont négociés par l'intermédiaire de l'Union des producteurs agricoles (Ricard *et al.*, 1976). Ce n'est donc pas un prix déterminé par le libre jeu de l'offre et de la demande, puisqu'il y a concertation entre acheteurs et vendeurs.

Etant donné qu'il n'y a pas d'interventions sylvicoles réparties sur la période de révolution, le propriétaire du peuplement reçoit un revenu unique au moment de la coupe à blanc. Bien entendu, ce revenu sera encaissable à la fin d'une très longue période de temps. Les prix utilisés dans cette étude auront donc pu varier assez substantiellement. Quelles que soient ses causes exactes, l'inflation continuera de se manifester. L'importance relative du bois à pâte par rapport aux autres biens de l'économie peut aussi affecter le niveau du prix du bois.

Les prix des biens et services qui varient d'année en année sont appelés prix courants. En dégonflant ceux-ci à l'aide d'un indice des prix et du taux d'inflation depuis une année de base, on obtient les prix réels de ces produits. De plus, si l'on élimine les changements dans l'importance relative d'un bien par rapport aux autres pendant cette même période, on obtient les prix constants, qui sont la base de toute comparaison quand il est question d'évolution des prix.

Musnier (à paraître) démontre qu'au Québec, le taux d'accroissement annuel moyen effectif des prix des bois à pâte et de sciage conjugués (3,25%) suit de très près la variation annuelle moyenne de l'indice général des prix à la consommation à Montréal (3,33%). La rareté des statistiques concernant la tendance des coûts d'exploitation à long terme n'a pas permis d'étudier leur évolution. Empiriquement, l'écart coûts-prix se maintient. Il est admissible de penser que le taux d'accroissement annuel moyen des coûts s'approche de la variation de l'indice général des prix à la consommation.

Gregersen (1975) et Musnier (1976) démontrent que, dans ces conditions, une étude réalisée à prix constants utilisant un taux d'actualisation dégonflé de l'inflation donnera les mêmes résultats que l'étude faite à prix courants et qui considère un taux d'actualisation comprenant une part pour l'inflation. La validité de ces calculs est liée à la similitude des taux d'accroissement annuels moyens, c'est-à-dire le taux moyen d'inflation.

Un autre aspect du revenu doit être défini. Ce sont les notions: revenu direct, revenu indirect et revenu total. Le revenu direct est la somme d'argent provenant uniquement de la vente proprement dite; c'est la quantité multipliée par le prix de l'unité. Le revenu indirect ne s'applique qu'à l'Etat. Ainsi, par exemple, l'Etat touche la taxe de vente du bois à pâte et perçoit des producteurs un impôt sur le revenu créé par la vente du bois. Le revenu total provient de la sommation des revenus direct et indirect. Dans ce cas, l'Etat est producteur et touche l'impôt sur le revenu de ses travailleurs forestiers.

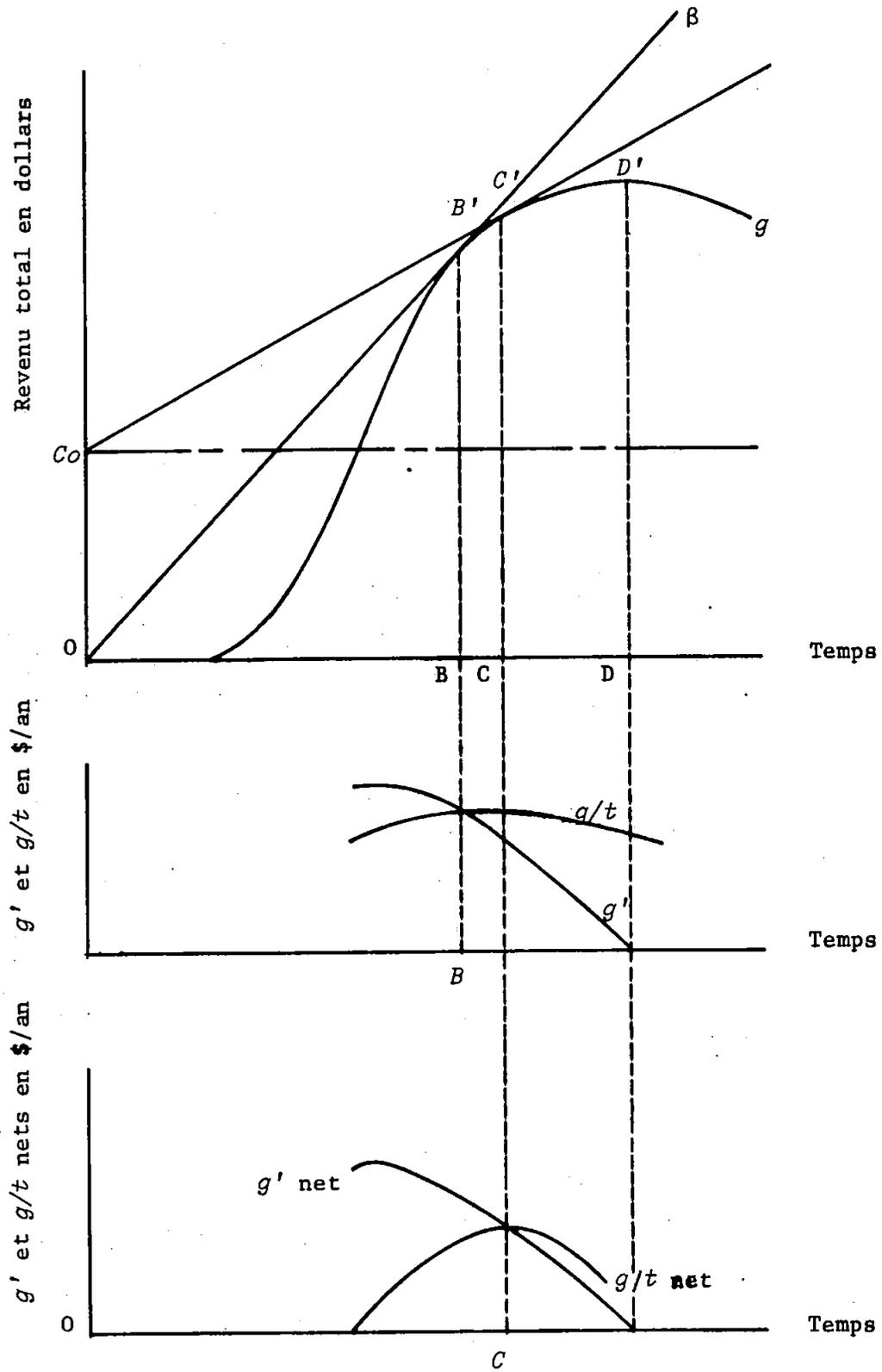
Tracée sur une échelle semi-logarithmique, la courbe de revenu brut de C_0 d'un peuplement en fonction du temps est représentée à la figure 1 par la courbe g .

1.1.3 COÛTS

Les coûts comprennent tous les déboursés encourus lors de l'exploitation finale du peuplement. Leur importance est fonction de l'âge du peuplement. En effet, il est plus onéreux d'exploiter un jeune peuplement où l'on trouve un grand nombre d'arbres de faible diamètre que d'exploiter un peuplement âgé où, au contraire, les tiges sont moins nombreuses et plus grosses. Les coûts variables, comme la main-d'oeuvre, sont les plus affectés par l'âge du peuplement.

Les coûts globaux d'exploitation forestière se répartissent en deux types bien distincts. Ce sont les coûts directs et les coûts indirects. La première catégorie est constituée des coûts engendrés par l'activité même en forêt. Ils comprennent les coûts de main-d'oeuvre, d'équipement et de transport. Les coûts indirects sont liés à l'aspect gestion et administration de l'exploitation. Les coûts du petit propriétaire privé sont donc constitués en presque totalité de coûts directs. Par contre, dans le cas d'une grande entreprise d'exploitation et de transformation de la ressource, cette distinction s'applique. Ceci se vérifie aussi quand l'Etat exploite sa forêt. Des rencontres effectuées auprès d'administrateurs de la compagnie Domtar et de Rexfor ont permis d'observer qu'il y avait très peu d'écart entre leurs coûts globaux d'exploitation.

Figure 1 - Illustration graphique des modèles à taux d'intérêt nul



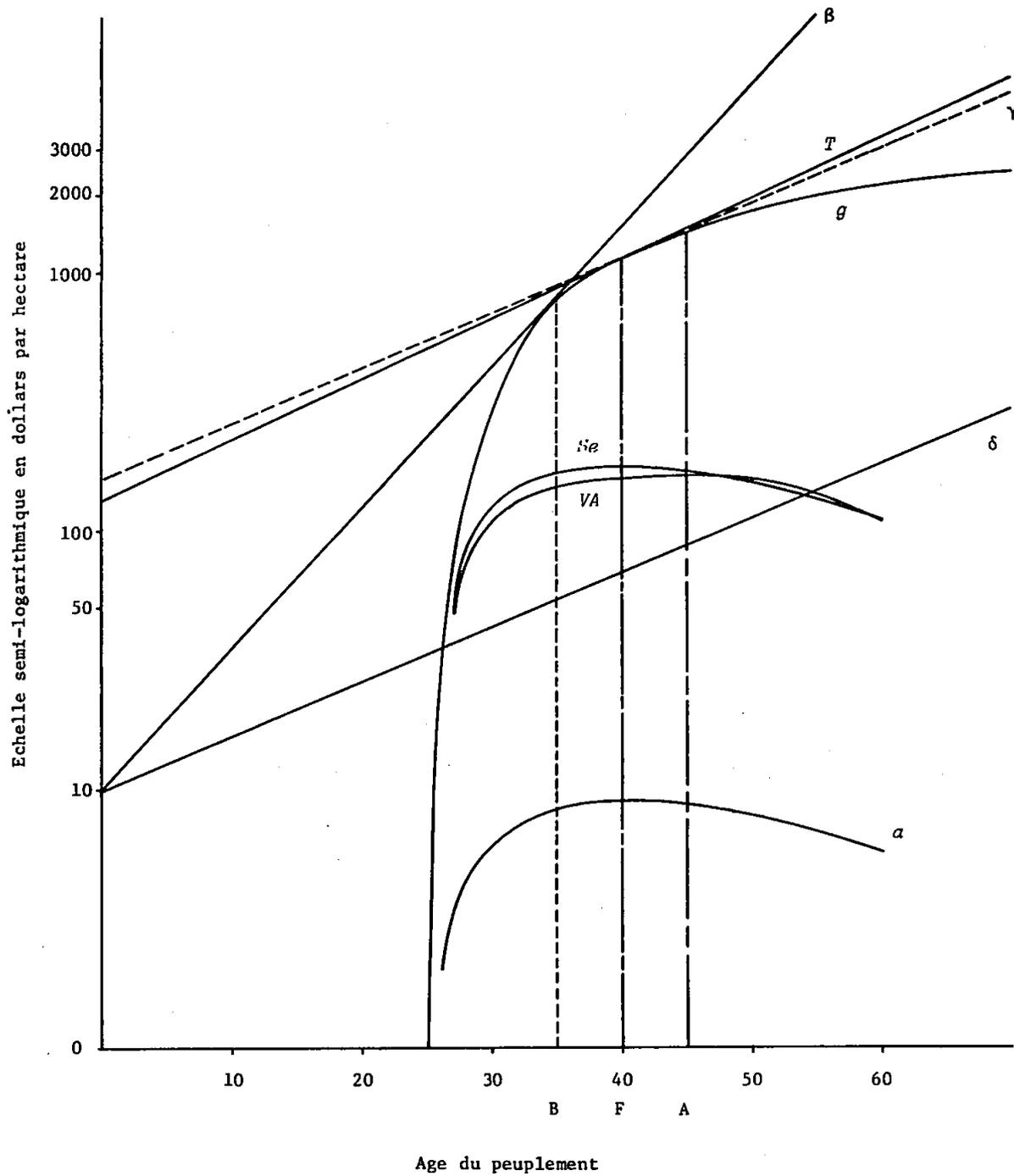
Notre étude ne considère que les peuplements naturels où les coûts de régénération sont nuls. Toutefois, pour démontrer la généralisation du modèle sélectionné, nos descriptions mathématiques tiendront compte des coûts de régénération C_0 du peuplement. Ces déboursés, faits au début de la période de révolution, ne peuvent être investis dans d'autres projets qui auraient pu rapporter un taux d'intérêt i . Ils doivent donc être composés à ce taux tout au long de la période afin de soustraire du revenu brut les coûts réels de régénération. Graphiquement, ces coûts de régénération sont représentés par la droite δ sur la figure 2.

1.1.4 ACTUALISATION

Les revenus produits par un peuplement seront encaissés à des moments différents au cours de la période de révolution. Pour pouvoir comparer la rentabilité de différents peuplements, il faudra ramener la somme des revenus et coûts à un moment précis dans le temps. Dans l'étude présente, les seuls revenus et coûts viendront dans une cinquantaine d'années environ car ils seront engendrés par une coupe finale.

Le fait de ramener à l'année de départ, ou année zéro d'un projet d'investissement, les revenus et coûts engendrés par celui-ci s'appelle l'actualisation. Une relation mathématique logique permet d'actualiser. Il s'agit d'envisager la relation qui consiste à trouver la valeur future V_F d'une somme présente V_P placée à un taux d'intérêt composé i pendant un certain nombre d'années t . Cette relation s'écrit:

Figure 2 - Représentation graphique de divers modèles de maturité financière appliqués au sapin baumier de qualité de station I



$$V_F = V_P (1 + i)^t \quad (1)$$

En inversant cette équation, on définit la valeur présente ou actuelle d'une somme V_F reçue dans t années:

$$V_P = \frac{V_F}{(1 + i)^t} \quad (2)$$

En foresterie, la recette finale vient après un nombre d'années constant si l'on suppose qu'après chaque coupe finale, les conditions de régénération, d'indice de fertilité, de superficie et de rendement sont identiques. La valeur actuelle d'une série infinie de révolution s'exprime ainsi:

$$V_P = \frac{V_F}{(1 + i)^t} + \frac{V_F}{(1 + i)^{2t}} + \dots + \frac{V_F}{(1 + i)^{xt}} \quad (3)$$

En simplifiant, on trouve:

$$V_P = \frac{V_F}{(1 + i)^t - 1} \quad (4)$$

Cette relation sera utilisée plus loin dans ce chapitre.

Le taux d'intérêt i employé dans l'équation (1) devient, dans l'expression (2), le taux d'actualisation. Une intense discussion s'est produite entre les auteurs pour savoir quel est le taux d'actualisation à employer lors d'analyses d'investissement. On définit généralement le taux d'actualisation comme étant le coût d'option du capital investi, c'est-à-dire le rendement additionnel que le capital aurait rapporté s'il avait été investi dans un autre projet comportant des risques identiques.

Il y a une différence entre la notion de profit du comptable et celle de l'économiste. Pour le comptable, les profits se calculent en prenant la différence entre les revenus totaux et les coûts explicites totaux. L'économiste ajoute cependant à cette différence le coût d'option du capital. Cette définition du taux d'actualisation colle bien au contexte de l'entreprise mais prend une autre signification quand on analyse les investissements de l'Etat.

L'argent perçu par la taxation et la satisfaction future provenant de son utilisation dans des investissements publics définissent un certain rapport qu'on appelle "taux social de préférence intertemporelle". L'écart entre cette même somme et la satisfaction future qu'en retire un individu définit le taux individuel de préférence intertemporel. L'Etat, par ces investissements, doit tendre à équilibrer ces deux taux. Si une différence évidente persiste entre ceux-ci, la collectivité manifesterà son insatisfaction par la voie électorale. Le rendement qu'auraient pu produire, dans le secteur privé, les sommes perçues par la taxation et les emprunts définit le coût social d'opportunité. Le taux d'intérêt, ou taux de rendement retiré dans le secteur privé, se décompose en trois parties; il s'agit d'une partie de profit réel, d'une partie d'inflation et d'une marge de risque. Les prêteurs de l'Etat retirent un taux d'intérêt net de risque, qui se rapproche à long terme du rendement moyen net de risque des capitaux privés. Les obligations d'épargne du gouvernement canadien portent intérêt à 9% et constituent une estimation valable du coût social d'opportunité.

Ces divers aspects du taux d'actualisation ont été discutés en détail par plusieurs auteurs. Le lecteur curieux sera satisfait en se référant à Prest et Turvey (1965), Meshan (1971), Lepner (1944) et Lesourne (1964).

1.1.4.1 Actualisation continue

A cause de l'aspect marginaliste du modèle de maturité financière utilisé, une distinction mathématique du taux d'intérêt est nécessaire selon que l'on travaille avec des variables discrètes ou des variables continues. L'emploi du calcul différentiel, dans le but de mesurer une variation du revenu brut pour une variation infinitésimale de temps, provoque une légère modification dans le niveau du taux d'intérêt. Ainsi, dans l'expression 1, les intérêts sont versés annuellement. Si l'intérêt est versé continuellement, c'est-à-dire un très grand nombre de fois par an pour un même nombre d'années, l'égalité suivante devra être réalisée:

$$V_F = V_P \left(1 + \frac{\rho}{n}\right)^{nt} = V_P (1 + i)^t \quad (5).$$

Lorsque n tend vers l'infini, le rapport ρ/n tend vers le taux d'intérêt instantané. En éliminant V_P , on a:

$$\left(1 + \frac{\rho}{n}\right)^{nt} = (1 + i)^t \quad (6).$$

Le terme de gauche peut s'écrire:

$$\left[\left(1 + \frac{\rho}{n}\right)^{\frac{n}{\rho}} \right]^{\rho t} \quad (7)$$

et l'on peut démontrer que le terme entre crochets tend vers le nombre e . Donc, à la limite:

$$e^{\rho t} = (1 + i)^t \quad (8)$$

$$\text{où } \rho = \ln(1 + i) \quad (9).$$

La valeur ρ est toujours légèrement inférieure à i .

1.2 ASPECT THEORIQUE DES MODELES DE MATURITE FINANCIERE

Il est à noter que le contenu de cette section s'inspire principalement de Gaffney (1960). Afin d'aider un lecteur éventuel qui aimerait se référer à cet auteur, les symboles algébriques qu'il utilise ont été conservés dans les démonstrations qui suivent.

1.2.1 MODELES A TAUX D'INTERET NUL

Ils sont au nombre de trois: ce sont le revenu total maximum, le revenu brut annuel moyen maximum et le revenu net annuel moyen maximum. Leur illustration graphique apparaît à la figure 1.

1.2.1.1 Revenu total maximum

Le critère du revenu total maximum définit la maturité financière comme étant l'âge auquel le revenu brut est maximisé. Géométriquement, le maximum de la courbe de revenu brut g par rapport au temps est atteint au point correspondant à une pente nulle. La figure 1 montre le point D qui satisfait cette condition. Si le prix ne varie pas dans le temps, ce critère donne le même âge de maturité que la production physique maximale.

1.2.1.2 Revenu brut annuel moyen maximum

Ce modèle détermine l'âge de maturité en maximisant la valeur brute du bois sur pied divisée par l'âge du peuplement. L'âge satisfaisant le modèle est défini graphiquement par le point B qui s'aligne au point de tangence à g , d'une droite partant de l'origine. Le point B correspond aussi au point de rencontre des courbes de revenu marginal et de revenu moyen. Le Service forestier des Etats-Unis utilise ce critère pour déterminer l'âge de maturité des peuplements forestiers.

1.2.1.3 Revenu net annuel moyen maximum

Le revenu net annuel moyen maximum définit la maturité financière comme étant l'âge qui maximise la valeur nette du bois sur pied ($g - C_0$) divisée par l'âge du peuplement. Cette solution correspond au point C déterminé par le contact avec g d'une droite originaire de C_0 ou par la rencontre des courbes de revenu net marginal et de revenu net moyen. Ce critère équivaut au modèle de la rente forestière.

Ces trois modèles ignorent le coût d'intérêt portant sur la valeur du stock croissant ainsi que la rémunération du sol forestier. Omettre ce taux d'intérêt implique pour l'investisseur qu'il n'y a pas de coût de capital pendant ce temps, ce qui se justifie s'il n'y a pas d'opportunité d'investissement. Ceci étant peu probable, ces modèles sont à rejeter.

1.2.2 MODELE DE FAUSTMANN

La solution de Faustmann, qui est aussi le modèle idéal, se déduit par le raisonnement logique suivant: quelle somme a , composée et cumulée annuellement, permettra d'avoir dans un nombre d'année t , une somme totale A . Appliquée à un peuplement, la somme annuelle a devient la rémunération du sol forestier. La somme A est la recette nette des coûts composés de régénération reçue à l'année de la coupe finale t . L'année qui rend maximale la valeur annuelle assurera la maturité financière du peuplement considéré.

Mathématiquement, on déduit le modèle comme suit:

Nombre d'années	Expression algébrique des sommes percevables chaque année
0	a
1	$a.i + a$
2	$(a.i + a).i + ai + a$
...
t	$a (1 + i)^t$

La valeur finale est la somme des valeurs annuelles:

$$A = a \left\{ 1 + (1 + i) + (1 + i)^2 + (1 + i)^3 + \dots + (1 + i)^t \right\} \quad (10).$$

En solutionnant cette progression géométrique de raison $(1 + i)$ et en isolant a , on définit l'annuité recherchée, appelée rente du sol:

$$a = \frac{A.i}{[(1 + i)^t - 1]} \quad (11).$$

La valeur d'attente du sol, Se , est le prix de vente de la terre dérivée de la sommation d'une série infinie de rendements nets périodiques et actualisés, c'est-à-dire :

$$Se = \frac{A}{(1+i)^t} + \frac{A}{(1+i)^{2t}} + \dots + \frac{A}{(1+i)^{xt}} \quad (3) \quad (12).$$

La raison de cette progression géométrique est $\frac{1}{(1+i)^{xt}}$ et sa solution est :

$$Se = \frac{A}{(1+i)^t - 1} \quad (4) \quad (13).$$

Par substitution, on découvre que la valeur d'attente du sol est simplement la rente annuelle du sol capitalisée le plus simplement, soit :

$$Se = \frac{a}{i} \quad (14).$$

La valeur d'attente du sol et la rente du sol atteignent leur maximum la même année. Ce modèle s'appelle "maximum de valeur d'attente du sol" ou *soil expectation value maximum* de Faustmann. L'année maximisant Se assurera une rémunération maximale au sol et au peuplement.

Sous forme d'une fonction continue, l'expression de la rente devient :

$$a = \frac{g - C_0 (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \rho \quad (15).$$

Pour solutionner cette formule, il faut transformer la variable indépendante "temps" en variable dépendante. Il faut encore que t maximise la rente du sol ou valeur d'attente du sol, c'est-à-dire qu'il faut, comme première condition, que sa dérivée première soit nulle.

Donc:

$$\frac{da}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{g - C_0 (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \cdot \rho \right) = 0.$$

Après maintes et maintes transformations algébriques, la solution du modèle de Faustmann s'écrit:

$$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - C_0)} \quad (16)$$

où

- t = variable dépendante recherchée qui maximise la rente du sol et la valeur d'attente du sol;
- ρ = force du taux d'intérêt en fonction continue;
- g = fonction de revenu par rapport au temps;
- g' = revenu marginal par rapport au temps, c'est-à-dire la pente ou dérivée première de la fonction revenu en chaque point;
- C_0 = coûts de régénération.

Ainsi, A représente le produit net d'un peuplement à la fin d'une révolution d'un nombre d'années t . La valeur d'attente du sol est attribuable au terrain nu, comme l'a définie Faustmann. Cette valeur d'attente du sol est la mesure économique de la productivité du site et aussi de l'option d'aménagement. La rente du sol a est cette somme qui pourrait être perçue annuellement et qui, composée et cumulée, assurerait un produit net A . Il faut noter que S_0 est le fruit de la

sommation et de la composition d'une série infinie de révolutions identiques. Ceci suppose que le peuplement considéré garde, d'une révolution à l'autre, les mêmes caractéristiques physiques, biophysiques et autres.

Cette solution de Faustmann est idéale car elle tient compte de tous les éléments de coûts affectés à un peuplement. L'analyse marginale fournit une démonstration mieux adaptée à la compréhension de ce modèle.

L'analyse marginale affirme que le revenu est maximisé quand une dépense additionnelle est tout juste payée par le revenu additionnel produit. Si l'on connaît annuellement l'évolution en valeur d'un peuplement, g , l'accroissement du revenu par unité de temps s'exprime algébriquement par $\Delta g/\Delta t$ étant donné que les variables sont ici discrètes. Selon la théorie économique, le profit est donc maximisé lorsque le revenu marginal égale le coût marginal, c'est-à-dire lorsque :

$$\frac{\Delta g}{\Delta t} = g \cdot i$$

ou encore $g' = \rho \cdot g$ lorsque la fonction revenu est continue.

Cette démonstration a l'apparence d'une solution marginaliste brutale, où g' est l'accroissement de la valeur et $\rho \cdot g$, l'accroissement du coût d'immobilisation du capital ligneux pour un intervalle de temps additionnel.

Pour que l'égalité précédente soit réalisée dans le cas d'un peuplement forestier, on doit ajouter un autre élément de coût. En effet, il y a en foresterie deux éléments qui incitent à couper un peuplement. Le coût d'immobilisation de la valeur du bois sur pied est l'un de ces éléments. L'attente d'une unité supplémentaire de temps engendre la perte des intérêts encourus sur la valeur brute du bois. Le deuxième élément de coût est engendré par le fait que le sol n'est pas libéré pour une utilisation future pendant cette unité supplémentaire de temps. Ce coût est égal à la rente du sol, α , non encaissée.

Le profit maximum sera réalisé quand le revenu marginal engendré par l'allongement d'une unité supplémentaire de temps sera égal à la somme de tous les coûts marginaux provoqués par cette décision. Cette égalité s'écrit donc:

$$g' = \rho g + \alpha \quad (18).$$

En substituant la valeur de α dans cette équation, on trouve:

$$g' = \rho g + \left[\frac{g - C_0 (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \right] \rho \quad (19).$$

En isolant t , on retrouve la solution de Faustmann, exprimée par l'équation 16.

Ainsi, la solution de Faustmann tient compte de tous les éléments de revenus et de coûts attribuables à un peuplement forestier. C'est pourquoi ce modèle est le plus valable. Pour calculer la maturité financière d'un peuplement, il suffit donc de maximiser la valeur d'attente du sol. Cette valeur économique du site et du peuplement pour

une option d'aménagement donnée, en fonction du temps, est celle vers laquelle devrait tendre le prix de vente du peuplement en situation de concurrence pure et parfaite. Cela suppose que l'acheteur et le vendeur connaissent la méthode d'évaluation. Généralement, S_e est supérieure dans le cas de boisés non soumis à la spéculation foncière.

L'application généralisée de ce modèle sera discutée un peu plus loin.

1.2.3 SOLUTIONS GRAPHIQUES ET NUMERIQUES DES PRINCIPAUX MODELES DE MATURETE FINANCIERE

1.2.3.1 Description de l'exemple utilisé et de ses hypothèses

La revue de littérature a permis de comprendre le fonctionnement et la valeur réelle de tous les modèles de maturité financière. Abordons maintenant ces modèles à l'aide d'un exemple numérique. Les principaux modèles sont appliqués au sapin de qualité de station I. Les données relatives à cette application apparaissent au tableau 1. A ce tableau correspondent les courbes de la figure 2, qui appuieront la démonstration algébrique.

Les hypothèses principales de l'exemple sont les suivantes. Le taux d'actualisation utilisé est 5%, auquel correspond une valeur de ρ égale à 4,879%. Le volume marchand brut récolté est utilisé pour la pâte seulement. Son prix de vente est de \$18.88 le mètre cube. Les revenus indirects ne sont pas considérés dans le calcul du revenu brut. Le procédé d'exploitation utilisé n'est mécanisé qu'à 10 p. 100 et ses étapes sont: abattage, ébranchage et tronçonnage manuels, débardage et

Tableau 1 - Valeurs empiriques correspondant aux courbes de la figure 2, pour les principaux modèles de maturité financière appliqués, pour démonstration, au sapin de qualité de station I, avec un taux d'actualisation de 5%

(1) Age t	(2) Volume ² m ³ /ha	(3) Revenu brut ³ RB \$/ha	(4) Coût d'ex- ploitation ³ CE \$/ha	(5) Valeur du bois sur piéd g \$/ha	(6) Facteur de comparaison	(7) Facteur d'ac- tualisation	(8) Coefficient de correction ϕ	(9) Rapport ρ/ϕ	(10) Coûts compo- sés de régé- nération ⁴ δ \$/ha	(11) Valeur nette finale A \$/ha	(12) Bénéfice du sol a \$/ha/an	(13) Valeur d'attente du sol Se \$/ha/an
35	116,3	2195	1364	831	5,52	0,18	0,82	5,96	55,16	775,84	8,59	171,80
40	147,6	2786	1626	1160	7,04	0,14	0,86	5,69	70,04	1089,96	9,00*	179,96
45	178,4	3368	1888	1481	8,99	0,11	0,89	5,49	89,85	1391,15	8,71	174,22
50	207,7	3921	2148	1773	11,47	0,09	0,91	5,34	114,67	1658,33	7,92	158,43
55	234,6	4430	2403	2028	14,64	0,07	0,93	5,23	146,36	1881,64	6,90	137,99
60	258,7	4886	2646	2240	18,68	0,05	0,95	5,16	186,79	2053,21	5,81	116,14
65	279,9	5286	2875	2412	23,84	0,04	0,96	5,09	238,90	2173,60	4,76	95,17
70	298,3	5633	3086	2547	30,43	0,033	0,967	5,05	304,86	2242,14	3,81	76,19
75	314,3	5935	3281	2654	38,83	0,025	0,975	5,01	388,33	2265,67*	2,99	59,89
80	328,6	6206	3465	2741	49,56	0,02	0,98	4,98	495,61	2245,39	2,31	46,24
85	342,4	6484	3671	2793	63,25	0,0158	0,9842	4,96	632,54	2160,46	1,74	34,70

¹ Le volume marchand est utilisé en totalité pour la pâte. Son prix de vente est de \$18,88 par mètre cube

² Seuls les revenus directs sont considérés

³ Le procédé d'exploitation n'est mécanisé qu'à 10 pour cent

⁴ Les coûts de régénération sont fixés à \$10 par hectare pour les fins de cet exemple

Tableau 1 (suite) - Valeurs empiriques correspondant aux courbes de la figure 2, pour les principaux modèles de maturité financière appliqués, pour démonstration, au sapin de qualité de station I, avec un taux d'actualisation de 5%

(1) Age t	(14) α maximum cumulée et composée \$/ha	(15) Coût total du temps T \$/ha	(16) Taux in- terne de rentabi- lité i_B %	(17) Valeur de la courbe β \$/ha	(18) Valeur du bois sur piéd actua- lisé VA \$/ha	(19) Rente fore- stière RF \$/ha/an	(20) Revenu brut annuel moyen \$/ha/an	(21) Taux d'ac- croissement annuel moyen %	(22) Taux d'ac- croissement annuel moyen net %	(23) Rapport i/ϕ	(24) $V.P.N.$ générale \$/ha	(25) STR général %
35	796	851	13,46	831	149,58	23,46	23,74	7,92	8,01	6,10	-4,43	4,89
40	1087	1157	12,62	1562	162,40	28,75	29,00	5,53	5,58	5,81	0,50	5,0052
45	1438	1528	11,75	2937	162,91*	32,69	32,91	3,94*	3,97	5,62	-5,85	4,94
50	1885	1999	10,91	5523	159,57	35,26	35,46	2,88	2,89	5,49	-21,57	4,77
55	2455	2602	10,14	10384	141,96	36,69	36,87	2,09	2,10	5,38	-139,53	4,56
60	3182	3369	9,44	19524	112,00	37,17	37,33	1,54	1,54	5,26	-124,02	4,33
65	4111	4350	8,81	36710	96,48	36,95	37,11	1,12	1,12	5,21	-100,60	4,10
70	5297	5602	8,24	69023	84,05	36,24	36,39	0,84	0,84	5,17	-103,77	3,88
75	6809	7198	7,73	129780	66,35	35,25	35,39	0,66	0,66	5,13	-58,89	3,67
80	8741	9236	7,27	244018	54,82	34,14	34,36	0,38	0,38	5,10	-133,72	3,48
85	11205	11838	6,85	458814	44,13	32,74	32,86			5,08	-485,54	3,29

camionnage du bois en billes de huit pieds (2,4 m env.). Les coûts d'exploitation apparaissant à la colonne 4 du tableau 1 ont été calculés à l'aide du programme d'ordinateur utilisé dans l'étude de Lussier et Godbout (1974) intitulée: "Etude du coût des bois F.A.B. destination dans la perspective de droits de coupes variables". Son fonctionnement sera discuté plus loin. Pour les fins de la démonstration seulement, les coûts de régénération sont fixés à \$10.00 par hectare.

Le revenu brut est le résultat du produit du volume marchand par hectare et du prix de vente. Le volume est dit brut parce qu'il inclut la carie. Il existe peu de données relatives à la proportion de carie par peuplement et par qualité de station en fonction de l'âge.

La colonne 4 du tableau 1 donne les coûts d'exploitation en fonction de l'âge. L'exemple ne tient compte que des coûts directs d'exploitation, c'est-à-dire qu'il n'inclut pas les coûts d'administration, pour ne citer que ce type de coûts indirects. Le calcul des coûts d'exploitation a rendu nécessaire la transcription en langage *APL* du programme écrit par Godbout dans l'étude citée plus haut. Une partir de cette étude explique le fonctionnement et la nature des intrants de ce programme.

La valeur du bois sur pied est la valeur résiduelle entre le revenu brut et les coûts d'exploitation. Elle apparaît à la colonne 5 du tableau 1. Son symbole algébrique est g . La valeur du bois sur pied est représentée à la figure 2 sous la forme de la courbe g . Il est à noter que toutes les courbes de la figure 2 sont

tracées sur une échelle semi-logarithmique. D'après cet exemple, le critère du revenu total maximum donnerait une maturité supérieure à 85 ans d'âge du peuplement. On se souvient toutefois qu'il a été précédemment démontré que ce critère n'est pas financièrement valable.

Une autre courbe très importante pour les fins de cette démonstration est celle des coûts composés de régénération δ . Ceux-ci ont été fixés à \$10 par hectare. Ils sont composés au taux d'actualisation de 5% et apparaissent à la colonne 10 du tableau 1. Symboliquement, on a : $\delta = C_0 (1 + i)^t$.

La valeur finale A du peuplement de sapin considéré est la distance entre les courbes g et δ , ce qui s'écrit algébriquement :

$$A = g - C_0 (1 + i)^t \quad (20).$$

Cette valeur finale atteint son maximum à 75 ans.

1.2.3.2 Application de la solution de Faustmann

Appliquons maintenant à cet exemple les éléments de la solution de Faustmann pour en déterminer la maturité financière. Essentiellement, il s'agit de maximiser l'équivalent annuel α de l'excès maximum de la valeur A sur les coûts composés de régénération. Donc, lorsque la valeur finale sera à son maximum, la rente du sol (ou l'équivalent annuel de A) sera aussi à son maximum. Graphiquement, pour maximiser α , on construit la courbe T , qui excède δ d'une annuité cumulée et composée à un taux d'intérêt i . T s'exprime alors :

$$T = C_0 (1 + i)^t + \frac{\alpha (1 + i)^t - 1}{\rho} \quad (21).$$

La valeur de a utilisée ici est la valeur maximale de la rente du sol. La colonne 14 donne les valeurs calculées de A pour chaque année d'observation. Par exemple, à 60 ans on a:

$$A = 9,00 \frac{(1 + 0,05)^{60} - 1}{0,05} = \$3182.25$$

Il est à noter que dans le calcul numérique, on utilise la valeur i et non la valeur ρ , vu que les données sont discrètes et non continues.

Deux conditions doivent être satisfaites pour maximiser A . Premièrement, la courbe T doit être tangente à la courbe g . Ce point de tangence détermine pour chacune de ces courbes des coordonnées égales. Deuxièmement, les courbes doivent avoir la même pente à ce point, c'est-à-dire la même dérivée première. Ces conditions s'expriment algébriquement par les équations suivantes:

$$g = T = C_0 (1 + i)^t + a (1 + i)^t - 1 \quad (22)$$

$$g' = T' = C_0 \cdot \rho (1 + i)^t + \frac{a (1 + i)^t}{\rho} \\ = (C_0 \cdot \rho + a) \cdot (1 + i)^t \quad (23).$$

En isolant a dans la première relation et en le substituant dans la seconde, on trouve l'équation:

$$g' = \frac{\rho \cdot (1 + i)^t \cdot (g - C_0)}{(1 + i)^t - 1} \quad (24).$$

En isolant t , on retrouve la solution de Faustmann telle que décrite précédemment, soit:

$$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - C_0)}$$

En traçant, sur la figure 1, la courbe des valeurs numériques de notre exemple, on obtient le point de tangence recherchée des courbes g et T pour des coordonnées égales d'âge de 40 ans et une valeur de \$1160.00 par hectare. Ainsi, la maturité financière obtenue selon le critère de Faustmann survient à 40 ans dans cet exemple. Graphiquement, il est visible qu'à cette solution correspondent les maximums des courbes de la rente du sol a et de la valeur d'attente du sol Se . Les conclusions de la section 1.2.2 se voient donc pleinement vérifiées.

1.2.3.3 Application de la solution d'Allen et Fisher

Ces auteurs préconisent la maximisation de la valeur actualisée du bois sur pied, dont l'expression mathématique est:

$$\frac{g}{(1+i)^t}$$

Pour maximiser, on doit rendre la dérivée de l'expression précédente égale à zéro. D'où:

$$\frac{d}{dt} \frac{g}{(1+i)^t} = 0$$

En solutionnant, on trouve:

$$\frac{g'}{g} = \rho$$

ou encore, en présence de données discrètes:

$$\frac{\Delta g / \Delta t}{g} = i$$

Ce qui signifie que le propriétaire d'un peuplement retardera la coupe finale jusqu'à ce que le pourcentage de croissance en valeur du stock sur pied soit égal au taux d'intérêt. Ce critère maximise l'*output* par révolution et non par année.

Une importante anomalie de ce critère est qu'il ne tient pas compte des coûts de régénération, car les deux auteurs considèrent que C_0 n'est pas fonction du temps, puisque:

$$\frac{g - C_0 (1 + i)^t}{(1 + i)^t} = \frac{g}{(1 + i)^t} - C_0$$

Pour Allen et Fisher, le niveau des coûts de régénération n'influence donc pas la longueur de la révolution. Mais en réalité, le fardeau annuel de ce coût peut être réduit par une période de révolution plus longue et, *ceateris paribus*, des coûts de régénération élevés nécessiteront une période de révolution allongée. Une autre erreur vient du fait que ce critère ne tient pas compte de l'excès, dès la première année, de la valeur du bois sur pied sur les coûts de régénération. Ceci suppose qu'il suffit de planter ses graines pour voir l'investissement s'élever immédiatement au niveau de la valeur du bois sur pied actualisée.

Enfin, le critère d'Allen et Fisher n'accorde aucun coût d'utilisation au sol, ce qui implique que la terre n'a aucune valeur. Il ne tient compte que de l'urgence de libérer le capital sur pied, ρg . A ceci, Faustmann ajoute la valeur annuelle du site non encaissée pour rendre cette somme égale à l'accroissement en valeur du bois debout:

$$g' = \rho g + a$$

La solution numérique apparaît aux colonnes 18 et 21. La maturité financière est fixé à 45 ans, âge correspondant au maximum de la valeur actualisée de la colonne 18.

On peut aussi définir l'âge de maturité financière par comparaison des taux d'accroissement annuel moyen apparaissant à la colonne 21 du tableau 1, avec le taux d'intérêt qui est dans cet exemple 5%. Cette égalité se réalise à 45 ans.

Géométriquement, la solution est déterminée par la tangence des courbes g et γ , laquelle est la courbe la plus élevée dont la pente est le taux d'intérêt. La rencontre de γ et de l'ordonnée définit le niveau maximum de la valeur actualisée, soit \$162.91. Ce point de tangence fixe une valeur d'abscisse de 45 ans qui correspond en même temps au point maximum de la courbe des valeurs actualisées, VA.

1.2.3.4 Application de la solution de Duerr, Fedkiw et Guttenberg

Afin de parer aux difficultés d'application de la solution de Faustmann, Duerr *et al.* ont conçu un modèle plus opérationnel. Leur solution est déduite de l'expression 19. Plutôt d'isoler de celle-ci la variable t (ce qu'a fait Faustmann), Duerr, Fedkiw et Guttenberg (1956) retirent la valeur ρ , ce qui donne:

$$\rho = \frac{g'}{g - C_0} \cdot \frac{(1 + i)^t - 1}{(1 + i)^t} \quad (26)$$

Le second terme de la partie droite de l'équation s'appelle coefficient de correction, ϕ . Il peut être calculé pour un taux d'intérêt quelconque à chaque année de la révolution.

Duerr, Fedkiw et Guttenberg affirment que la maturité financière d'un peuplement sera réalisée l'année où l'égalité sera vérifiée.

$$\frac{g'}{g - C_0} = \frac{\rho}{\phi} \quad (27).$$

Cette version de la solution de Faustmann est particulièrement facile. Elle signifie que la maturité financière est atteinte quand le taux de croissance, exprimé en pourcentage de la valeur du bois sur pied nette des coûts de régénération, devient égal à ρ divisé par la valeur calculée du coefficient de correction ϕ . Plusieurs tables de mathématiques donnent des tableaux du rapport ρ/ϕ pour chaque année et pour différents i , de sorte qu'un forestier peut, après avoir calculé la partie gauche de l'équation, voir d'un coup d'oeil l'année où l'égalité est créée et déterminer ainsi la maturité financière du peuplement étudié.

Cette formule donne la solution de Faustmann; si l'on ne tient pas compte du facteur de correction, elle donne une solution rapprochée de celle-ci.

Duerr *et al.* ont apporté à leur critère plusieurs hypothèses, de sorte qu'ils concluent que ce calcul donne finalement la même solution que celui d'Allen et Fisher, c'est-à-dire: $\frac{g'}{g} = i$ ce qui n'est vrai que pour des cas particuliers.

L'exemple numérique du tableau 1 donne une solution très approximative, à cause de la nature discrète des données. La colonne 22 donne une moyenne pour une période de cinq années du taux

d'accroissement annuel net. L'idéal aurait été de calculer, à même une fonction revenu, le taux annuel et non le taux moyen. Quoiqu'il en soit, l'exemple donne comme solution très approximative l'année où l'égalité des colonnes 22 et 23 est réalisée.

1.2.3.5 Application de la solution de Boulding

Selon Boulding (1955), la maturité financière sera réalisée lorsque le taux interne de rentabilité annuel moyen sera maximum. Le père de ce modèle définit ce taux comme étant le taux annuel moyen auquel l'investissement initial devra profiter pour devenir égal à la valeur du bois sur pied, à l'année de la coupe. Ce taux est dérivé de la recette nette acquise à la coupe. Cette année-là, la recette nette devra être nulle. Les revenus égaleront ainsi les coûts, d'où:

$$A = g - C_0 (1 + i)^t = 0$$

$$g = C_0 (1 + i)^t$$

et en isolant i , on trouve le taux interne de rentabilité de Boulding,

i_B :

$$i_B = \sqrt[t]{\frac{g}{C_0}} - 1 \quad (28).$$

Selon l'auteur du concept, l'année qui donne le taux interne de rentabilité maximum correspond à la rente du sol maximum où à la valeur d'attente du sol maximum. Ceci est faux, comme le montre l'exemple au tableau 1. En effet, le critère du taux interne de rentabilité maximum (colonne 16) donne comme solution de maturité financière 35 ans, tandis que la valeur maximum de la rente du sol est atteinte à 40 ans.

Une autre objection à ce modèle est qu'en présence de coûts initiaux approchant zéro, comme c'est le cas dans les peuplements naturels, i_B tend vers l'infini; solution agréable mais non plausible.

Pour trouver la solution de Boulding, il faut maximiser i_B , c'est-à-dire rendre sa dérivée égale à zéro. On dégage alors:

$$t = \frac{g}{g'} \ln \frac{g}{C_0} \quad (29)$$

ce qui diffère de la solution de Faustmann.

Graphiquement, il suffit de donner à la courbe δ de pente i la pente maximum lui permettant d'être tangente à g . La courbe δ devient alors la courbe β d'expression algébrique:

$$\beta = C_0 (1 + i_{B \text{ max.}})^t \quad (30).$$

L'exemple vérifie ce procédé en traçant sur la ligne 2 les valeurs numériques de la colonne 17 du tableau 1, donnant ainsi la courbe β . Le point de tangence de β et de g montre des coordonnées égales à 35 ans.

L'hypothèse sous-jacente à ce concept est que le montant entier des revenus reçus à la coupe peut être réinvesti dans un peuplement forestier et que cette somme assure un rendement égal à l'investissement initial, C_0 . Ceci suppose un nombre infini de terres forestières avec une productivité identique.

Ce concept fait aussi implicitement l'hypothèse que l'entreprise forestière n'a accès au marché des capitaux ni comme prêteur ni

comme emprunteur, ce qui signifie qu'elle opère toujours avec un montant fixe de capital chaque année.

Avec un marché des capitaux accessible, une firme voulant maximiser sa rentabilité empruntera pour financer tout projet ayant un taux de rendement supérieur au taux d'emprunt. Inversement, une firme pouvant prêter à un taux supérieur à i_B agirait de façon irrationnelle en investissant en foresterie. Le concept du taux interne de rentabilité de Boulding suppose que l'accès à toutes les autres possibilités d'investissement (pas de coûts d'opportunité) est bloqué et, comme le modèle de Duerr, ne considère comme intrant que le stock croissant.

1.2.3.6 Application de la valeur présente nette généralisée (VPN)

On peut généraliser le critère de la valeur présente nette (VPN) simple en tenant compte, en plus de la valeur du stock croissant, de la valeur de la terre, L . Le revenu net périodique s'écrit maintenant:

$$A = g - C_0 (1 + i)^t - [L (1 + i)^t - L]$$

où la valeur entre crochets représente ce qu'il en coûte de garder la terre occupée et non sa valeur. En actualisant une suite infinie de recettes A , à l'aide de la relation 3, on trouve:

$$\pi = \frac{g - C_0 (1 + i)^t - L (1 + i)^t - L}{(1 + i)^t - 1} \quad (31).$$

Ce modèle est une extension de la formule de Faustmann et donne effectivement la même solution. Selon Faustmann, la terre est un facteur fixe de production et tout surplus vient d'elle. En rendant l'équation précédente égale à zéro, on dégage :

$$L = \frac{g - C_0 (1 + i)^t}{(1 + i)^t - 1}$$

ce qui est en réalité la valeur d'attente du sol de Faustmann.

En comparant la *VPN* généralisée à la *VPN* traditionnelle, on réalise que cette dernière ne tient compte que d'une révolution et que le coût d'opportunité du sol, aussi bien de la révolution actuelle que des suivantes, n'est pas considéré.

La *VPN* généralisée appliquée au sapin de site I apparaît à la colonne 24 du tableau 1. Les valeurs de cette colonne ont été calculées en prenant comme valeur de la terre la valeur d'attente du sol maximum, puisque c'est vers celle-ci que devrait tendre, en situation de concurrence pure et parfaite, le prix de vente de la terre. La maturité financière est donc atteinte à 40 ans, tout comme dans la solution du modèle de Faustmann.

1.2.3.7 Application du taux interne de rentabilité généralisé de Gaffney

Cette fois encore, on peut généraliser le taux interne de rentabilité en tenant compte de la valeur de la terre. Algébriquement, il s'agit de rendre égale à zéro la sommation d'une série infinie de revenus nets périodiques égaux et d'isoler i pour définir le modèle :

$$i_G = \sqrt{\frac{g + L}{C_0 + L}} - 1 \quad (32).$$

En maximisant cette équation, on trouve la solution:

$$t = \frac{g + L}{g'} \ln \frac{g + L}{C_0 + L} \quad (33).$$

En fait, on est ici en présence du taux interne de rentabilité de Boulding mais qui tient compte du coût de la terre. Ce critère pose comme condition que le capital ne varie pas, ce qui peut être causé par un manque d'accessibilité au marché.

Appliqué à notre exemple, il atteint son maximum à 40 ans pour le sapin de qualité de station I. Ses valeurs en fonction de l'âge apparaissent à la colonne 25 du tableau 1. Pour la raison exposée précédemment, le calcul a été fait avec une valeur de la terre égale à la valeur d'attente du sol maximum, c'est-à-dire \$179.96 par hectare.

1.2.3.8 Validité du modèle de Faustmann

L'approche de Faustmann est sans doute la plus complète. En effet, l'analyse marginale qui est à la base même du modèle considère deux éléments de coûts reliés respectivement aux éléments physiques d'un boisé, à savoir le sol et les arbres. Le propriétaire d'un hectare de forêt a deux raisons de vouloir couper ses arbres, soit l'économie du sol et l'économie non encaissée des sommes liées à la valeur des bois sur pied. Ces montants épargnés sont la rente du sol et l'intérêt encouru chaque année sur la valeur du bois sur pied. Un modèle de maturité financière complet se doit de considérer ces deux éléments.

Le concept d'Allen et Fisher ignore la rente du sol et détermine ainsi une révolution financière trop longue. Boulding émet des hypothèses irrationnelles et, de plus, surestime le coût marginal du temps, ce qui provoque une révolution trop courte. Les concepts ne considérant pas le taux d'intérêt passent sous silence l'intérêt sur la valeur du bois debout et déterminent ainsi une révolution trop longue. La formule de Faustmann considère les deux éléments d'urgence à couper et alloue à chacun un taux d'intérêt approprié à la situation financière du propriétaire (accessibilité au marché des capitaux).

L'objection principale opposée par divers auteurs au modèle de Faustmann est qu'il repose sur l'hypothèse d'une série infinie de revenus périodiques égaux. D'autres chercheurs n'admettent la validité du modèle que dans le cas de terrains nus ou de peuplements équiennes exploités par coupe à blanc. Certains prétendent qu'il ne donne pas la révolution optimale dans une forêt normalisée. Gaffney (1960) s'objecte irrévocablement à ces assertions.

Une succession infinie de revenus périodiques égaux peut sembler irrationnelle si l'on sait que les recettes nettes finales peuvent être altérées et que l'option d'aménagement même peut changer. Mais il faut regarder le problème à partir de celui qui décide d'investir dans un boisé. Il n'est pas mauvais que ce dernier croit que l'option qu'il a choisi se répète indéfiniment puisqu'elle lui rapportera le maximum pour son investissement actuel.

La maturité financière d'un peuplement doit être considérée comme la connaissance de base nécessaire à la décision d'investir. Son

calcul doit être répété tout au long de la révolution, car elle peut être modifiée par des considérations d'ordre technique ou technologique. Ainsi, l'investisseur pourra, s'il s'aperçoit que son coût d'opportunité est trop élevé, couper plus tôt son peuplement et investir ailleurs.

La valeur d'attente reste inchangée, que le calcul soit fait à prix constants ou à prix courants, à la condition d'utiliser un taux d'actualisation tenant compte de l'inflation (voir Musnier, 1976). Si, par contre, il y a une évolution des prix en termes réels, le modèle de Faustmann n'est plus valable et la valeur d'attente du sol peut être calculée par estimation sur au moins deux révolutions, car la deuxième constitue le coût d'opportunité de l'immobilisation du site par la première. Dans le cas de courtes révolutions, culture d'arbre de Noël, par exemple, la valeur présente des révolutions futures est négligeable.

C'est pour toutes ces raisons que la présente étude applique le modèle de Faustmann dans la détermination de la maturité financière des peuplements résineux. Le tableau 2 résume les principaux modèles de maturité financière. Les deux dernières colonnes sont particulièrement pertinentes. La cinquième donne l'orientation des solutions obtenues pour chacun des modèles, par rapport à la solution idéale de Faustmann. La dernière colonne appuie les conclusions théoriques sur les solutions observées lors de l'application numérique des modèles à un peuplement de sapin baumier de la meilleure qualité de station.

Tableau 2 - Sommaire des modèles de maturité financière et résultats de leur application au sapin de qualité de station I

Auteur	Expression à maximiser	Nom	Solution	Effet sur la révolution par rapport à la solution de Faustmann	Résultats obtenus pour le sapin de site 1
—	g	Revenu brut maximum	$g' = 0$	+	> 85
Service forestier des Etats-Unis	g/t	Revenu brut annuel moyen maximum	$t = \frac{g}{g'}$	+	60
Rodbertus Norggreve Ostwald	$\frac{g - Co}{t}$	Revenu net annuel moyen maximum ou Rente forestière (Waldrent)	$t = \frac{g - Co}{g'}$	+	60
Ministère des Terres et Forêts du Québec	$\frac{V}{t}$	Accroissement physique annuel moyen	$t = \frac{V}{V'}$	+	65
—	$\frac{g - Co}{(1+i)^t}$	VFN maximum	$t = \frac{1}{\rho} \ln (-g' - \rho (g + Co))$	+	45
—	$g - Co (1+i)^t - L (1+i)^t - L$	VFN générale	$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - Co)}$	0	40
Faustmann	$\alpha = \left[\frac{g - Co (1+i)^t}{(1+i)^t - 1} \right]$	Rente du sol maximum	$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - Co)}$	0	40
Faustmann	$Se = \frac{g - Co (1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$	Valeur d'attente du sol maximum (Soil Expectation Value)	$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{g' - \rho (g - Co)}$	0	40
Allen et Fisher Duerr et al.		Valeur actualisée maximum et valeur nette actualisée maximum	$\rho = \frac{g'}{g} \text{ et } \frac{g'}{g - Co}$ $t = \frac{1}{\rho} \ln (-g' - g\rho)$	+	40
Faustmann utilisés par Duerr et al.			$\frac{g'}{g - Co} = \frac{\rho}{\phi}$ $t = \frac{1}{\rho} \ln (-g' - g\rho)$	0	40
Boulding	$i_\beta = \sqrt{\frac{g}{Co}} - 1$	Taux interne de rentabilité maximum	$t = \frac{g}{g'} \ln \frac{g}{Co}$	-	35
Gaffney	$i = \sqrt{\frac{g+L}{Co+L}} - 1$	TIR général maximum	$t = \frac{g+V}{g'} \ln \frac{g+V}{Co+V}$	0	40
Bildreth	$\frac{g}{t(1+i)^t}$	Croissance annuelle moyenne actualisée maximum	$g' = g\rho + \frac{g}{t}$ $t = \frac{g'}{g' - g\rho}$		
	$g - Co (1+i)^t$	Revenu net des coûts composés de régénération	$t = \frac{1}{\rho} \ln \frac{g'}{Co, \rho}$	+	75

* Ce tableau est inspiré de Gaffney (1960)

1.3 GENERALISATION ET SENSIBILITE AUX VARIABLES

La connaissance de la maturité financière est un pré-requis à toute prise de décision. D'autres considérations peuvent influencer la durée de la révolution économique. Du côté pratique, le calcul de Se se prête bien à la simulation. L'accessibilité à l'ordinateur permet de calculer sa valeur à chaque âge du peuplement. Ainsi, connaissant Se tout au long de la vie du boisé, il sera possible de déterminer ce qu'il en coûte de choisir pour des raisons autres que financières une révolution autre que celle de Se maximum.

L'âge de maturité financière est obtenu lorsque Se est maximisée. Puisque l'étude ne considère que les peuplements naturels, C_0 est nul. La formule à appliquer devient alors,

$$Se = \frac{g}{(1+i)^t - 1} \quad (34).$$

La généralisation consiste à introduire dans le calcul les revenus et les coûts intermédiaires. S'ils sont annuels et constants, tels les taxes foncières, ils n'ont pas d'influence sur l'âge de maturité financière. En effet, on a vu que maximiser Se revient à maximiser a , car:

$$Se = a \cdot i$$

Si l'on représente les taxes foncières par C , on aura:

$$a = \frac{g}{(1+i)^t - 1} - C \quad (35).$$

En maximisant a , c'est-à-dire $da/dt = 0$, on élimine la valeur C .

La valeur de Se calculée dans cette étude n'inclut pas les taxes foncières. Pour avoir la valeur du terrain nu, il faut donc retrancher la valeur capitalisée des taxes foncières, soit:

$$\text{Valeur du terrain nu} = Se = \frac{C}{i}$$

Dans l'étude à venir où les coûts et revenus des travaux sylvicoles seront considérés, ces valeurs auront une influence sur la maturité financière. Leur introduction dans la formule ne pose pas de problèmes majeurs. Il suffira d'en faire la sommation après les avoir composés à l'année considérée. L'expression à maximiser devient alors:

$$Se = \frac{g_m + \sum_0^m RIN (1+i)^{m-t}}{(1+i)^m - 1}$$

où

- RIN = solde des revenus et coûts intermédiaires
- m = année considérée
- t = année des interventions

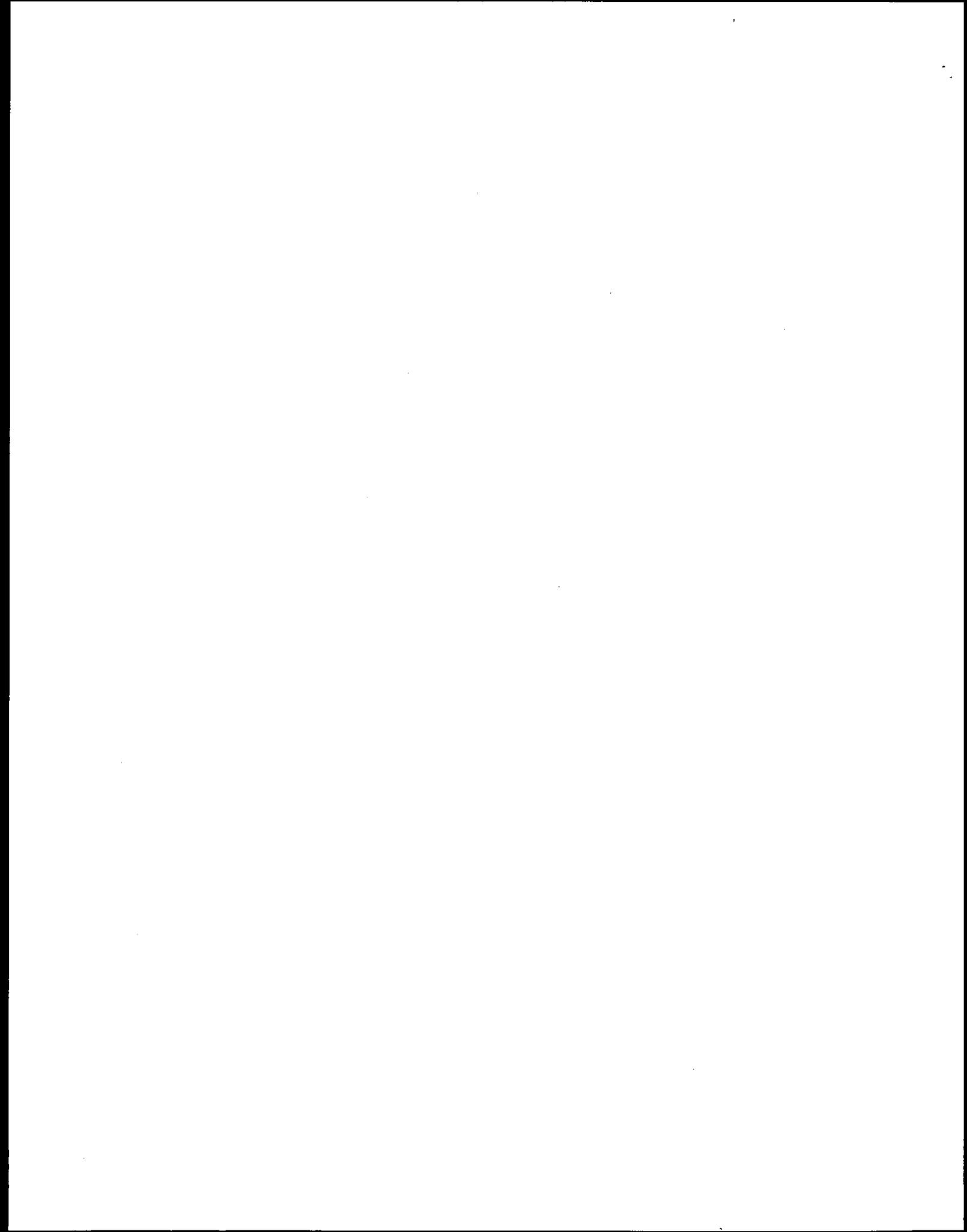
La variable la plus importante et qui influence l'âge de maturité financière est la valeur du bois sur pied. Elle est fonction de la production, de la valorisation de celle-ci et des coûts de récolte. Toute composante de g qui tend à l'accroître avancera l'âge de maturité financière et inversement. Une hausse de la valeur au marché par unité de volume coïncidant avec une baisse du coût d'exploitation raccourcira donc la maturité financière. Si la valeur du bois sur pied par unité de volume restait constante dans le temps, elle n'aurait pas d'influence.

Ceci n'est pas réaliste, car même avec un prix constant dans le temps, comme dans cette étude, le coût de récolte par unité de volume décroît avec l'âge. De même, les revenus intermédiaires des éclaircies commerciales sont plutôt négatifs et tendent à éloigner l'âge de maturité. Mais cet effet est contrebalancé par une accélération de la croissance physique et de la valeur du peuplement, avançant ainsi la maturité.

Le type de peuplement et la qualité de station ont une influence par le biais du volume produit. Le taux d'accroissement en valeur diminue avec la qualité de station, ce qui contribue à retarder l'âge de maturité. De même, les essences à croissance rapide ont une maturité plus précoce.

Les taxes foncières n'ont donc pas d'influence sur la maturité. Par contre, une taxe qui porterait sur la valeur du bois sur pied l'influencerait. Le propriétaire privé aurait tendance à diminuer le stock sur pied de son boisé, influençant négativement le taux d'accroissement physique et la valeur du peuplement. La forêt ne permet pas de payer une taxe annuelle constante supérieure à la rente du sol α . Ce type de taxe irait à l'encontre d'une bonne gestion des forêts privées.

Le taux d'actualisation a un effet négatif sur la révolution économique, à mesure qu'il augmente. Pour une même valeur de t , le dénominateur de l'expression de Se augmente avec l'accroissement de i , diminuant ainsi la valeur de Se . La valeur maximale de Se est donc atteinte plus tôt.



CHAPITRE II

INTRANTS DU MODELE

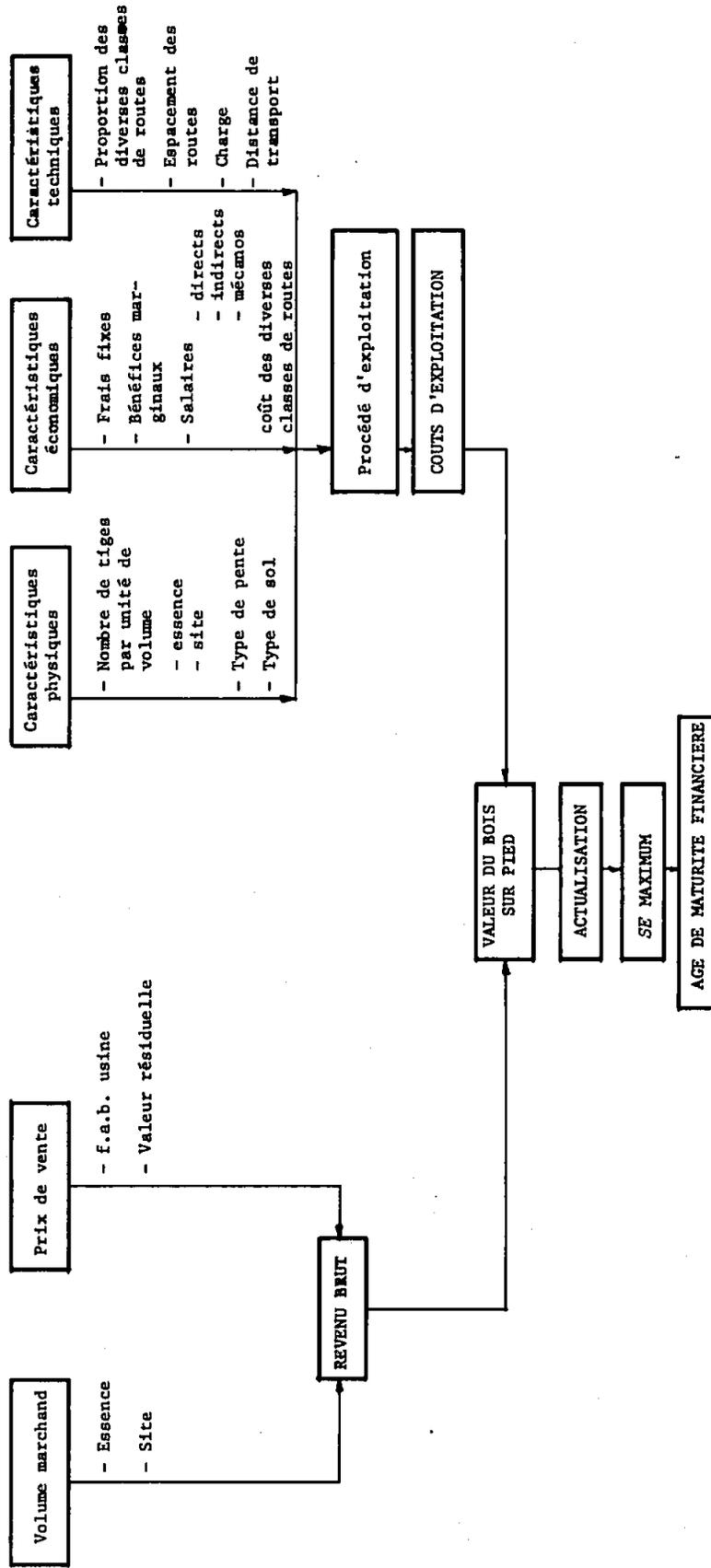
Ce chapitre définit la valeur du bois sur pied ainsi que la valeur de ses composantes, telles qu'utilisées lors du calcul de la maturité financière.

Le schéma de la figure 3 illustre les étapes et les éléments à connaître pour calculer l'âge de maturité financière d'un boisé dont les caractéristiques biophysiques sont connues.

2.1 VALEUR DU BOIS SUR PIED

Au Québec, il n'existe pas de marché compétitif comme tel pour le bois sur pied. Sa valeur doit donc être estimée. La méthode retenue ici est celle du rendement de conversion de Davis (1966). Elle a servi dans l'étude de Cloutier *et al.* (1974) et elle présente l'avantage de ventiler tous les coûts, ce qui permet de les disséquer ou de les agréger à volonté.

Figure 3 - Schéma du cheminement pour la détermination de la maturité financière



Pour le bois à pâte, on exprime cette méthode par l'équation suivante:

$$VSP = \frac{PR - (CTI + CT)}{R} - CE - MPR$$

où

VSP : valeur du bois sur pied

PR : prix de vente du papier journal

CTI : coût de transport au marché

CT : coût de transformation

R : facteur de rendement

CE : coût du bois livré à l'usine incluant le coût d'inventaire

MPR : marge de profit et risque sur le prix de vente, avant imposition et intérêts.

L'étude actuelle ne vise que l'aspect exploitation de la matière ligneuse et dès lors, les variables ne concernent que la quantité de station, le peuplement et les coûts de récolte et de transport du bois rond à l'usine. Le calcul de la *VSP* peut donc se faire à l'aide de la valeur résiduelle *VR* à l'entrée de l'usine, soit:

$$VR = VSP + CEX$$

où

VR : valeur résiduelle

VSP : valeur du bois sur pied résultant de l'expression précédente

CEX : somme des coûts de récolte et de transport à l'usine.

La valeur résiduelle ainsi mesurée peut être utilisée dans le calcul de la maturité financière dans le cas de compagnies d'exploitation qui assurent aussi la transformation, puisque cette valeur est nette de la marge de profits et risques avant impôts et intérêts.

Dans le cas de la forêt privée ou de compagnies ne faisant que l'exploitation des forêts, la VSP peut être calculée à partir du prix f.a.b. usine du bois rond, pour lequel il existe un marché.

2.1.1 PRIX DU BOIS A PATE

En 1974, Statistique Canada (2) établissait à \$42.28/cunit (\$14.93/m³) le prix de vente moyen de toutes les essences au Québec. Ce prix est supérieur au coût d'exploitation du petit propriétaire privé. Il reflète les transactions sur le marché de bois à pâte provenant en grande partie des forêts privées, où l'on ne retrouve que des coûts directs d'exploitation, puisque le petit propriétaire privé n'a pas les coûts créés par la construction, le personnel des camps, l'administration et les avantages sociaux. Il n'a pas non plus à construire des routes et jetées et à employer de mécaniciens.

Dans le calcul de la maturité financière, on appliquera, dans le cas de la forêt privée, le prix du marché et le procédé d'exploitation impliquant le moins de mécanisation. Les coûts indirects d'exploitation de même que les coûts qui n'incombent pas à ce cas seront déduits du coût total d'exploitation.

Le prix moyen des essences résineuses au Québec en 1974, selon les statistiques de la Fédération des producteurs de bois du Québec, était de \$53.47 le cunit, soit \$18.88 le mètre cube.

Si la récolte est effectuée par les compagnies qui transforment aussi la matière ligneuse, le prix qui leur est alloué correspond à la valeur résiduelle décrite précédemment. Cloutier *et al.* (1974) ont

déterminé à \$4.79/cunit ($\$1.69/m^3$) la valeur moyenne du bois sur pied au Québec en 1973. Ce chiffre exclut les zones où la valeur sur pied était négative et comprend une marge de profits et risques de 15%. La valeur résiduelle correspondante s'élève à \$54.53/cunit. ($\$19.25/m^3$). Comparée au prix québécois de Statistique Canada pour la même année, la valeur résiduelle est de 29% supérieure à celui-ci. Ce taux d'accroissement appliqué au prix québécois des résineux destinés à la pâte donne une valeur résiduelle de \$68.98/cunit ($\$24.36/m^3$) à l'entrée de l'usine.

Afin d'étudier concrètement l'influence d'une variation du prix de vente sur l'âge d'exploitabilité économique, deux autres niveaux de prix ont été employés. Il s'agit des valeurs maxima et minima de prix retrouvées sur le marché du bois à pâte en 1974. Elles varient, en plus ou en moins, d'environ 15% autour du prix québécois. A ces prix correspond aussi une valeur résiduelle accrue de 29%. Le tableau suivant montre les prix utilisés.

Tableau 3 - Prix de vente du bois à pâte utilisés dans le calcul du revenu brut

	Prix de vente		Valeurs résiduelles	
	\$/cunit	\$/m ³	\$/cunit	\$/m ³
Prix minimum (prix moyen - 15%)	45.45	16.05	58.64	20.71
Prix québécois moyen	53.47	18.88	68.98	24.36
Prix maximum (prix moyen + 15%)	61.50	21.72	79.32	28.01

Dans le cas de l'Etat, il faut tenir compte, dans le calcul de la valeur du bois sur pied, des revenus indirects qu'il touche aux niveaux de l'exploitation forestière et du transport du bois rond. Ricard *et al.* (1976) ont estimé, à l'aide du tableau intersectoriel, le revenu indirect de l'Etat pour chaque dollar du prix de vente à l'usine.

Ce pourcentage peut s'appliquer à la valeur résiduelle qui est nette des impôts sur les bénéfices des entreprises de transformation puisque la marge de profits et risques est calculées avant imposition. Ce pourcentage peut être défini comme suit:

Redevances fiscales directes et indirectes (avec effet multiplicateur)	:	0,172694
Droits de coupe et redevances	:	- 0,066678
		<hr/>
Pourcentage de revenu indirect applicable		0,106016

2.1.2 VOLUME MARCHAND

Les volumes employés sont tirés des tables de rendement normal de Vézina et Linteau (1969). Les équations correspondant aux peuplements étudiés apparaissent au tableau 4 et leur illustration graphique, aux figures 4 à 6. Ces volumes marchands sont bruts, c'est-à-dire qu'ils comprennent la carie. Des efforts ont été tentés pour éliminer cette carie. Mais les données relatives au pourcentage de carie en fonction de l'âge sont trop imprécises et leur utilisation est à rejeter.

Les tables de rendement donnent le volume marchand à chaque période de cinq années. Afin d'obtenir une plus grande précision sur

Tableau 4 - Liste des régressions du volume marchand brut en fonction de l'âge (A) pour les peuplements de sapin baumier, épinette noire et sapin - épinette

Essence	Qualité de station	Coefficient de détermination	Equation de régression
Sapin	I	0,9994	$5,15 - 0,84 \times A + 0,054 \times A^2 - 0,0007 \times A^3 + 2,86 \times 10^{-6} \times A^4$
	II	0,9999	$-14,44 + 0,81 \times A + 0,0014 \times A^2 - 6,25 \times 10^{-5} \times A^3 + 2,72 \times 10^{-7} \times A^4$
Epinette noire	II	0,9999	$9,67 - 1,03 \times A + 0,038 \times A^2 - 3,69 \times 10^{-4} \times A^3 + 1,2 \times 10^{-6} \times A^4$
	III	0,9999	$0,16 - 0,16 \times A + 0,009 \times A^2 - 7,48 \times 10^{-5} \times A^3 + 1,75 \times 10^{-7} \times A^4$
	IV	0,9999	$0,50 - 0,11 \times A + 0,006 \times A^2 - 5,56 \times 10^{-5} \times A^3 + 1,92 \times 10^{-7} \times A^4$
	I	0,9994	$-17,06 + 0,61 \times A + 0,014 \times A^2 - 2,55 \times 10^{-4} \times A^3 + 1,10 \times 10^{-6} \times A^4$
Sapin - épinette	II	0,9999	$-7,97 + 0,25 \times A + 0,011 \times A^2 - 1,32 \times 10^{-4} \times A^3 + 4,45 \times 10^{-7} \times A^4$
	III	0,9999	$-9,23 + 0,46 \times A + 4,90 \times 10^{-4} \times A^2 - 1,46 \times 10^{-5} \times A^3 + 4,23 \times 10^{-8} \times A^4$

Figure 4 - Volume marchand brut en fonction de l'âge pour le sapin baumier de qualité de station I et II. Régression du tableau 4

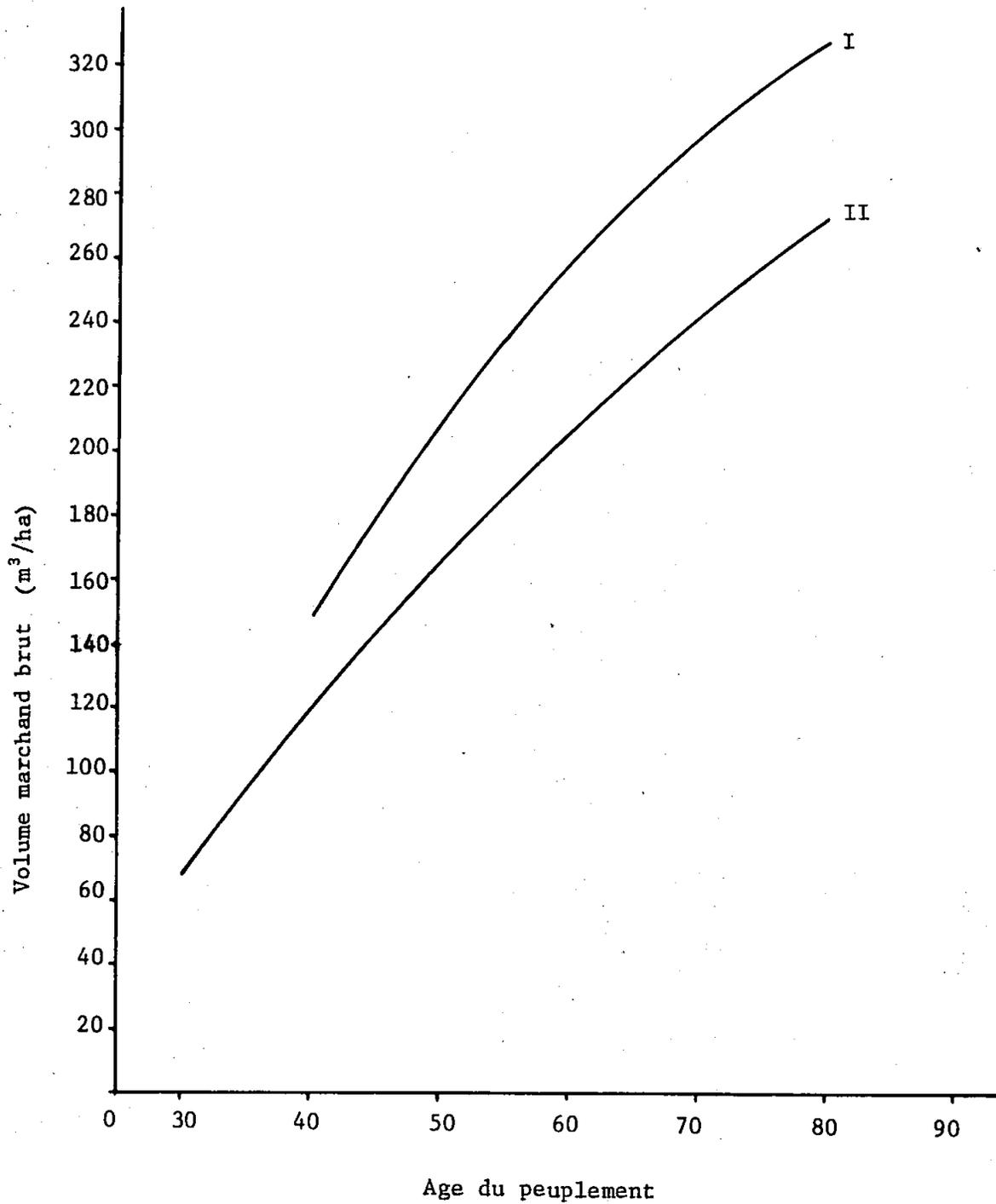


Figure 5 - Volume marchand brut en fonction de l'âge, pour l'épinette noire de qualité de station II; III et IV. Régression du tableau 4

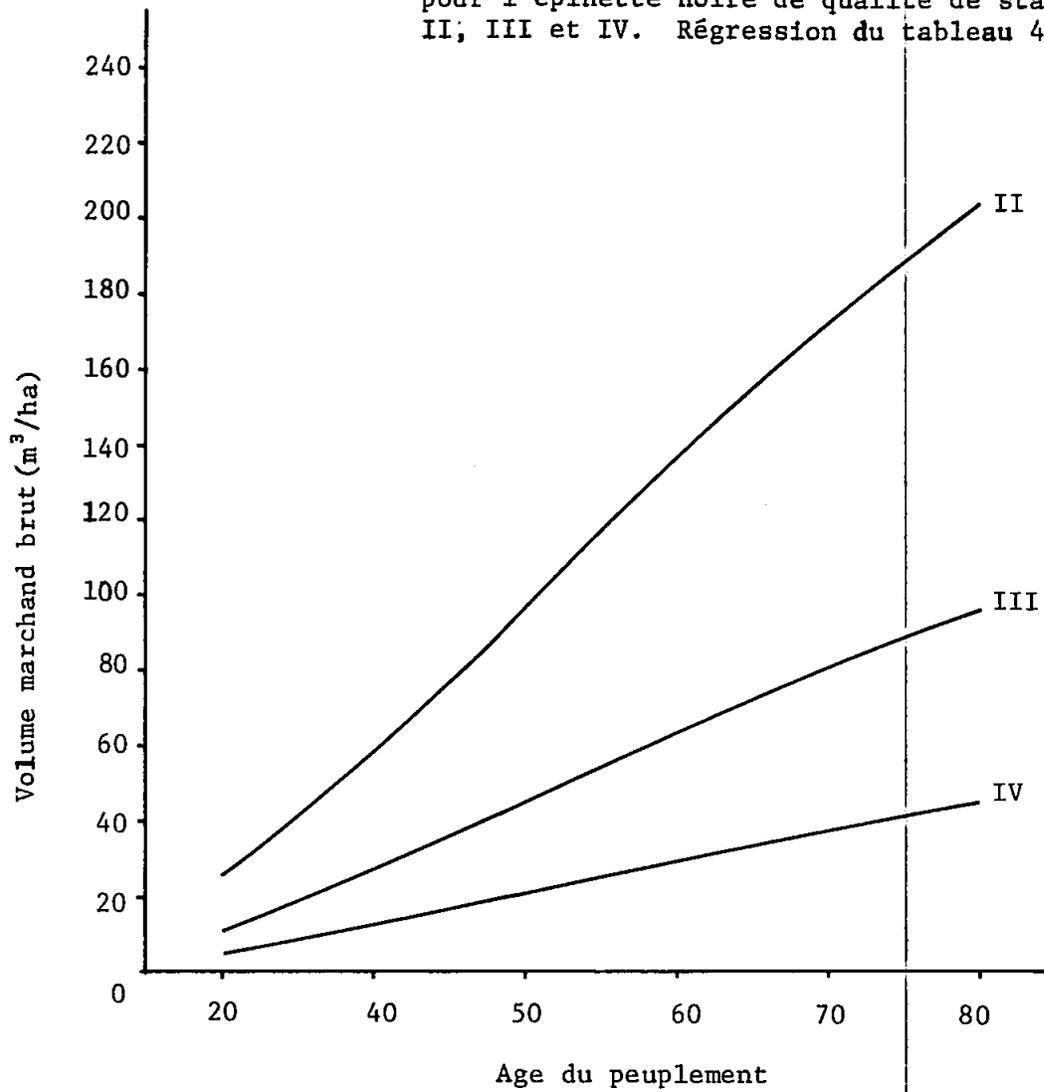
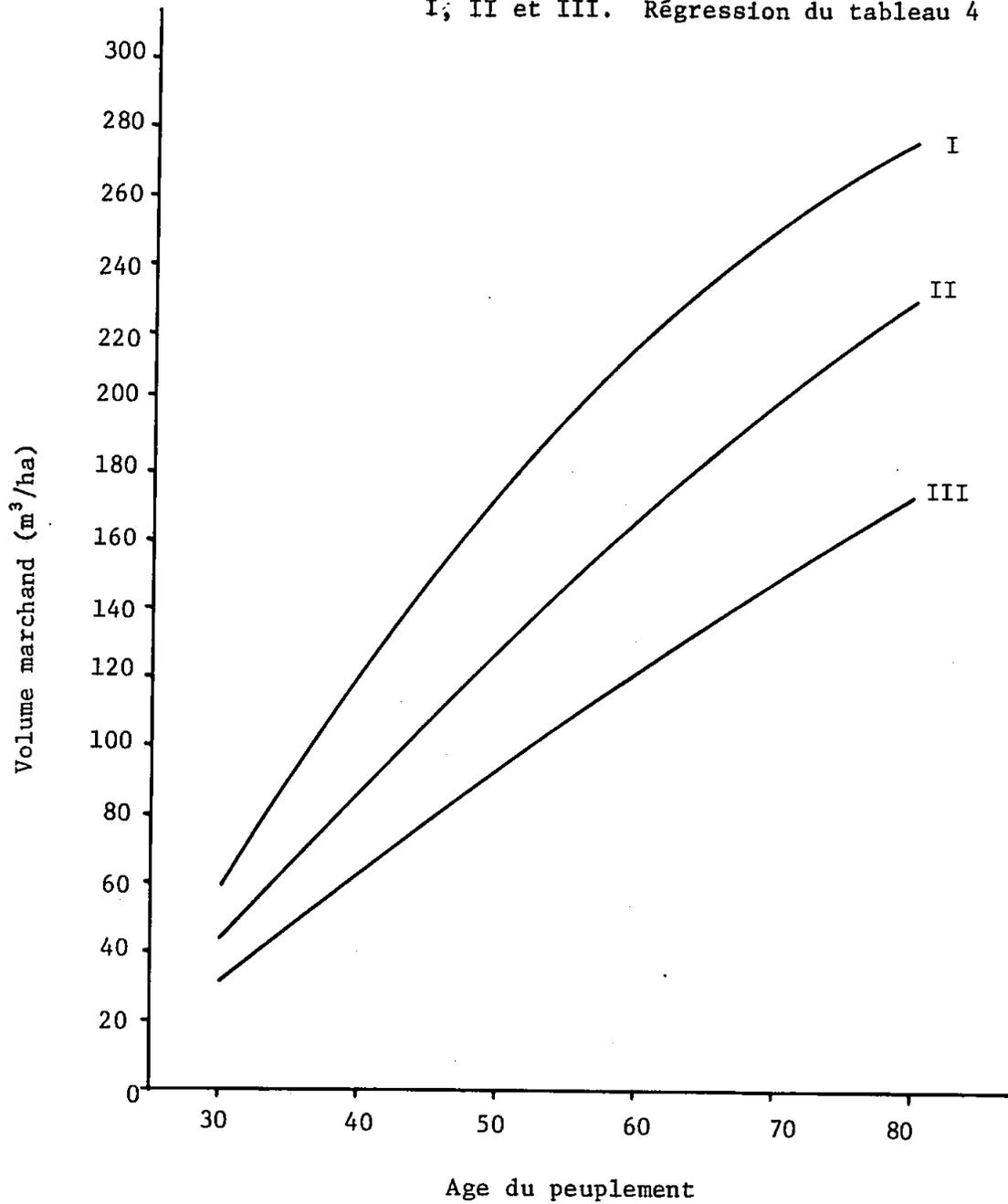


Figure 6 - Volume marchand brut en fonction de l'âge pour le sapin-épinette de qualité de station I; II et III. Régression du tableau 4



l'année d'occurrence de la révolution économique optimale, nous avons calculé des régressions polynomiales du volume marchand en fonction de l'âge. Pour les peuplements résineux, huit régressions ont été estimées pour chaque qualité de station des essences étudiées. Les régressions ont été calculées à l'aide du programme *SACADOS* de Boudoux et Bonenfant (1974).

2.1.3 COÛTS D'EXPLOITATION

Les coûts d'exploitation ont été calculés à l'aide du programme d'ordinateur mis au point par Godbout *et al.* Seule la méthode étudiant les coûts en fonction du procédé d'exploitation a été retenue. Ce programme était rédigé en langage *Basic*. Afin de le rendre opérationnel pour l'ensemble du modèle de maturité financière, nous l'avons traduit en langage *APL*. Les mêmes régressions de productivité et de facteur d'ajustement et la même chronologie de calcul ont été appliquées au programme *APL* de sorte qu'en utilisant les données d'entrées apparaissant dans le rapport de Lussier et Godbout, on a obtenu les mêmes résultats.

2.1.3.1 Nombre de tiges par unité de volume

C'est l'intrant principal du calcul des coûts d'exploitation. Le principe rattaché à ce rapport est qu'il est moins coûteux d'exploiter un volume de bois dans une forêt âgée de 80 ans que de récolter le même volume dans un boisé de 30 ans. En effet, le nombre de tiges diminue avec l'âge et leur taille augmente, de sorte que la main-d'oeuvre et la machinerie forestière deviennent plus productives. De plus, le

nombre de m³ produits augmente avec le temps, ce qui provoque une plus large répartition du coût de toutes les installations forestières. Le coût marginal par unité de volume décroît avec l'âge d'un peuplement.

Le nombre de tiges par unité de volume a dû être compilé pour chaque qualité de station et chaque essence résineuse à même les données des placettes d'échantillonnage originales qui avaient servi à l'élaboration des tables de rendement normal de Vézina et Linteau. L'auteur remercie monsieur P.-E. Vézina de lui avoir donné accès à cette source.

Toutes ces données ont été emmagasinées sur fichier *APL*. Elles forment des matrices dont le nombre de lignes varie avec le nombre d'observations. Par exemple, pour le sapin de qualité de station I, 47 placettes d'échantillonnage ont été compilées électroniquement. La première colonne de la matrice représente l'âge. La deuxième donne la qualité de station, dont la répartition est celle-ci:

I	:	< 46 pi	(14 m)
II	:	36 à 45 pi	(11 à 14 m)
III	:	26 à 35 pi	(8 à 11 m)
IV	:	< 25 pi	(7,6 m)

Les autres colonnes représentent chacune une classe de diamètre et donnent le nombre de tiges observées dans chaque classe de diamètre de chaque placette d'échantillonnage. La dernière colonne donne le pourcentage de tiges marchandes par rapport au total des tiges de chaque placette. Selon M. Vézina, il est préférable d'enlever 50 p. 100 du nombre de tiges de la classe 3,6 à 4,5 pouces (9,14 à 11,43 cm) afin d'en retirer uniquement les tiges marchandes de 4 pouces (10,16 cm) et plus.

A l'aide de toutes les observations aléatoires, on a compilé des régressions polynomiales du pourcentage ainsi compilé en fonction de l'âge. Ces équations ont permis d'obtenir les pourcentages du nombre d'arbres marchands par rapport au nombre total d'arbres à chaque intervalle de cinq années. Le tableau 5 donne ces pourcentages estimés. Ces chiffres cadrent bien avec la réalité. En effet, ce pourcentage croît avec le vieillissement du peuplement sur un même site. De plus, pour une même essence et un même âge, il croît avec la fertilité relative de la station.

Cette proportion du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres selon l'âge a été appliquée au nombre total d'arbres par unité de superficie apparaissant dans les tables de rendement normal, ce qui donne le nombre de tiges marchandes par unité de superficie. Ce nombre, divisé par le volume marchand brut produit la même année, donne le nombre recherché. Ces résultats sont compilés au tableau 6. Ces chiffres sont eux aussi conséquents de la réalité. En effet, sur une même station, le nombre d'arbres nécessaires pour produire un m^3 diminue avec l'âge du peuplement à cause de l'accroissement de volume ligneux de chacun. Normalement, pour un même nombre d'années de croissance, la quantité d'arbres par m^3 doit augmenter avec l'infertilité du sol. Ce fait est vérifié au tableau 6.

Afin d'obtenir plus de précision sur l'année d'occurrence de la maturité financière, des régressions ont été calculées afin de représenter sous forme d'équations le nombre de tiges marchandes par m^3 . Celles-ci apparaissent au tableau 7.

2.1.3.2 Procédés d'exploitation

L'âge de maturité financière varie selon le procédé d'exploitation employé. En effet, les différents procédés sont plus ou moins coûteux d'utilisation, ce qui influence l'âge optimal de révolution. Les procédés utilisés ici correspondent en tous points à ceux décrits dans l'étude de Lussier et Godbout (1974). Afin de faciliter l'analyse des résultats à venir, le tableau 8 présente, dans l'ordre, la description de ces procédés, leur pourcentage de mécanisation, ainsi que la fin à laquelle ils sont principalement employés.

L'étude actuelle se limitant à une utilisation totale en bois à pâte de la production d'un boisé, les procédés d'exploitation employés correspondent aux numéros 1, 2, 4, 5 et 6.

Deux types de résultats seront analysés au dernier chapitre de ce rapport. Les premiers concernent l'analyse de sensibilité de l'âge de maturité financière pour des variations dans les prix, dans les salaires et autres. Le coût d'exploitation employé est une moyenne, pour tout le Québec, du coût total d'exploitation de chacun des procédés, pondérée par leur taux de popularité au Québec. Les procédés utilisés pour la production de bois à pâte, c'est-à-dire les procédés 1, 2, 4, 5 et 6, sont employés respectivement dans 20, 50, 20, 5 et 5 pour 100 des cas. Plus simplement, selon Cloutier *et al.*, 50 p. 100 des exploitants de bois à pâte au Québec utilisent le procédé 2. Les autres résultats concernent les âges de révolutions économiques optimales obtenus des différents procédés d'exploitation pour le bois à pâte. Dans ce cas-ci, seul le procédé varie; les autres intrants, tels le prix, le taux d'actualisation, les salaires, le coût des routes, etc., restent constants.

Tableau 5 - Pourcentages* estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres en fonction de l'âge du peuplement et de la qualité de station

Essence	Sapin		Epinette noire			Sapin - épinette				
	Qualité de station	Age	I	II	II	III	IV	I	II	III
30			0,17	0,09	0,07	0,04	-	0,27	0,08	0,03
35			0,30	0,18	0,17	0,05	0,03	0,32	0,18	0,09
40			0,45	0,28	0,27	0,06	0,06	0,37	0,27	0,17
45			0,59	0,38	0,37	0,10	0,09	0,43	0,36	0,24
50			0,71	0,48	0,45	0,14	0,12	0,48	0,44	0,32
55			0,81	0,58	0,53	0,19	0,16	0,54	0,51	0,40
60			0,89	0,66	0,60	0,24	0,20	0,59	0,58	0,48
65			0,92	0,73	0,67	0,30	0,25	0,65	0,65	0,56
70			0,95	0,79	0,72	0,37	0,29	0,70	0,70	0,64
75			0,94	0,84	0,77	0,44	0,33	0,76	0,75	0,71
80			0,92	0,87	0,82	0,51	0,38	0,81	0,80	0,77

* Les illustrations graphiques correspondantes apparaissent à l'appendice A.

Tableau 6 - Valeurs* numériques du nombre de tiges marchandes par unité de volume marchand (cumits, m³) interpolées de la compilation à même les données biométriques des tables de rendement normal de Vézina et Linteau

Essence Qualité de station Age	Sapin		Épinette noire			Sapin-épinette		
	I	II	II	III	IV	I	II	III
30	43.16 (15,29)	54.70 (19,32)	77.35 (27,30)	79.50 (28,08)	104.79 (36,99)	70.35 (24,83)	60.48 (21,35)	63.06 (22,26)
35	37.21 (13,14)	48.36 (17,07)	49.87 (17,60)	61.15 (21,59)	102.65 (36,23)	49.97 (17,64)	50.36 (17,78)	58.98 (20,82)
40	32.05 (11,32)	42.73 (15,08)	44.21 (15,61)	49.96 (17,64)	100.93 (35,63)	34.67 (12,24)	43.61 (15,39)	54.98 (19,28)
45	27.59 (9,74)	37.78 (13,34)	39.28 (13,86)	43.68 (15,53)	99.58 (35,14)	23.76 (8,39)	37.91 (13,38)	51.28 (18,10)
50	23.75 (8,39)	33.45 (11,81)	35.02 (12,36)	40.49 (14,30)	98.54 (34,78)	16.57 (5,85)	33.17 (11,77)	48.37 (17,05)
55	20.47 (7,23)	29.68 (10,48)	31.37 (11,07)	38.95 (13,76)	97.77 (34,51)	12.42 (4,38)	29.28 (10,34)	45.80 (16,17)
60	17.67 (6,24)	26.43 (9,33)	28.28 (9,98)	38.06 (13,44)	97.20 (34,31)	10.62 (3,75)	26.13 (9,22)	43.52 (15,36)
65	15.29 (5,40)	23.64 (8,34)	25.68 (9,06)	37.22 (13,14)	96.78 (34,16)	10.51 (3,71)	23.63 (8,34)	41.47 (14,64)
70	13.25 (4,68)	21.26 (7,50)	23.53 (8,30)	36.25 (12,80)	96.46 (34,05)	11.41 (4,03)	21.66 (7,64)	39.60 (13,98)
75	11.50 (4,06)	19.24 (6,79)	21.77 (7,68)	35.37 (12,49)	96.19 (33,95)	12.62 (4,45)	20.14 (7,17)	37.86 (13,36)
80	9.95 (3,51)	17.62 (6,22)	20.33 (7,18)	35.22 (12,44)	95.90 (33,85)	13.48 (4,76)	18.94 (6,68)	36.18 (12,77)

* Les illustrations graphiques correspondantes apparaissent à l'appendice A.

Tableau 7 - Equations de régression correspondant aux valeurs numériques du nombre de tiges par unité de volume en fonction de l'âge du peuplement

Essence	Qualité de station	Coefficient de détermination	Equation de régression
Sapin	I	0,9900	$100,18 - 2,64 \times A + 0,028 \times A^2 - 1,38E^{-4} \times A^3 + 2,08E^{-7} \times A^4$
	II	0,9987	$110,76 - 2,46 \times A + 0,022 \times A^2 - 6,85E^{-5} \times A^3$
Épinette noire	II	0,9980	$114,57 - 2,58 \times A + 0,024 \times A^2 - 7,57E^{-5} \times A^3$
	III	0,9940	$517,92 - 29,60 \times A + 0,688 \times A^2 - 0,007 \times A^3 + 2,75E^{-5} \times A^4$
	IV	0,9990	$129,97 - 1,26 \times A + 0,016 \times A^2 - 7,31E^{-5} \times A^3$
	I	0,9680	$-337,21 - 13,98 \times A + 0,2 \times A^2 - 0,0009 \times A^3$
Sapin - - épinette	II	0,9996	$135,91 - 3,59 \times A + 0,04 \times A^2 - 1,38E^{-4} \times A^3$
	III	0,9985	$101,59 - 1,76 \times A + 0,018 \times A^2 - 7,14E^{-5} \times A^3$

Tableau 8 - Liste et description des procédés d'exploitation, de leur pourcentage de mécanisation ainsi que du type d'utilisation de la production pour laquelle ou lesquelles ils sont principalement employés*

Procédé d'exploitation	Description du procédé	Pourcentage de mécanisation	Utilisé pour la production de...
1	Abattage, ébranchage et tronçonnage manuels - Débardage - Camionnage en 8 pi**	10%	pâte
2	Abattage et ébranchage manuels - Débusquage et tronçonnage mécanisés - Camionnage en 8 pi	34%	pâte et sciage
3	Abattage et ébranchage manuels - Débusquage - Camionnage en longueur	34%	sciage
4	Abattage et débusquage mécanisés - Ebranchage et tronçonnage mécanisés - Camionnage en 8 pi	100%	pâte
5	Abattage et ébranchage mécanisés - Débardage - Tronçonnage mécanisé - Camionnage en 8 pi	100%	pâte
6	Abattage, ébranchage, tronçonnage et débardage mécanisés - camionnage en 8 pi	100%	pâte
7	Abattage et ébranchage mécanisés - Débardage - Camionnage en longueur	100%	sciage

* Source: Lussier et Godbout (1974)

** 8 pi = 2,44 m

2.1.3.3 Autres intrants dans le calcul des coûts

Les autres intrants nécessaires au fonctionnement du programme de calcul des coûts d'exploitation sont classifiés en trois catégories. Chaque catégorie correspond aux caractéristiques physiques, économiques et techniques de l'exploitation dans son ensemble. Chaque caractéristique est composée de certains éléments de coût qui sont les autres intrants du calcul des coûts.

La première catégorie contient l'essence, la qualité de station, le type de sol et la classe de pente. L'essence et la qualité de station ne sont pas des coûts comme tels, mais ils influencent le niveau des coûts par la variation dans le temps du nombre de tiges par unité de volume. Le volume marchand produit joue aussi sur le niveau des coûts, car il est une variable de la détermination du coût des routes et jetées, qui fait partie du coût total d'exploitation. Le type de sol et la classe de pente déterminent, selon le procédé employé, un facteur d'ajustement des heures/homme productives par unité de volume en bordure de route. Un sol mou et une pente abrupte augmentent le nombre d'heures requises pour produire normalement une unité de volume de bois à pâte. Cinq types de sol et quatre classes de pente ont été décrits dans l'étude de Lussier et Godbout. L'étude présente se limite au type de sol numéro 4 (till mince) et à la classe de pente numéro 3 (de 15 à 30 pour cent).

Les coûts de la deuxième catégorie sont: les frais fixes, les avantages sociaux, les salaires et le coût des routes. Les frais fixes comprennent les redevances, les frais d'aménagement et de

protection, les frais de voyage, de téléphone et de poste, la papeterie, les locaux et l'équipement de bureau, le radiotéléphone, les frais d'ordinateur, les assurances, etc. Le niveau des frais fixes a été fixé à \$1.35 par cunit, soit \$0.48 par mètre cube, ce qui est la moyenne de toutes les régions du Québec étudiées par Lussier et Godbout.

Les avantages sociaux sont les avantages, autres que le salaire, acquis par les employés par voie de convention collective. Ce sont, par exemple, les congés payés, les journées de maladie ou encore la contribution de l'employeur à un régime de retraite de ses employés. Encore ici, l'étude se limite à l'application du taux québécois moyen, soit 21%. Par contre, il est à noter que dans le cas de l'Etat, ce taux s'élèverait à plus de 30%.

Trois types de salaires sont utilisés: les salaires directs, les salaires indirects et les salaires des mécaniciens. Les salaires directs sont versés aux travailleurs en forêt. Ils touchaient en moyenne au Québec \$5.28 l'heure en 1972. Les salaires indirects sont les rémunérations versées aux gestionnaires et employés de bureau, qui recevaient en 1972, \$5.65 l'heure. Enfin, les mécaniciens étaient rémunérés au taux horaire de \$4.34. Afin d'étudier la sensibilité de l'âge de maturité financière aux niveaux des salaires, de nouveaux taux horaires ont été appliqués. Les salaires faibles correspondent au taux le plus bas rencontré dans les 52 régions étudiées par Lussier et Godbout (1974), et inversement pour le niveau le plus élevé. La sensibilité a été étudiée au moyen des valeurs suivantes.

Tableau 9 - Niveau des divers salaires utilisés dans le calcul des coûts d'exploitation

Catégorie de salaire	Taux horaire en \$/h		
	Faible	Moyen	Elevé
Direct	4,50	5,28	6,00
Indirect	5,20	5,65	6,00
Mécanicien	3,60	4,34	4,95

Le coût des routes est une donnée importante de la fonction qui calcule le coût des routes et des jetées par unité de volume. Trois qualités de routes en forêt sont construites au Québec. Elles coûtent respectivement \$31 000, \$15 000 et \$3 000 par mille construit, soit \$19 263, \$9 321 et \$1 864 par kilomètre. Ces données moyennes pour tout le Québec ont été appliquées au calcul des coûts et proviennent de l'étude de Lussier *et al.*

Le groupe des caractéristiques techniques comprend les proportions des qualités de routes construites, l'espacement de celles-ci, la charge et distance de transport.

Les trois qualités de routes sont construites dans des proportions variables selon leur classe. Ainsi, pour tout le Québec, 6 pour cent des routes forestières sont de première qualité, 23 pour cent appartiennent à la classe 2 et 71 pour cent sont de troisième ordre. La moyenne d'espacement de ces chemins est d'un peu plus d'un demi-mille, soit 0,8534 kilomètre exactement. La charge moyenne transportée est de 13 cunits ou 37 mètres cubes. L'étude actuelle

s'est limitée à trois types de transport de la production forestière, c'est-à-dire le camionnage, le rail et le flottage. Les équations relatives à ces trois moyens de transport ont été intégrées dans le programme du calcul des coûts. Mais la maturité financière n'a été calculée qu'en fonction d'une distance moyenne de camionnage pour le Québec de 98 kilomètres. Pour étudier la sensibilité de l'âge optimal de révolution économique en fonction des coûts de transport, deux autres distances de camionnage ont été appliquées. Elles correspondent aux distances minimales et maximales retrouvées dans les 52 régions définies par Lussier *et al.*, qui sont respectivement 24 et 224 kilomètres.

2.1.3.4 Coûts d'exploitation du sapin de qualité de station I

Le tableau 10 montre les coûts totaux d'exploitation désagrégés pour chacun des procédés d'exploitation utilisés pour la production de bois à pâte. Les hypothèses entourant les calculs des coûts de ce tableau sont les suivantes:

- Fraix fixes	: \$3.82 par mètre cube
- Type de sol	: 4
- Classe de pente	: 3
- Taux d'avantages sociaux	: 21%
- Salaire direct	: \$5.00/h
- Salaire indirect	: \$5.65/h
- Salaire mécanicien	: \$4.34/h
- Coût des routes de classe 1	: \$19 273/km
- Coût des routes de classe 2	: \$ 9 321/km
- Coût des routes de classe 3	: \$ 1 864/km
- Proportion des routes de classe 1	: 6 pour cent
- Proportion des routes de classe 2	: 23 pour cent
- Proportion des routes de classe 3	: 71 pour cent
- Espacement des routes	: 0,8534 km
- Charge	: 37 m ³
- Distance de camionnage	: 98 km

Tableau 10 - Coûts d'exploitation désagrégés pour le sapin de qualité de station I, en dollars par mètre cube

Age	Coût direct main-d'oeuvre	Coût direct équipement	Coût direct total	Coût route et jetées	Coût indirect main-d'oeuvre	Coût indirect équipement	Coût indirect total	Coût total
Procédé d'exploitation n° 1								
30	7.09	1.34	8.44	1.84	4.84	1.22	6.07	20.75
35	6.08	1.26	7.33	1.57	4.62	1.16	5.78	19.08
40	5.41	1.21	6.82	1.41	4.51	1.12	5.62	18.05
45	5.00	1.18	6.18	1.31	4.51	1.09	5.60	17.49
50	4.78	1.17	5.94	1.24	4.60	1.08	5.68	17.26
55	4.67	1.17	5.84	1.19	4.75	1.09	5.84	17.27
60	4.65	1.18	5.82	1.15	6.96	1.09	6.05	17.43
65	4.67	1.20	5.87	1.13	5.20	1.11	6.30	17.70
70	4.73	1.21	5.94	1.11	5.45	1.12	6.57	28.02
75	4.80	1.23	6.04	1.09	4.70	1.14	6.84	18.37
80	4.89	1.26	6.14	1.08	5.95	1.15	7.10	18.73
Procédé d'exploitation n° 2								
30	5.30	2.80	8.10	1.84	4.46	1.01	5.47	19.81
35	4.74	2.62	7.36	1.57	4.42	0.95	5.38	18.71
40	4.25	2.45	6.70	1.41	4.34	0.90	5.24	17.75
45	3.83	2.29	6.12	1.31	4.22	0.86	5.07	16.90
50	3.47	2.14	5.61	1.24	4.07	0.81	4.89	16.14
55	3.16	2.01	5.17	1.19	3.92	0.77	4.70	15.45
60	2.89	1.89	4.78	1.15	3.77	0.74	4.51	14.85
65	2.67	1.78	4.45	1.13	3.62	0.71	4.33	14.31
70	2.48	1.69	4.16	1.11	3.48	0.68	4.16	13.83
75	2.31	1.60	3.91	1.09	3.35	0.66	4.00	13.41
80	2.17	1.52	3.69	1.08	3.22	0.63	3.86	13.03
Procédé d'exploitation n° 4								
30	2.77	5.60	8.37	1.84	3.63	0.53	4.16	18.77
35	2.48	5.26	7.74	1.57	3.61	0.51	4.12	17.84
40	2.24	4.93	7.17	1.41	3.56	0.50	4.06	17.03
45	2.03	4.62	6.64	1.31	3.48	0.49	3.97	16.32
50	1.84	4.32	6.17	1.24	3.39	0.48	3.96	15.67
55	1.69	4.05	5.74	1.19	3.29	0.47	3.75	15.08
60	1.56	3.81	5.36	1.15	3.19	0.46	3.64	14.56
65	1.44	3.58	5.03	1.13	3.09	0.45	3.53	14.09
70	1.35	3.38	4.73	1.11	2.99	0.44	3.43	13.67
75	1.26	3.20	4.46	1.09	2.96	0.43	3.33	13.29
80	1.19	3.04	4.23	1.08	2.81	0.43	3.64	12.95
Procédé d'exploitation n° 5								
30	2.83	7.12	9.99	1.84	4.19	0.57	4.75	20.99
35	2.54	6.75	9.29	1.57	4.16	0.55	4.72	19.98
40	2.29	6.34	8.63	1.41	4.11	0.54	4.65	19.09
45	2.07	5.96	8.03	1.31	4.03	0.52	4.55	18.29
50	1.88	5.59	7.48	1.24	3.93	0.51	4.44	17.55
55	1.73	5.25	6.98	1.19	3.82	0.50	4.32	16.89
60	1.59	4.94	6.53	1.15	3.71	0.49	4.20	16.28
65	1.47	4.65	6.13	1.13	3.60	0.48	4.08	15.74
70	1.37	4.40	5.77	1.11	3.50	0.47	3.96	15.24
75	1.29	4.17	5.45	1.09	3.46	0.46	3.85	14.80
80	1.22	3.95	5.17	1.08	3.30	0.45	3.75	14.40
Procédé d'exploitation n° 6								
30	2.10	7.29	9.39	1.84	3.51	0.54	4.05	19.68
35	1.86	6.75	8.62	1.57	3.46	0.52	3.99	18.58
40	1.66	6.23	7.89	1.41	3.39	0.51	3.90	17.59
45	1.49	5.72	7.20	1.31	3.29	0.49	3.70	16.69
50	1.30	5.24	6.57	1.24	3.18	0.48	3.65	15.86
55	1.20	4.79	5.99	1.19	3.06	0.46	3.52	15.10
60	1.09	4.37	5.46	1.15	2.93	0.45	3.38	14.40
65	1.00	3.98	4.98	1.13	2.81	0.43	3.25	13.76
70	0.92	3.64	4.56	1.11	2.70	0.42	3.12	13.19
75	0.85	3.32	4.17	1.09	2.59	0.41	3.00	12.67
80	0.79	3.03	3.82	1.08	2.49	0.40	2.89	12.20

Les coûts de transport et les frais fixes n'apparaissent pas dans ce tableau, car ils ne varient pas avec l'âge. Les frais fixes restent à \$3.82 par mètre cube et il en coûte \$0.58 par kilomètre pour transporter un mètre cube de bois à l'usine par camion.

Tous ces coûts sont fonctions de l'essence et de la qualité de station; ce tableau exemple est présenté dans le but de montrer l'ordre de grandeur des divers éléments du coût total et leur proportion respective dans le coût global.

Dans les tableaux de sortie d'ordinateur, seuls les coûts directs et totaux d'exploitation apparaissent. Les coûts directs sont assimilés aux coûts défrayés par le petit propriétaire privé. Ils se composent de la main-d'oeuvre directe et de l'équipement direct. A ces coûts doivent être ajoutés les frais fixes et le coût de transport pour avoir le coût global d'exploitation en forêt privée, qui s'élève à \$10.54 par mètre cube, dans le cas du sapin de qualité de station I avec un procédé numéro 1, à 80 ans.

Seul le procédé numéro 1 démontre une hausse du coût d'exploitation d'une unité de volume de sapin dans la période 30 à 80 ans. Cette hausse se produit à partir de 50 ans. A cet âge, l'effet conjugué du diamètre des tiges et du faible taux de mécanisation provoque une diminution du nombre d'heures/homme productives et élève ainsi le coût d'exploitation. Ce même procédé engendre des coûts totaux très élevés, relativement aux autres.

Le tableau suivant montre l'évolution de la proportion occupée par les coûts directs et indirects dans le coût total d'exploitation.

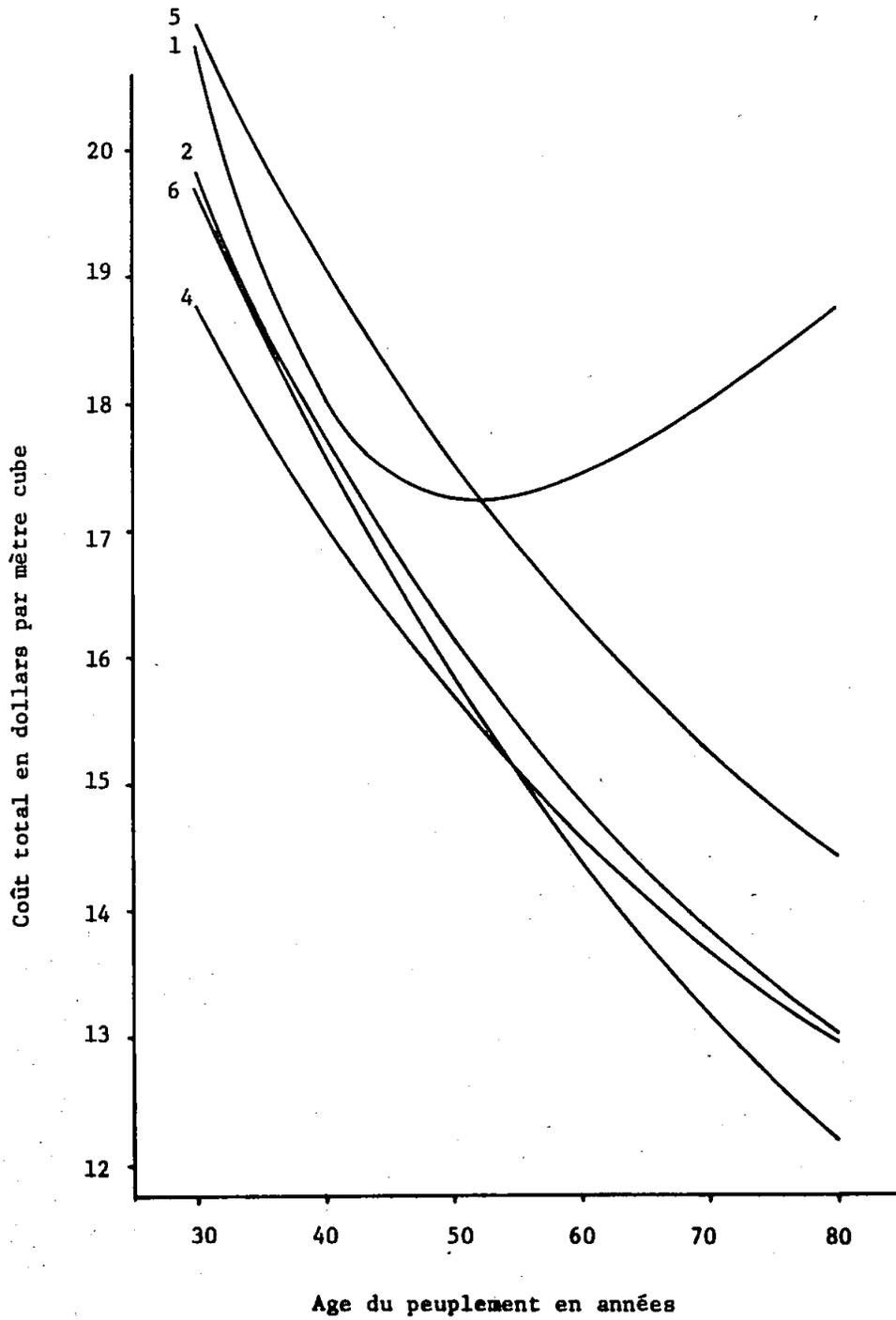
Tableau 11 - Proportion en pourcentage du coût total occupée par les diverses catégories de coûts pour le sapin de qualité de station I

Procédé d'exploitation	Age	Coût direct total	Coût indirect total	Autres coûts
1	30	40,7	29,3	30,0
	55	33,8	33,8	32,4
	80	32,8	37,9	29,3
2	30	40,9	27,6	31,5
	80	28,3	29,6	42,1
3	30	44,6	22,2	33,2
	80	32,7	28,1	39,2
4	30	47,6	22,2	29,8
	80	35,9	26,0	38,1
5	30	47,7	20,6	31,7
	80	31,3	23,7	45,0

Les autres coûts comprennent les coûts de construction des routes et jetées, les frais fixes et le coût de camionnage. Seul le coût de construction des routes et jetées varie dans le temps; il ne change pas d'un procédé à l'autre.

On remarque au tableau précédent un mouvement inverse de l'importance relative des coûts directs et indirects dans le coût total. En effet, quel que soit le procédé, la place occupée par les coûts directs est décroissante et inversement pour les coûts indirects.

Figure 7 - Coûts totaux, par procédé d'exploitation du bois à pâte, en fonction de l'âge d'un peuplement de sapin de qualité station I



Ceci est principalement dû à la plus grande productivité qu'acquièrent les hommes et la machinerie dans une forêt parsemée d'arbres de forte taille, ce qui entraîne automatiquement une baisse du coût de production d'un mètre cube de bois sur le terrain même. L'augmentation de la proportion occupée par les coûts indirects est liée à tous les frais supplémentaires relatifs à la production d'un plus grand volume de bois, par exemple, une hausse dans les frais de mise en marché.

Les coûts indirects totaux sont très peu sensibles à l'âge du peuplement. Le tableau suivant montre les taux de décroissance annuels moyens des trois catégories de coûts, pour 50 années d'observation et par procédé d'exploitation.

Tableau 12 - Taux de croissance annuels moyens des coûts, en pourcentage

Procédé d'exploitation	Coût direct total	Coûts indirect total	Coût total
1	-0,634	-	-0,205
2	-1,560	-0,695	-0,834
4	-1,356	-0,267	-0,740
5	-1,309	-0,472	-0,751
6	-1,783	-0,673	-0,952

Les coûts direct montrent une nette décélération par rapport aux coûts indirects.

2.2 LE TAUX D'ACTUALISATION

Cette section n'a pas comme but de reprendre la discussion du paragraphe 1.1.4. La littérature portant sur le choix rationnel d'un taux d'actualisation est très vaste et les auteurs ne sont pas unanimes sur les critères fixant ce choix.

Dans le but de contourner cette difficulté du choix d'un taux d'actualisation, la présente étude calcule la valeur d'attente du sol pour six taux différents, de 3 à 8% inclusivement. Ces taux servent à actualiser le revenu brut, à l'exclusion des coûts de régénération des trois principaux types d'exploitants, c'est-à-dire le propriétaire privé, l'entreprise d'exploitation et de transformation et, enfin, l'organisme gouvernemental.

L'application de plusieurs taux facilite l'analyse de la sensibilité de l'âge d'exploitabilité économique à une variation du taux d'actualisation.

CHAPITRE III

ANALYSE DES RESULTATS

L'analyse des résultats comporte deux parties. La première a trait aux âges de maturité financière obtenus à l'aide des variables québécoises moyennes. Ces valeurs proviennent du rapport de Lussier et Godbout (1974). La deuxième partie étudie la sensibilité des âges de maturité calculés à l'aide des intrants québécois moyens, à des variations dans les prix de vente, les salaires, la distance de camionnage et les procédés d'exploitation du bois à pâte.

La maturité financière varie selon l'agent économique qui exploite un peuplement: elle définit le niveau du revenu net en fin de révolution. Le revenu net d'un propriétaire privé ne tient compte que des coûts directs d'exploitation. Il se sert aussi du prix de vente sur le marché. En simplifiant les termes, on obtient l'expression du revenu net par hectare d'un petit propriétaire:

$$RNPP = (PV \times VOL) - (CD \times VOL)$$

où

<i>RNPP</i>	revenu net d'un propriétaire privé en dollars par hectare
<i>PV</i>	prix de vente du marché en dollars par mètre cube
<i>VOL</i>	volume produit à l'hectare en mètres cubes par hectare
<i>CD</i>	coût direct d'exploitation en dollars par mètre cube

Dans la simulation effectuée avec les valeurs moyennes pour le Québec, le revenu net du propriétaire privé est calculé à l'aide des coûts totaux qui incluent les coûts indirects d'exploitation. L'équation précédente devient:

$$RNPP = (PV \times VOL) - (CTLE \times VOL)$$

où

<i>CTLE</i>	coûts totaux d'exploitation en dollars par mètre cube.
-------------	--

Dès lors, ce revenu net s'applique à un autre type d'agent économique, soit une grande compagnie d'exploitation, soit un groupement forestier, c'est-à-dire ceux qui font face à des coûts indirects d'exploitation, ce qui n'est pas le cas d'un petit propriétaire privé.

Un autre type de revenu net est celui touché par une firme d'exploitation et de transformation du bois à pâte. Le prix qui s'applique est la valeur résiduelle d'un mètre cube de bois à pâte, qui est le prix de vente augmenté d'une certaine valeur résultant de la transformation en un produit plus raffiné. Les déboursés considérés dans le calcul du revenu net sont les coûts totaux d'exploitation. Algébriquement, on exprime ces coûts par:

$$RNF = (VR \times VOL) - (CTLE \times VOL)$$

où

RNF revenu net d'une entreprise d'exploitation et de transformation en dollars par hectare

VR valeur résiduelle d'un mètre cube de bois à pâte en dollars par mètre cube

Le revenu net de l'Etat se calcule à la base comme précédemment, sauf que le revenu brut doit être augmenté des recettes fiscales directes et indirectes. Celles-ci représentent 10,6016% des revenus bruts. Ici l'Etat confie l'exploitation des forêts publiques à de grandes compagnies d'exploitation et de transformation. L'expression de ce revenu net est:

$$RNE = (VR \times VOL) \times 1,106016 - (CTLE \times VOL)$$

où

RNE revenu net de l'Etat en dollars par hectare.

3.1 LA MATURETE FINANCIERE AU NIVEAU DU QUEBEC

Les valeurs moyennes québécoises des intrants utilisés sont:

Prix de vente F.A.B. usine	:	\$18.88/m ³
Valeur résiduelle	:	\$24.36/m ³
Type de sol	:	4
Type de pente	:	3
Frais fixes	:	\$3.82/m ³
Taux d'avantages sociaux	:	21%
Salaire direct	:	\$5.28/h
Salaire indirect	:	\$5.65/h
Salaire mécanicien	:	\$4.34/h
Coût des routes de classe 1	:	\$19 263/km
Coût des routes de classe 2	:	\$ 9 321/km
Coût des routes de classe 3	:	\$ 1 864/km
Proportion des routes de classe 1	:	6 pour cent
Proportion des routes de classe 2	:	23 pour cent
Proportion des routes de classe 3	:	71 pour cent
Espacement des routes	:	0,8534 km
Charge	:	37 m ³
Distance de camionnage	:	98 km

Le coût total d'exploitation est une moyenne pondérée de chacun des procédés d'exploitation utilisés pour la production de bois à pâte au Québec. Ces procédés portent les numéros 1, 2, 4, 5 et 6 et leur description apparaît au tableau 8. Leurs coûts totaux d'utilisation sont calculés isolément et sont ensuite pondérés par leur taux respectif de popularité au Québec, qui sont, dans l'ordre, 20, 50, 20, 5 et 5 pour cent.

3.1.1 LA MATURETE FINANCIERE POUR UNE GRANDE ENTREPRISE D'EXPLOITATION

Les âges de maturité financière obtenus et les valeurs d'attente du sol maximales correspondantes apparaissent au tableau 13.

La période de révolution optimale diminue à mesure que le coût du capital augmente dans toutes les essences et pour toutes les qualités de station étudiées. Par contre, l'année de maturité financière est retardée pour les sites moins productifs dans un même peuplement et à un même taux d'actualisation. Ainsi, en considérant un taux d'actualisation de 5%, la maturité financière est atteinte à 58 ans dans un peuplement de sapin de qualité de station I et passe à 63 ans dans le même peuplement mais de qualité de station II. Ceci est réalisé pour chaque essence avec des écarts d'âge plus ou moins prononcés selon le cas.

L'âge de maturité financière est également retardé si l'on passe d'une essence productive à une autre dont le rendement est plus faible, pour un même taux d'actualisation. On peut observer ce phénomène en comparant les âges de maturité financière des sites de qualité II des essences sapin et épinette noire. L'importance du taux d'actualisation, pour un âge donné du peuplement, contribue à diminuer la valeur d'attente

Tableau 13 - Ages de maturité financière et valeurs d'attente du sol correspondantes, pour les résineux exploités par une grande entreprise d'exploitation au Québec, en fonction du taux d'actualisation

Essence	Qualité de station	Taux d'actualisation en pourcentage					
		3	4	5	6	7	8
Sapin	I	63 (188) ¹	59 (96)	55 (53)	53 (31)	50 (19)	49 (12)
	II	72 (105)	67 (50)	63 (26)	61 (14)	59 (8)	57 (5)
Épinette noire	II	76 (65)	72 (30)	68 (15)	66 (8)	63 (4)	62 (2)
	III	79 (4)	79 (2)	78 (1)	78 (0)	78 (0)	77 (0)
	IV	≥80 (-48)	>80 (-21)	>80 (-10)	>80 (-4)	>80 (-2)	>80 (-1)
Sapin - épinette	I	57 (204)	55 (108)	53 (61)	52 (36)	51 (22)	50 (13)
	II	71 (83)	67 (40)	64 (20)	62 (11)	60 (6)	58 (4)
	III	≥80 (11)	>80 (5)	>80 (2)	>80 (1)	>80 (0)	>80 (0)

¹ La valeur d'attente du sol est donnée en dollars par hectare.

du sol. Parallèlement, le niveau maximal de la valeur d'attente du sol sera amoindri à chaque taux d'actualisation pendant la période observée. On observe ceci pour chaque qualité de station de chacune des essences étudiées.

L'étude s'est limitée au calcul annuel de la valeur d'attente du sol sur une période de 50 ans, soit entre 30 et 80 ans d'âge des peuplements. Aussi, dépassé 80 ans, *Se* n'est pas connue. Dans les cas de l'épinette noire de qualité de station IV et du sapin - épinette de qualité III, on ne peut donc préciser l'âge exact d'atteinte de la maturité financière. On peut tout au plus affirmer que la maturité financière est obtenue après 80 ans d'âge de ces peuplements, avec des valeurs d'attente du sol très faibles. Quoiqu'il en soit, l'épinette noire de qualité de station IV et le sapin - épinette de qualité de station III sont des peuplements très marginaux, compte tenu de leur rendement en volume marchand et des coûts d'exploitation qu'ils engendrent.

3.1.2 LA MATURITE FINANCIERE POUR UNE ENTREPRISE D'EXPLOITATION ET DE TRANSFORMATION

Les âges de maturité financière et les valeurs d'attente du sol correspondant à ce type d'exploitant sont données au tableau 14.

Ici encore, l'âge de maturité financière diminue selon l'importance du taux d'actualisation, dans un même site. L'épinette noire de qualité de station IV est de nouveau l'objet d'imprécision pour la raison donnée plus haut. La valeur d'attente du sol diminue logiquement lorsque l'on compare un site productif avec un autre site relativement moins bon.

Tableau 14 - Ages de maturité financière et valeurs d'attente du sol correspondantes, pour les peuplements résineux exploités par une entreprise d'exploitation et de transformation au Québec, en fonction du taux d'actualisation

Essence	Qualité de station	Taux d'actualisation en pourcentage					
		3	4	5	6	7	8
Sapin	I	52 (495) ¹	48 (275)	44 (166)	41 (106)	39 (70)	37 (48)
	II	56 (327)	51 (177)	47 (104)	44 (65)	42 (42)	40 (40)
Épinette noire	II	65 (203)	59 (103)	55 (57)	52 (33)	49 (20)	47 (13)
	III	65 (65)	59 (33)	55 (18)	53 (11)	51 (6)	50 (4)
	IV	80 (-23)	80 (-10)	80 (-4)	80 (-2)	80 (-1)	80 (0)
Sapin - épinette	I	53 (470)	51 (257)	49 (150)	47 (92)	45 (58)	44 (38)
	II	59 (259)	54 (137)	51 (78)	48 (47)	46 (30)	44 (19)
	III	64 (120)	58 (61)	53 (34)	50 (20)	47 (13)	46 (8)

¹ La valeur d'attente du sol est donnée en dollars par hectare.

En comparant les âges de révolution obtenus pour un gros exploitant forestier (tableau 13) et ceux d'une grande entreprise qui exploite et transforme le bois à pâte, on réalise que pour un même peuplement, une même qualité de station et un même taux d'actualisation, la révolution économique est raccourcie. Cette différence est due à l'écart existant entre les revenus nets des divers agents exploitants. Comme on l'a expliqué précédemment, ce sont les coûts totaux d'exploitation qui sont utilisés indépendamment du type d'entreprise, car toutes trois font face à des coûts indirects. Le niveau du revenu net est donc fonction de l'importance du revenu brut. Le volume marchand récolté étant le même quel que soit l'exploitant, le prix employé influence le revenu brut de la grande entreprise qui ne fait qu'exploiter la forêt tandis que la valeur résiduelle détermine le revenu brut de l'entreprise qui exploite et transforme le bois. On en conclut donc que la période de révolution économique optimale varie inversement avec le niveau du prix, toutes autres variables restant constantes. Ainsi, une hausse de prix contribue à diminuer la longueur de la révolution et vice versa.

De plus, les valeurs d'attente du sol s'en trouvent substantiellement augmentées. Ceci est dû à deux raisons. D'abord, les valeurs présentes d'une série infinie de deux revenus nets, encaissables à des intervalles égaux, seront différentes pour un même taux d'actualisation. Par exemple, un peuplement de sapin - épinette rapporte à l'exploitant forestier, à 80 ans, un revenu net de \$1 152 par hectare. Dans le cas de l'entreprise d'exploitation et de transformation, ce même peuplement donne un revenu net de \$2 669 par hectare. Les valeurs d'attente du sol

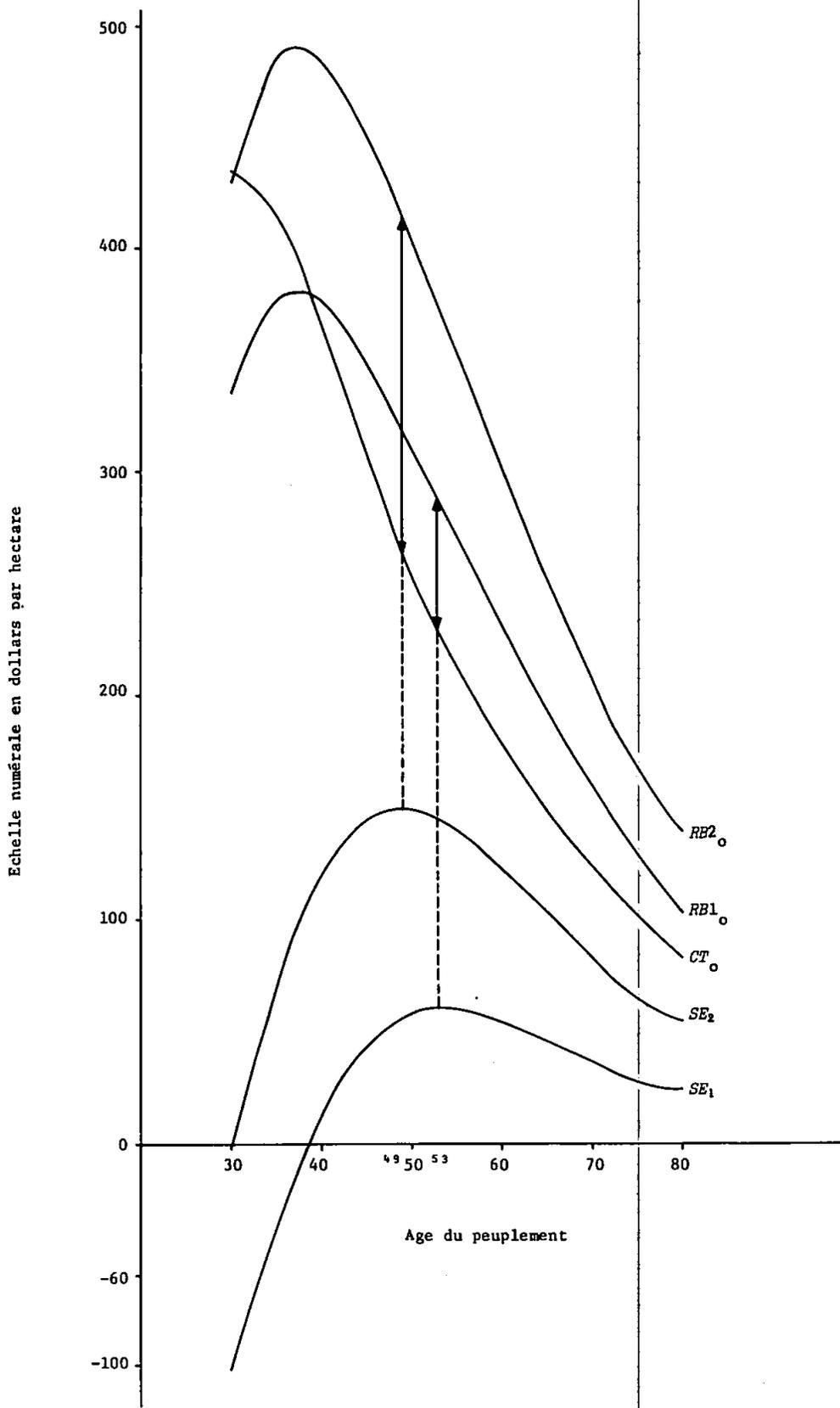
d'une série infinie de chacun de ces revenus nets périodiques égaux, avec un même taux d'actualisation de 7%, se chiffrent respectivement à \$5 et \$12 par hectare. Conjuguées à l'importance du revenu net selon l'exploitant, les durées de révolution économique du tableau 14, de par leurs longueurs relativement moins importantes, contribuent à amoindrir l'effet du temps lors de l'actualisation.

La précocité relative d'une hausse de prix peut être démontrée graphiquement. La figure 8, tracée à partir des données du tableau 15, qui est lui-même tiré de l'annexe 3, visualise ce phénomène. L'exemple considère un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I. La courbe $RB1_0$ représente le revenu brut actualisé, sur une série infinie de révolutions, encaissé par une grande entreprise d'exploitation. Le prix utilisé est de \$18.88 par mètre cube. Le revenu brut actualisé touché par une firme d'exploitation et de transformation, dont le prix de vent est une valeur résiduelle de \$24.36 par mètre cube, est représenté par la courbe $RB2_0$. Les coûts totaux d'exploitation actualisés sont définis par la courbe CT_0 . Se_1 et Se_2 représentent les valeurs d'attente du sol en fonction du temps. Elles sont la différence entre $RB1_0$, $RB2_0$ et CT_0 respectivement. Les années correspondant aux valeurs maximales de chacune de ces courbes donnent les âges de maturité financière du peuplement considéré, pour leur prix respectif. Ces points maximums correspondent aussi aux écarts maximums entre les courbes $RB1_0$ et $RB2_0$ par rapport à CT_0 , aux âges de 53 et 49 ans respectivement. Une hausse de prix rend donc le revenu net maximum actualisé plus précoce et de ce fait, raccourcit la période de révolution économique optimale. Algébriquement, la

Tableau 15 - Données relatives aux courbes de la figures 14, concernant l'influence d'une hausse de prix sur l'âge de maturité financière dans un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I, avec un taux d'actualisation de 5%

Age du peuplement années	Volume marchand brut m^3/ha	Revenu brut, firme d'exploitation $\$/ha$	Revenu brut, firme d'exploitation et transformation $\$/ha$	Coût total d'exploitation par hectare $\$/ha$	Revenu net total, firme d'exploitation $\$/ha$	Revenu net total, firme d'exploitation et de transformation $\$/ha$	RBI_0 actualisé à l'année zéro $\$/ha$	RBI_0 actualisé à l'année zéro $\$/ha$	RBI_0 actualisé à l'année zéro $\$/ha$	CT_0 actualisé à l'année zéro $\$/ha$	Valeur d'attente du sol de la firme d'exploitation $\$/ha$	Valeur d'attente du sol de la firme d'exploitation et transformation $\$/ha$
t	V_t	RBI_t	RBI_t	CT_t	RWT_t	RWT_t	RBI_0	RBI_0	RBI_0	CT_0	S_{01}	S_{02}
30	58,8	1111	1433	1466	-385	-13	334,44	431,37	435,29	435,29	-101	-4
35	90,3	1705	2199	1882	-177	318	377,55	496,93	416,74	416,74	-39	70
40	120,3	2272	2930	2196	76	735	376,16	485,10	363,58	363,58	13	122
45	148,4	2802	3615	2447	355	1168	350,91	452,72	306,45	306,45	44	146
50	174,2	3290	4245	2676	614	1569	314,31	405,54	255,65	255,65	59	150
55	197,6	3731	4814	2905	826	1909	273,62	353,05	213,04	213,04	61	140
60	218,4	4123	5319	3145	978	2174	233,31	300,86	177,89	177,89	55	123
65	236,5	4466	5762	3396	1071	2366	195,54	252,28	148,69	148,69	47	104
70	252,2	4762	6143	3647	1115	2496	161,83	208,76	123,94	123,94	38	85
75	265,6	5015	6470	3882	1133	2588	129,14	166,61	102,61	102,61	27	64
80	277,1	5232	6750	4080	1152	2669	107,74	139,00	84,02	84,02	24	55

Figure 8 - Illustration graphique de l'influence d'une hausse de prix sur l'âge de maturité financière dans un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I, avec un taux d'actualisation de 5%



démonstration précédente est basée sur la désagrégation du modèle de Faustmann, c'est-à-dire:

$$Se = \frac{RB_t}{(1+i)^t - 1} - \frac{CT_t}{(1+i)^t - 1}$$

où RB_t est le revenu brut de l'agent exploitateur à l'année t et CT_t est le coût total d'exploitation à cette même année.

3.1.3 LA MATURITE FINANCIERE DES PEUPELEMENTS RESINEUX DES FORETS DE L'ETAT

Le calcul de l'âge d'exploitabilité économique optimale des forêts de l'Etat doit inclure les recettes fiscales qu'il retire de l'exploitation de ses peuplements résineux. La mesure de son revenu net l'apparente à celui d'une entreprise d'exploitation et de transformation. On fait ici l'hypothèse que l'Etat confie à une telle entreprise l'exploitation des forêts publiques. Cependant, la distinction énoncée plus haut s'applique à son revenu brut. Comme on l'a défini dans l'introduction de ce chapitre, ce revenu est augmenté de 10,6016% avant que les coûts totaux d'exploitation soient déduits.

Essentiellement, cette opération a l'effet d'une hausse du prix de vente. On trouve au tableau 16 les âges de maturité financière et les valeurs d'attente du sol correspondantes, pour les peuplements résineux des forêts de l'Etat. En comparant les résultats des tableaux 15 et 16, on réalise que l'Etat obtient des âges de maturité financière inférieurs dans tous les cas à ceux d'une firme d'exploitation et de transformation. De plus, les valeurs d'attente du sol sont nettement supérieures. Les valeurs d'attente du sol dans le cas de l'épinette

Tableau 16 - Ages de maturité financière et valeurs d'attente du sol correspondantes, pour les peuplements résineux des terres de l'Etat qui retire des recettes fiscales directes et indirectes, pour l'ensemble du Québec et pour les divers taux d'actualisation

Essence	Qualité de station	Taux d'actualisation en pourcentage					
		3	4	5	6	7	8
Sapin	I	50 (652) ¹	45 (368)	42 (226)	39 (147)	36 (100)	34 (70)
	II	52 (447)	47 (249)	43 (150)	41 (96)	38 (64)	37 (44)
Épinette noire	II	62 (273)	57 (141)	53 (79)	49 (47)	47 (29)	44 (19)
	III	61 (98)	56 (51)	53 (29)	50 (17)	49 (11)	47 (7)
	IV	80 (-10)	80 (-5)	80 (-2)	80 (-1)	80 0	80 0
Sapin - épinette	I	52 (599)	49 (331)	47 (196)	45 (122)	44 (8)	42 (51)
	II	56 (350)	52 (188)	48 (110)	45 (68)	43 (44)	41 (29)
	III	58 (184)	52 (98)	48 (57)	45 (35)	43 (23)	41 (15)

¹ La valeur d'attente du sol est donnée en dollars par hectare.

noire de qualité de station IV sont, quoique négatives, supérieures dans le cas de l'Etat à celles du tableau 14. Un calcul de la valeur d'attente du sol à des âges plus avancés atteindrait un maximum plus tôt dans le cas de l'Etat que dans celui d'une entreprise d'exploitation et de transformation.

Un fait est frappant à la lecture du tableau 15. Même avec un taux d'actualisation de 3%, les âges de maturité financière sont inférieurs, dans tous les peuplements et pour toutes les qualités de station, aux âges de maturité physique déterminés par le critère de l'accroissement annuel moyen (A.A.M.) maximum, lequel est généralement approuvé par le ministère des Terres et Forêts du Québec. En se basant sur les tables de rendement de Vézina et Linteau (1969), on peut construire le tableau 17 afin de faciliter la comparaison.

Tableau 17 - Comparaison des révolutions obtenues à l'aide de la maturité financière et de l'accroissement annuel moyen maximum

Essence	Qualité de station	Age de maturité financière avec un taux d'actualisation de 3%	Age de maturité basé sur A.A.M. maximum
Sapin	I	50	65
	II	52	70
Epinette noire	II	62	75
	III	61	105
	IV	80	105
Sapin - épinette	I	52	55
	II	56	75
	III	58	90

La différence entre les valeurs d'attente du sol permet de connaître le manque à gagner de l'Etat, du fait qu'il choisisse critère de l'accroissement annuel moyen maximum plutôt que l'âge d'exploitabilité économique optimale. Dans les qualités de station où l'âge de maturité physique est supérieur à 80 ans, ce coût ne peut être chiffré puisque le calcul de la valeur d'attente du sol n'a été effectué que pour la période de 30 à 80 ans inclusivement. Par contre, on sait que plus l'écart est grand entre les âges des deux types de maturité, plus nombreux seront les dollars perdus par l'Etat. Le tableau 18 donne le coût d'un tel choix pour chaque essence et pour les qualités de station dont l'âge de maturité physique est inférieur à 80 ans.

Tableau 18 - Sommes perdues par l'Etat en conséquence du choix de l'accroissement annuel moyen maximum comme critère de maturité plutôt que la maturité financière, en dollars par hectare

Essence	Qualité de station	Taux d'actualisation en pourcentage					
		3	4	5	6	7	8
Sapin	I	78	85	81	69	58	48
	II	59	65	69	50	40	32
Epinette noire	II	24	32	28	23	18	14
Sapin - épinette	I	7	15	19	20	18	16
	II	54	53	46	37	29	22

Avec un taux d'actualisation de 5%, l'Etat perd donc \$81.00 par hectare en choisissant d'exploiter un peuplement de sapin de qualité de station I à sa maturité physique.

3.2 SENSIBILITE DE L'AGE DE MATURETE FINANCIERE

Cette section montre les âges de maturité financière obtenus avec des variations apportées dans les valeurs de certains intrants du modèle. Cette analyse de sensibilité est analogue au concept de la dérivée partielle, c'est-à-dire que l'on étudie l'effet d'un changement dans la valeur d'une variable, tous les autres éléments restants constants. Les variables constantes gardent les valeurs énumérées à la section 3.1. Ainsi, pour connaître l'effet d'un changement dans le niveau des salaires, le calcul de l'âge de maturité financière est effectuée à l'aide des valeurs des autres intrants de la section 3.1.

L'étude de sensibilité est faite pour quatre variables, soit le prix de vente, les salaires, la distance de transport et le procédé d'exploitation.

3.2.1 SENSIBILITE AU PRIX DE VENTE

Les résultats de cette section sont fondamentalement similaires aux résultats obtenus dans la section 3.1.2 concernant l'impact d'une hausse de prix sur l'âge de maturité financière. Quoiqu'il en soit, les âges apparaissant au tableau 19 ci-après concrétisent davantage la sensibilité de la maturité financière au prix de vente.

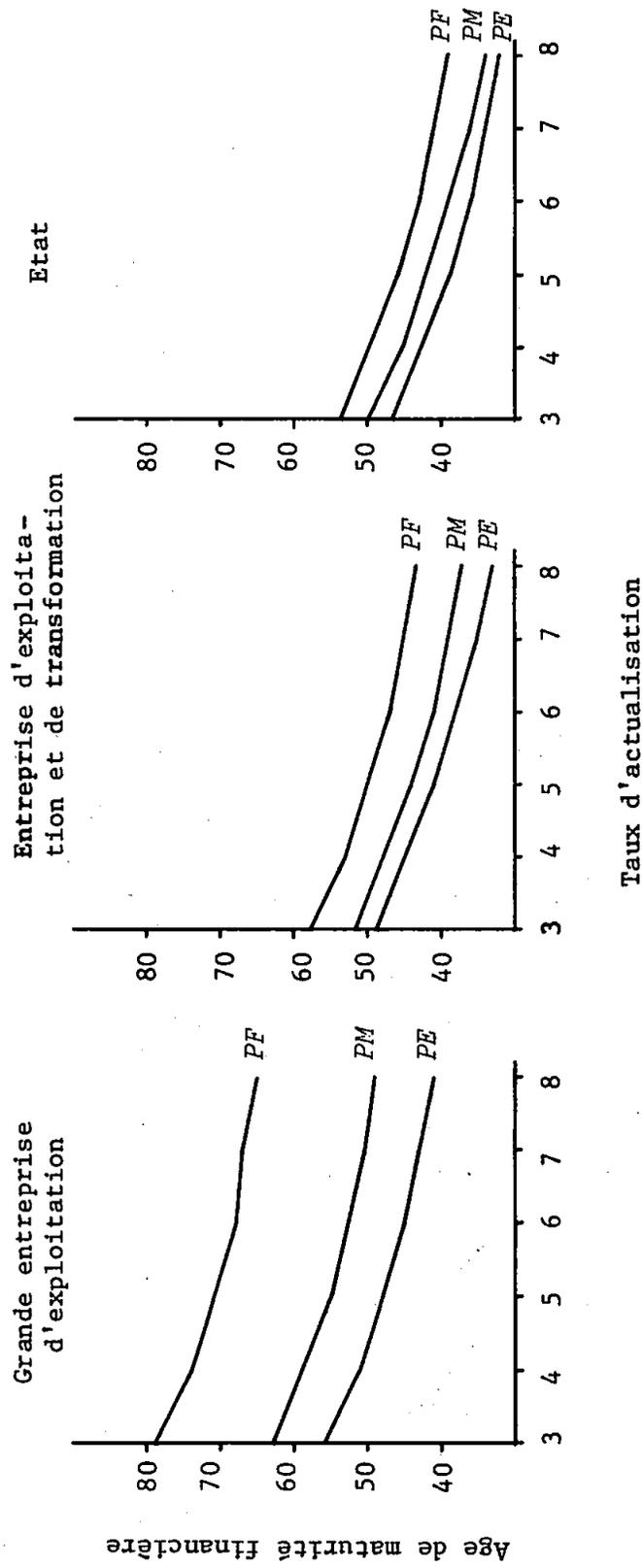
Il est à noter que les âges de maturité financière calculés pour un prix de vente de \$18.88 par mètre cube et une valeur résiduelle de \$24.36 par mètre cube sont, dans tous les cas, les âges de maturité obtenus pour l'ensemble du Québec et correspondent à ceux de la section 3.1. Ils apparaissent ici afin de faciliter la comparaison des âges de maturité calculée pour des prix faibles, moyens et élevés.

Tableau 19 - Ages de maturité financière selon divers niveaux de prix de vente

Essence	Qualité de station	Niveaux de prix \$	Valeur réelle - duelle corres- pondante \$	Grande entreprise d'exploitation								Entreprise d'exploitation et de transformation								Etat							
				3*	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8						
Sapin	I	16.05	20.71	79	74	71	68	67	65	58	53	50	47	45	43	54	50	46	43	41	39						
		18.88	24.36	63	59	55	53	50	49	52	48	44	41	39	37	50	45	42	39	36	34						
		21.72	28.31	56	51	48	45	43	41	49	45	41	38	35	33	47	43	39	36	34	32						
Epinette noire	II	16.05	20.71	80	80	80	80	80	80	65	60	56	53	51	49	59	54	50	47	45	43						
		18.88	24.36	72	67	63	61	59	57	56	51	47	44	42	40	52	47	43	41	38	37						
		21.72	28.01	62	57	53	50	48	46	51	46	42	40	37	36	49	44	40	38	35	34						
Epinette	III	16.05	20.71	80	80	80	80	80	80	71	66	62	59	57	55	66	61	57	54	52	50						
		18.88	24.36	76	72	68	66	63	62	65	59	55	52	49	47	62	57	53	49	47	44						
		21.72	28.01	68	64	60	57	54	52	61	56	52	49	46	44	60	55	50	47	44	42						
Sapin - épinette	IV	16.05	20.71	80	80	80	80	80	80	75	73	69	65	62	60	69	62	58	55	54	52						
		18.88	24.36	79	79	78	78	78	77	65	59	55	53	51	50	61	56	53	50	49	47						
		21.72	28.01	73	68	62	59	57	55	60	55	52	50	48	46	59	54	50	48	46	45						
Sapin - épinette	I	16.05	20.71	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80						
		18.88	24.36	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80						
		21.72	28.01	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80						
Sapin - épinette	II	16.05	20.71	60	59	58	57	57	56	55	53	51	50	49	47	54	52	50	48	46	45						
		18.88	24.36	57	55	53	52	51	50	53	51	49	47	45	44	52	49	47	45	44	42						
		21.72	28.01	55	52	50	49	48	46	51	49	47	45	43	42	50	48	45	43	42	40						
Sapin - épinette	III	16.05	20.71	80	80	80	80	80	80	66	61	58	55	53	51	61	57	53	50	48	46						
		18.88	24.36	71	67	64	62	60	58	59	54	51	48	46	44	56	52	48	45	43	41						
		21.72	28.01	63	59	55	53	50	49	56	51	47	44	42	40	54	49	45	42	40	38						
Sapin - épinette	III	16.05	20.71	80	80	80	80	80	80	80	76	71	67	65	63	70	63	58	55	52	50						
		18.88	24.36	80	80	80	80	80	80	64	58	53	50	47	46	58	52	48	45	43	41						
		21.72	28.01	77	69	64	60	58	56	57	51	47	44	41	39	53	48	44	41	39	37						

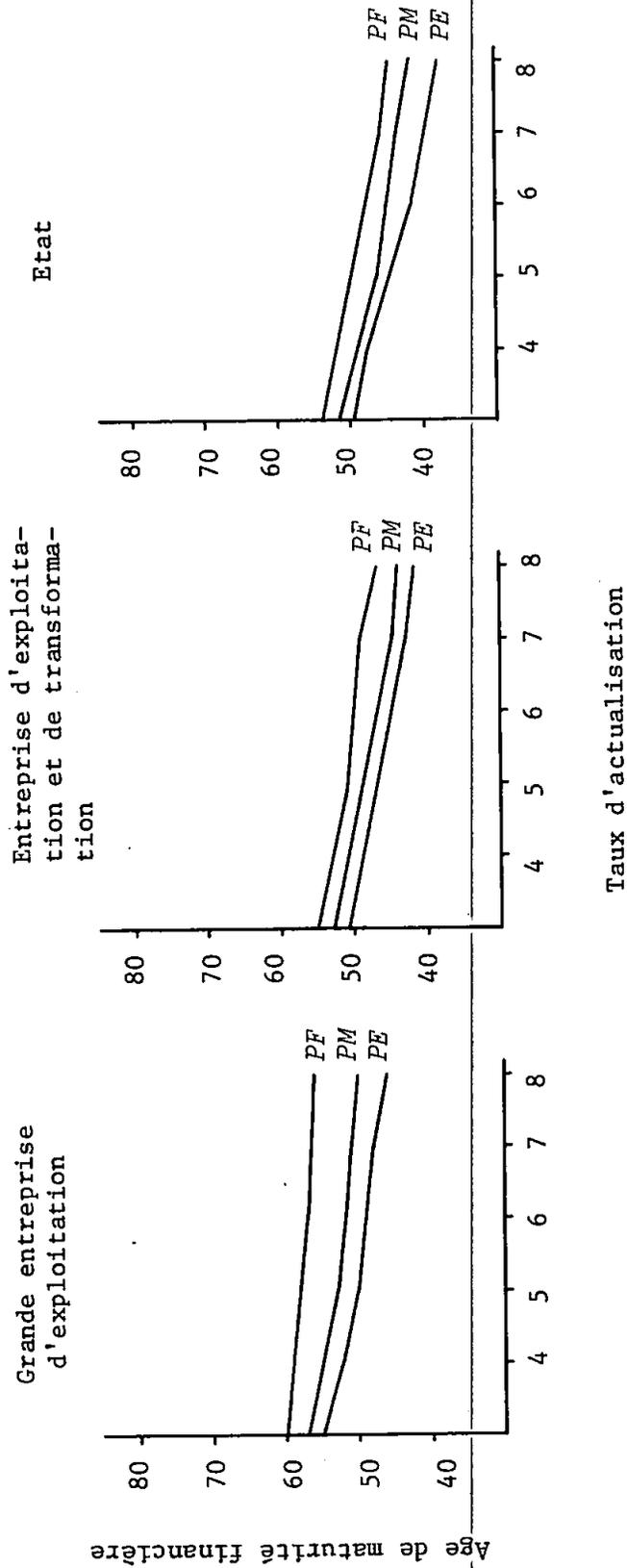
* Taux d'actualisation en pourcentage

Figure 9 - Age de maturité financière en fonction du taux d'actualisation, selon trois niveaux de prix de vente et de valeurs résiduelles pour chaque agent d'exploitation, dans un peuplement de sapin de qualité de station I



PF : Prix faibles
 PM : Prix moyens
 PE : Prix élevés

Figure 10 - Age de maturité financière en fonction du taux d'actualisation selon trois niveaux de prix de vente et de valeurs résiduelles pour chaque agent d'exploitation dans un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I



A l'analyse du tableau 19, on remarque que dans tous les cas, l'âge de maturité financière s'abaisse avec l'importance du prix de vente et de la valeur résiduelle, pour un même taux d'actualisation.

Le prix de vente et la valeur résiduelle sont de 15 p. 100 moins élevés que les valeurs moyennes. Les valeurs fortes dépassent également de 15 p. 100 les prix moyens. Les écarts entre les prix sont donc égaux. Pourtant, une baisse de prix allonge la période de révolution économique d'un nombre d'années plus important que le raccourcissement de cette période dû à une hausse de prix. Les figures 9 et 10 montrent ce phénomène pour le sapin et le sapin - épinette de qualité I, seuls cas où pour chaque niveau de prix et chaque agent d'exploitation, on obtient des âges de maturité financière compris entre 30 et 80 ans. Si cette période avait été élargie, ce phénomène se vérifierait dans toutes les circonstances. Ceci est dû au fait qu'un prix faible produit un revenu brut trop petit à des âges précoces d'un peuplement pour contre-balancer les coûts d'exploitation, qui sont à ce moment-là très élevés. Un revenu net suffisamment élevé est donc retardé vers les âges où le volume marchand produit est fort et les coûts d'exploitation sont en même temps faibles.

Les remarques énumérées plus haut se réalisent toujours quel que soit le niveau des prix:

- Les périodes de révolution économique raccourcissent selon l'importance du revenu brut et de l'agent d'exploitation;
- Plus le peuplement est de qualité, moins longues seront les périodes de révolution économique.

3.2.2 SENSIBILITE AU NIVEAU DES SALAIRES

Les résultats de cette simulation de divers niveaux de salaires apparaissent au tableau 20. Les niveaux des salaires employés sont donnés au tableau 9. La première constatation évidente est que, contrairement aux prix, un niveau des salaires faible raccourcit la période de révolution économique, et inversement. La cause majeure de cette réaction vient du fait que les salaires agissent sur l'importance des coûts d'exploitation et qu'ils en sont les intrants primordiaux.

Des salaires élevés impliquent des coûts d'exploitation élevés. L'agent d'exploitation devrait donc attendre davantage avant d'obtenir une valeur d'attente du sol maximale.

L'âge de maturité financière réagit en fonction de l'élément du revenu net qui subit un changement. Ainsi, toute variable qui contribue à augmenter le revenu net, soit par une hausse du revenu brut (prix de vente plus élevé), soit par une baisse des coûts d'exploitation (salaires moins élevés), favorisera un raccourcissement de la période de révolution économique.

3.2.3 SENSIBILITE A LA DISTANCE DE TRANSPORT

Les résultats relatifs à la sensibilité de l'âge de maturité financière à la distance de transport ou de camionnage sont compilés au tableau 21.

L'observation de la section précédente se vérifie à nouveau, à savoir que la distance de camionnage est un autre facteur important

Tableau 20 - Sensibilité de l'âge de maturité financière aux divers niveaux des salaires

Essence	Qualité de station	Niveau de salaire	Entreprise d'exploitation								Entreprise d'exploitation et de transformation								Etat							
			3*	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
Sapin	I	Faible	59	55	52	49	47	45	51	46	42	39	37	35	49	44	40	37	35	33	49	44	40	37	35	33
		Moyen	63	59	55	53	50	49	52	48	44	41	39	37	50	45	42	39	36	34	50	45	42	39	36	34
		Elevé	66	62	59	56	54	52	54	49	46	43	40	38	51	46	43	40	37	35	51	46	43	40	37	35
	II	Faible	67	62	58	55	53	51	53	48	44	42	39	37	50	45	42	39	37	35	50	45	42	39	37	35
		Moyen	72	67	63	61	59	57	56	51	47	44	42	40	52	47	43	41	38	37	52	47	43	41	38	37
		Elevé	77	72	68	66	64	62	58	53	50	47	44	42	54	49	45	42	40	38	54	49	45	42	40	38
Épinette noire	II	Faible	72	68	64	61	59	57	63	58	54	50	48	45	61	56	51	48	45	43	61	56	51	48	45	43
		Moyen	76	72	68	66	63	62	65	59	55	52	49	47	62	57	53	49	47	44	62	57	53	49	47	44
		Elevé	80	76	73	70	68	67	66	61	57	54	51	49	63	58	54	51	48	46	63	58	54	51	48	46
	III	Faible	77	76	74	72	69	67	63	57	54	51	50	48	60	55	52	49	47	46	60	55	52	49	47	46
		Moyen	79	79	78	78	78	77	65	59	55	53	51	50	61	56	53	50	49	47	61	56	53	50	49	47
		Elevé	80	80	80	80	80	80	69	61	57	55	53	52	63	57	54	51	50	48	63	57	54	51	50	48
	IV	Faible	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		Moyen	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		Elevé	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Sapin - épinette	I	Faible	56	54	52	51	49	48	52	50	48	46	44	43	51	48	46	44	43	41	51	48	46	44	43	41
		Moyen	57	55	53	52	51	50	53	51	49	47	45	44	52	49	47	45	44	42	52	49	47	45	44	42
		Elevé	58	56	55	53	52	51	54	51	49	48	46	45	52	50	48	46	44	43	52	50	48	46	44	43
	II	Faible	67	63	60	57	55	53	57	52	49	46	43	41	55	50	46	43	41	39	55	50	46	43	41	39
		Moyen	71	67	64	62	60	58	59	54	51	48	46	44	56	52	48	45	43	41	56	52	48	45	43	41
		Elevé	75	71	68	66	64	63	61	56	53	50	48	46	58	53	49	46	44	42	58	53	49	46	44	42
	III	Faible	80	80	77	73	71	69	60	54	49	46	44	42	55	50	46	43	40	39	55	50	46	43	40	39
		Moyen	80	80	80	80	80	80	64	58	53	50	47	46	58	52	48	45	43	41	58	52	48	45	43	41
		Elevé	80	80	80	80	80	80	69	62	57	54	52	50	61	55	51	47	45	43	61	55	51	47	45	43

* Taux d'actualisation en pourcentage

des coûts d'exploitation et que son importance implique un allongement de la période de révolution économique, comme la simulation le montre au tableau 21.

3.2.4 SENSIBILITE AU PROCEDE D'EXPLOITATION

Contrairement aux résultats précédents, obtenus à l'aide d'une moyenne pondérée des coûts d'opération de chaque procédé d'exploitation, l'analyse de sensibilité de ce facteur est faite à partir des coûts directs et totaux afférant à chacun des procédés décrits au tableau 8. Seuls les procédés convenant à la production de bois à pâte sont considérés ici.

Le tableau 22 ci-après donne les résultats de l'étude de sensibilité de l'âge de maturité financière au procédé d'exploitation. Cette étude a voulu envisager l'aspect propriétaire forestier exploitant. La première colonne de résultats du tableau 22 s'applique donc à un petit propriétaire forestier qui exploite son boisé seul, contrairement aux tableaux précédents qui donnaient, en première colonne de résultats, les âges de maturité financière d'une grande entreprise d'exploitation qui rencontre des coûts indirects d'exploitation. Les âges de maturité financière en forêt privée sont donc calculés à l'aide des coûts directs d'exploitation et non avec les coûts totaux qui incluent les coûts indirects.

Le tableau 22 peut répondre à une question comme celle-ci: quels sont les âges de maturité financière calculés pour les trois types d'exploitants forestiers qui font face aux conditions suivantes?

Tableau 21 - Sensibilité de l'âge de maturité à la distance de transport

Essence	Qualité de station	Distance de transport km	Entreprise d'exploitation								Entreprise d'exploitation et de transformation								Etat							
			3*	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
Sapin	I	24	56	52	48	46	43	41	50	45	42	39	36	34	48	44	40	37	34	32	48	44	40	37	34	32
		98	63	59	55	53	50	49	52	48	44	41	39	37	50	45	42	39	36	34	50	45	42	39	36	34
		225	80	78	74	72	70	68	57	52	49	46	44	42	53	48	45	42	39	37	53	48	45	42	39	37
Epinette noire	II	24	62	57	54	51	49	47	52	47	44	41	38	37	50	45	41	38	36	35	50	45	41	38	36	35
		98	72	67	63	61	59	57	56	51	47	44	42	40	52	47	43	41	38	37	52	47	43	41	38	37
		225	80	80	80	80	80	80	63	58	54	52	49	47	63	58	54	48	45	43	57	52	48	45	43	41
Epinette noire	III	24	69	64	60	57	55	53	62	57	53	49	47	44	61	55	51	48	45	43	61	55	51	48	45	43
		98	76	72	68	66	63	62	65	59	55	52	49	47	62	57	53	49	47	44	62	57	53	49	47	44
		225	80	80	80	80	80	80	69	65	61	58	55	53	65	60	56	53	50	48	65	60	56	53	50	48
Epinette noire	IV	24	74	69	64	60	58	56	61	56	53	50	49	47	59	54	51	49	47	45	59	54	51	49	47	45
		98	79	79	78	78	78	77	65	59	55	53	51	50	61	56	53	50	49	47	61	56	53	50	49	47
		225	80	80	80	80	80	80	74	70	65	61	59	57	67	60	56	54	52	51	67	60	56	54	52	51
Sapin - épinette	I	24	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		98	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
		225	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Sapin - épinette	II	24	55	53	51	49	48	47	52	49	47	45	44	42	51	48	46	44	42	41	51	48	46	44	42	41
		98	57	55	53	52	51	50	53	51	49	47	45	44	52	49	47	45	44	42	52	49	47	45	44	42
		225	61	60	59	58	58	57	55	53	51	49	48	47	53	51	49	47	46	44	53	51	49	47	46	44
Sapin - épinette	III	24	64	59	56	53	51	49	56	52	48	45	43	41	54	50	46	43	41	39	54	50	46	43	41	39
		98	71	67	64	62	60	58	59	54	51	48	46	44	56	52	48	45	43	41	56	52	48	45	43	41
		225	80	80	80	80	80	80	65	60	57	54	52	50	60	55	52	49	46	45	60	55	52	49	46	45
Sapin - épinette	III	24	79	71	66	62	60	58	58	52	48	45	43	41	55	49	45	42	40	38	55	49	45	42	40	38
		98	80	80	80	80	80	80	64	58	53	50	47	46	58	52	48	45	43	41	58	52	48	45	43	41
		225	80	80	80	80	80	80	80	72	67	64	61	59	80	66	59	55	52	49	66	59	55	52	49	47

* Taux d'actualisation en pourcentage

Tableau 22 - Age de maturité financière des peuplements résineux en fonction du type d'exploitant, du procédé d'exploitation et du taux d'actualisation

Essence	Qualité de station	Procédé d'exploitation	Forêt privée						Entreprise d'exploitation et transformation						Etat						
			3*	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8	
Sapin	I	1	46	43	40	38	36	34	47	44	42	40	39	38	46	43	41	39	37	36	
		2	50	45	41	37	35	32	55	49	45	42	39	37	52	47	42	39	36	34	
		4	50	45	40	37	34	31	52	47	43	39	37	34	50	45	40	37	34	32	
		5	53	48	43	40	37	34	57	51	47	43	41	38	53	48	43	40	37	34	
		6	53	48	43	40	37	34	56	50	46	42	39	37	53	47	43	39	36	34	
		II	1	51	47	45	43	41	39	54	51	49	47	45	44	52	49	46	44	42	41
	2	51	46	42	39	36	34	58	52	47	44	41	39	53	47	43	40	37	41		
	4	51	45	41	37	35	33	54	48	43	40	38	36	50	44	40	37	35	33		
	5	55	49	45	41	38	36	60	54	49	45	43	40	54	48	44	40	38	36		
	6	56	49	44	41	38	36	58	52	47	43	41	38	54	47	43	39	37	35		
	Epinette noire	II	1	59	55	51	48	46	44	61	58	55	52	51	49	60	56	53	50	48	47
			2	61	55	51	47	44	41	66	60	56	52	50	47	63	58	53	49	46	44
4			61	55	50	46	43	40	64	58	54	50	47	45	62	56	51	48	45	42	
5			64	58	53	49	46	43	68	62	58	54	51	49	64	59	54	50	47	45	
6			64	58	53	49	46	43	67	61	56	53	50	47	64	58	53	49	46	44	
III			1	57	53	50	48	47	45	68	61	59	55	53	52	63	57	54	52	50	49
2		56	51	48	46	44	43	65	59	55	53	51	50	61	56	53	50	48	47		
4		56	51	48	46	44	42	63	57	54	51	49	48	60	55	51	49	47	45		
5		57	52	49	47	45	44	68	61	57	55	53	51	62	57	53	51	49	48		
6		57	52	49	47	45	44	65	59	55	53	51	49	61	56	52	50	48	47		
IV		1	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
		2	80	75	69	66	64	63	80	80	80	80	80	80	80	80	76	74	71	70	
	4	58	52	48	45	42	40	80	80	79	77	74	73	72	67	64	61	59	57		
	5	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	79	76	74	73		
	6	80	80	80	75	71	69	80	80	80	80	80	80	80	75	71	69	67	65		
	Sapin - épinette	I	1	46	45	44	43	42	41	45	45	44	43	43	42	45	44	43	43	42	41
2			52	49	47	45	43	42	55	52	50	48	47	45	54	51	49	47	45	43	
4			53	50	47	45	43	42	54	52	49	47	45	43	53	50	48	45	43	41	
5			54	52	49	47	46	44	56	53	51	50	48	46	54	52	50	48	46	44	
6			54	52	50	48	46	44	55	53	51	49	47	44	54	52	50	47	45	44	
II			1	54	50	47	45	43	42	56	53	51	49	47	46	54	51	49	47	45	44
2		56	50	46	43	40	38	61	56	51	48	45	43	58	52	48	45	42	40		
4		55	50	45	42	39	37	58	53	48	45	42	40	55	50	46	42	40	38		
5		59	53	49	45	43	40	63	57	53	50	47	45	59	53	49	45	43	40		
6		59	53	49	45	42	40	61	56	52	48	45	43	58	53	48	45	42	40		
III		1	62	56	52	49	47	45	72	66	62	59	57	55	66	60	56	53	51	49	
		2	54	48	43	40	38	36	63	56	51	48	45	43	57	50	46	43	41	39	
	4	53	46	42	39	36	35	57	51	47	44	41	40	53	47	44	41	39	37		
	5	58	51	46	42	39	37	65	58	53	50	47	45	57	51	47	44	41	40		
	6	57	50	45	41	39	36	62	55	50	47	44	43	56	50	46	43	40	38		

* Taux d'actualisation en pourcentage

Peuplement	:	épinette noire
Qualité de station	:	III
Procédé d'exploitation	:	2
Taux d'actualisation	:	6 %

L'âge de maturité financière d'un propriétaire privé est alors de 46 ans, comparativement à 53 ans pour l'entreprise d'exploitation et de transformation. La période de révolution économique optimale de l'Etat est de 50 ans pour les conditions énoncées.

L'analyse du tableau 22 amène les constatations suivantes. Les sites productifs ont généralement des révolutions économiques plus courtes pour des procédés d'exploitation et des taux d'actualisation donnés. La sensibilité au procédé d'exploitation est d'autant plus forte que le revenu brut est élevé. Il y a très peu de différence de sensibilité entre les procédés fortement mécanisés, soit les procédés 4, 5 et 6. Le procédé numéro 1 est relativement moins sensible au taux d'actualisation. D'ailleurs, celui-ci détient le plus faible taux de décroissance annuel moyen du coût d'exploitation en fonction de l'âge. Aussi produit-il généralement une période de révolution économique plus courte car la valeur du bois sur pied, dont il est fonction, s'accroît moins rapidement que dans les autres procédés.

CONCLUSION

Le but originalement fixé à cette recherche était de déterminer l'âge de révolution économique optimal des principaux peuplements résineux du Québec. Cet objectif a été largement atteint si l'on considère que cet âge a été calculé pour quatre agents exploitants, six taux d'actualisation, cinq procédés d'exploitation, trois peuplements résineux, huit qualités de station différentes et trois niveaux de prix, de salaires et de distances de transport.

L'étude s'est d'abord attardée à décrire, à comparer et, par le fait même, à justifier le choix du modèle de Faustmann comme critère le plus valable pour le calcul de l'âge de maturité financière. La seconde partie identifie la nature et la valeur des variables de ce modèle. On décrit ensuite l'application proprement dite de la formule, soit la simulation. Enfin, les résultats obtenus sont analysés.

De toute cette analyse on retient les observations importantes suivantes:

- l'âge de maturité financière est plus précoce que celui de l'exploitabilité physique défini pour le Québec;
- l'âge de maturité financière est fonction de l'agent économique exploitant ou du niveau du revenu brut;

- plus l'essence est de qualité, plus courtes seront les périodes de révolution économique;
- les révolutions économiques des sites fertiles sont plus courtes;
- tout facteur contribuant à hausser le revenu net favorise le raccourcissement de la période de révolution économique;
- l'âge de maturité financière manifeste une forte sensibilité au prix et aux coûts de transport;
- le procédé d'exploitation influence aussi l'âge d'exploitabilité économique par le biais du taux de mécanisation qui détermine le niveau des coûts de récolte;
- l'âge de maturité financière est un seuil minimum de l'année de la coupe à blanc;
- c'est aussi un critère de choix plus réaliste que l'accroissement annuel moyen maximum.

L'âge de maturité financière est une connaissance nécessaire et primordiale à toute prise de décision. La maturité financière n'est cependant l'image que d'une partie de la réalité économique. D'autres réalités difficilement quantifiables peuvent provoquer un choix autre que l'âge fixant une période de révolution économique optimale. Ces facteurs peuvent être l'écologie, une nouvelle technique ou les conditions du marché. Quoi qu'il en soit, la détermination de l'âge de maturité financière, par le biais du calcul de la valeur d'attente du sol, permet d'évaluer les pertes monétaires qu'engendre le choix d'un âge de coupe autre que celui assurant une valeur d'attente du sol maximale.

L'étude de la détermination de la maturité financière des peuplements forestiers québécois fera l'objet d'un nouveau document au cours des prochains mois. Il contiendra les résultats obtenus de l'application du modèle de Faustmann à divers options d'aménagement comprenant des travaux sylvicoles. Il considère aussi une utilisation plus complète de la production d'un boisé.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, *Exploitation forestière*, Catalogue annuel. Statistique du Canada, 1959 à 1973.
- ANONYME, *Statistiques de mise en marché du bois provenant de l'ensemble des forêts du Québec*. La Fédération des producteurs de bois du Québec, 1967 à 1974.
- BENTLEY, W.R. et D.E. TEEGUARDEN, 1965. *Financial maturity: A theoretical review*. Forest Science. Vol. 11, no. 1, March,
- BOUDOUX, L. et F. BONENFANT, 1974. *Sacados: Système automatique et conversationnel d'analyse de données statistiques*. Rapport préliminaire, Centre de recherche forestière des Laurentides. Québec.
- BOULDING, K., 1955. *Economic analysis*. 3^o ed., Harper, New York.
- CLOUTIER, G., R. PERREAULT et R. DESROSIERS, 1974. *Modèles pour déterminer la valeur du bois sur pied en fonction des systèmes d'exploitation et des types d'utilisation*. Serv. de la rech., 1966 Dir. gén. des Forêts, M.T.F.
- DAVIS, K.P., 1966. *Forest management: regulation and valuation*. McGraw-Hill, Toronto.
- DUERR, W., J. FEDKIW et S. GUTTENBERG, 1956. *Financial naturity: a guide to profitable timber growing*. USDA Tech. Bul. No. 1146.
- FAUSTMANN, M., 1849. *Berechnung des Werthes, welchen Walboden sowie noch nicht haubare Holzbestände flr die Waldwirtschaft besitzen*. Allg. Forst. Jagdzeitung 25: 441-455.
- GAFFNEY, M.M., 1960. *Concepts of financial maturity of timber and other assets*. Dept. of Agr. Ec., North Carolina State-Coll., Raleigh, A.E. Inf. Serv. No. 62.

- GILMAN, L. et A.J. ROSE, 1974. *APL, an interactive approach*. John Wiley & Sons, Inc. 2^o ed. New York.
- GREGERSEN, H.M., 1975. *Effect of inflation on evaluation of forestry investments*. Journal of Forestry. Vol. 73, No. 9, September.
- LEPNER, A.P., 1974. *The Economics of control*. New York, Macmillan.
- LESOURNE, J., 1964. *Le Calcul économique*. Paris, Dunod.
- LUSSIER, L.-J. et C. GODBOUT, 1974. *Etude du coût des bois F.A.B. destination dans la perspective de droits de coupe variables*. Darveau, Grenier, Lussier et Assoc., Québec.
- MENARD, D. et J.-P. NADEAU, 1977. *La Maturité financière des peuplements forestiers. L'exemple allemand avec des suggestions pour le Québec*. Serv. de la rech., Dir. gén. des For. M.T.F. Rap. int. n^o 177.
- MESHAN, E.J., 1971. *Cost benefit analysis*. Allen and Unwin, London.
- MUSNIER, A., 1976. *Analyse d'investissement à prix réels et à prix courants*. Serv. de la rech. M.T.F. Note n^o 5, Québec.
- MUSNIER, A., 1979. *Maturité financière des peuplements forestiers au Québec. II - Peuplements, de feuillus*. Serv. de la rech. Dir. Gén. des For. M.T.F. (mémoire à paraître).
- PREST, A.R. et R. TURVEY, 1965. *Cost benefit analysis: a survey*. Economic Journal.
- RICARD, P.F., A. CASTONGUAY et S. SOUMPHOLPHAKDY, 1976. *Le Secteur forestier au Québec et sa contribution à l'économie*. Serv. de la rech., Dir. gén. des Forêts. M.T.F. (mémoire n^o 23).
- UNION DES PRODUCTEURS AGRICOLES ET OFFICE DES PRODUCTEURS DE BOIS. *Plans conjoints*. 1970-1975.
- VEZINA, R.-E. et A. LINTEAU, 1969. *Growth and yield of balsam fir and black spruce in Quebec*. Forest Research Laboratory, Quebec Region, Inf. Report Q-X-2, Quebec.

APPENDICE

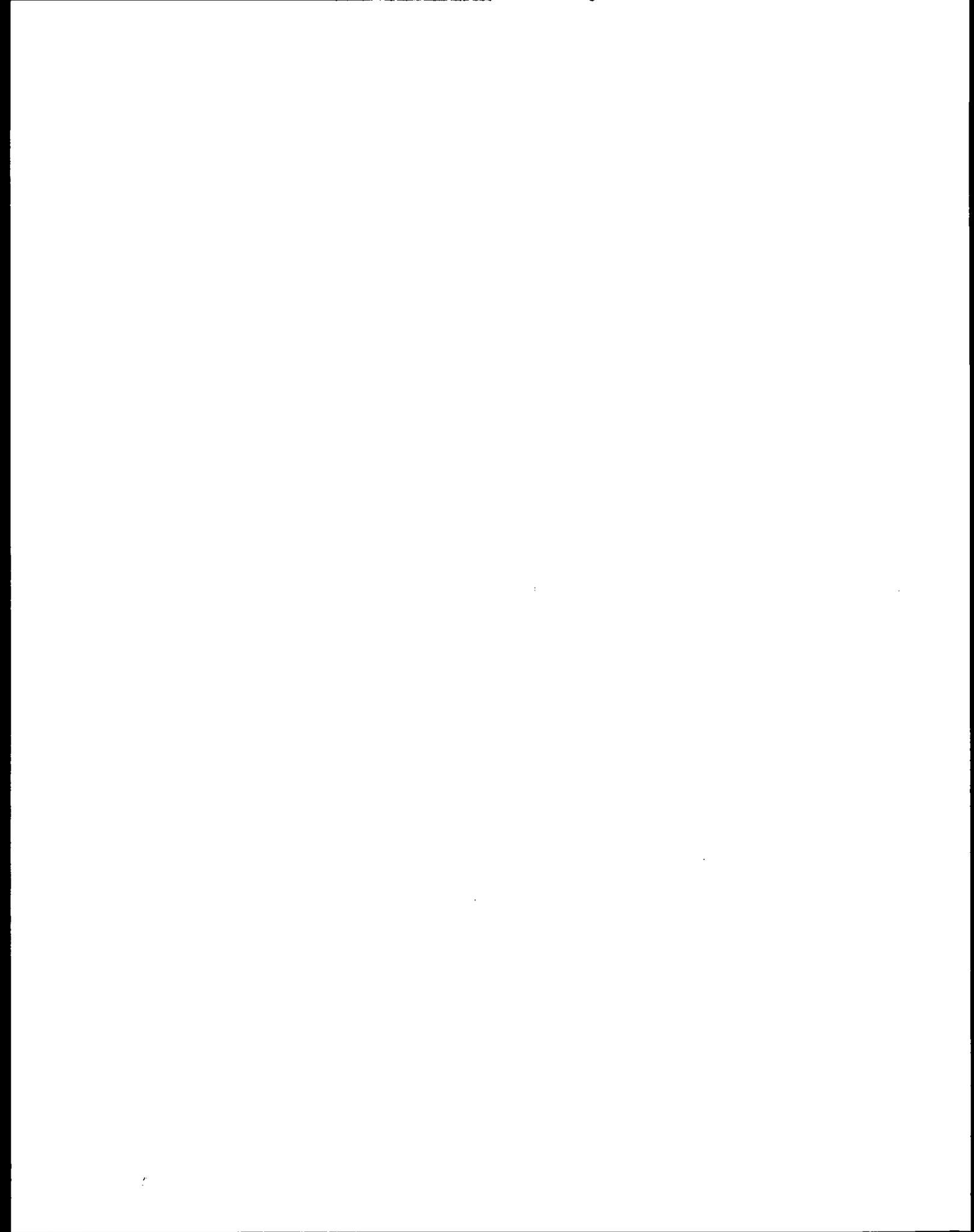


Figure 11 - Pourcentages estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres en fonction de l'âge dans un peuplement de sapin baumier de qualités de station I et II

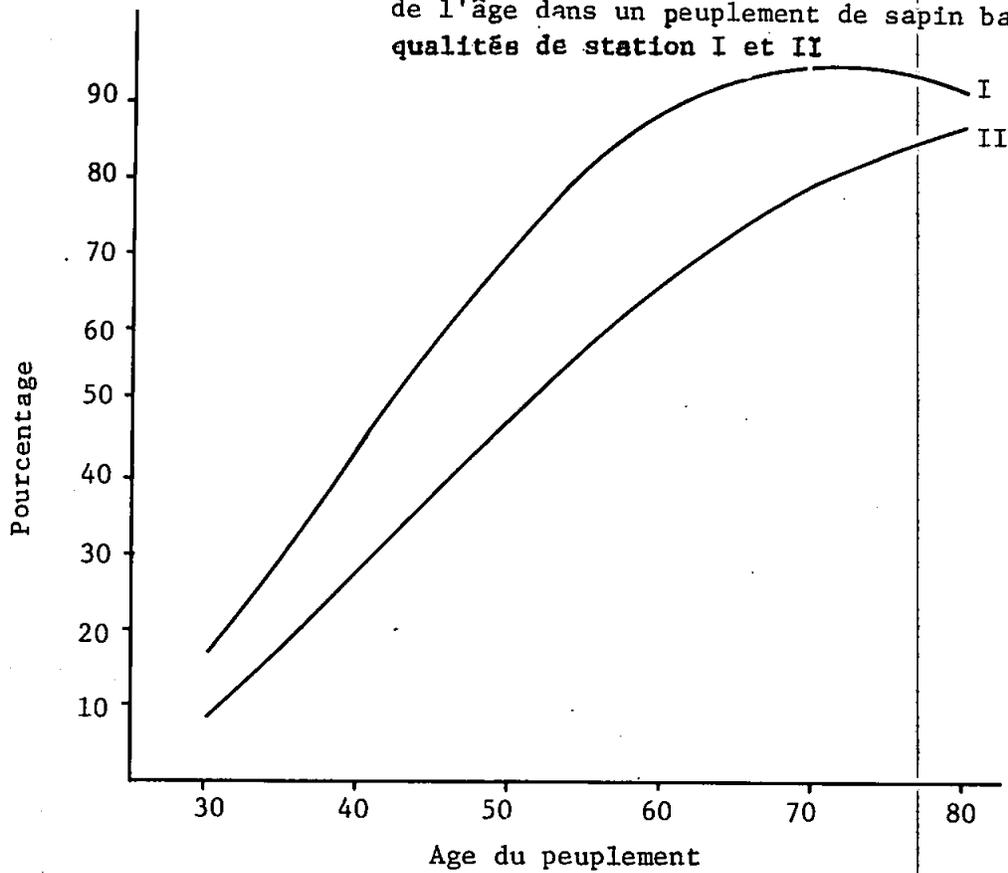


Figure 12 - Valeurs numériques du nombre de tiges marchandes par mètre cube de sapin baumier en fonction de l'âge

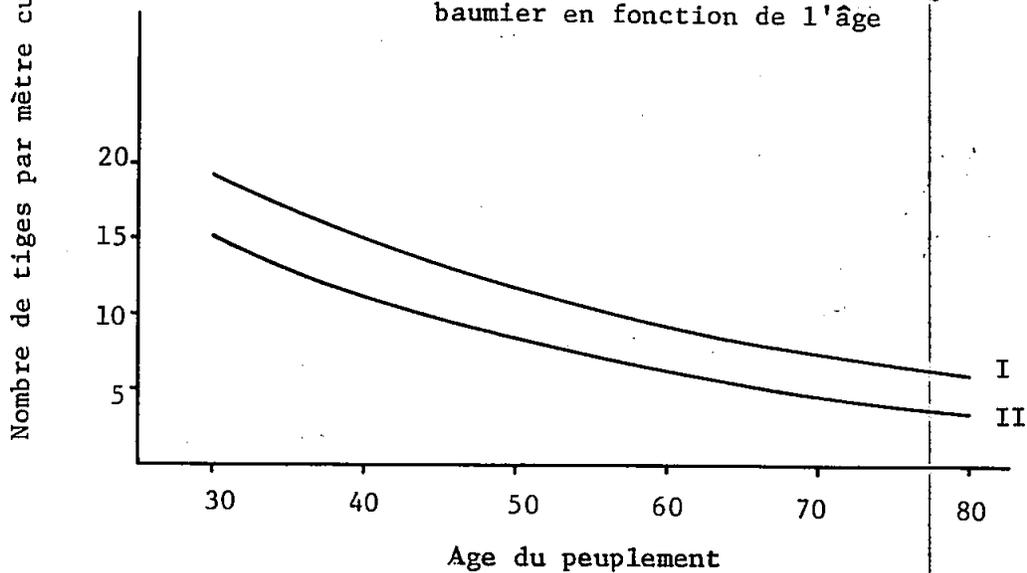


Figure 13 - Pourcentages estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres en fonction de l'âge, dans un peuplement d'épinette noire de qualité de station II, III et IV

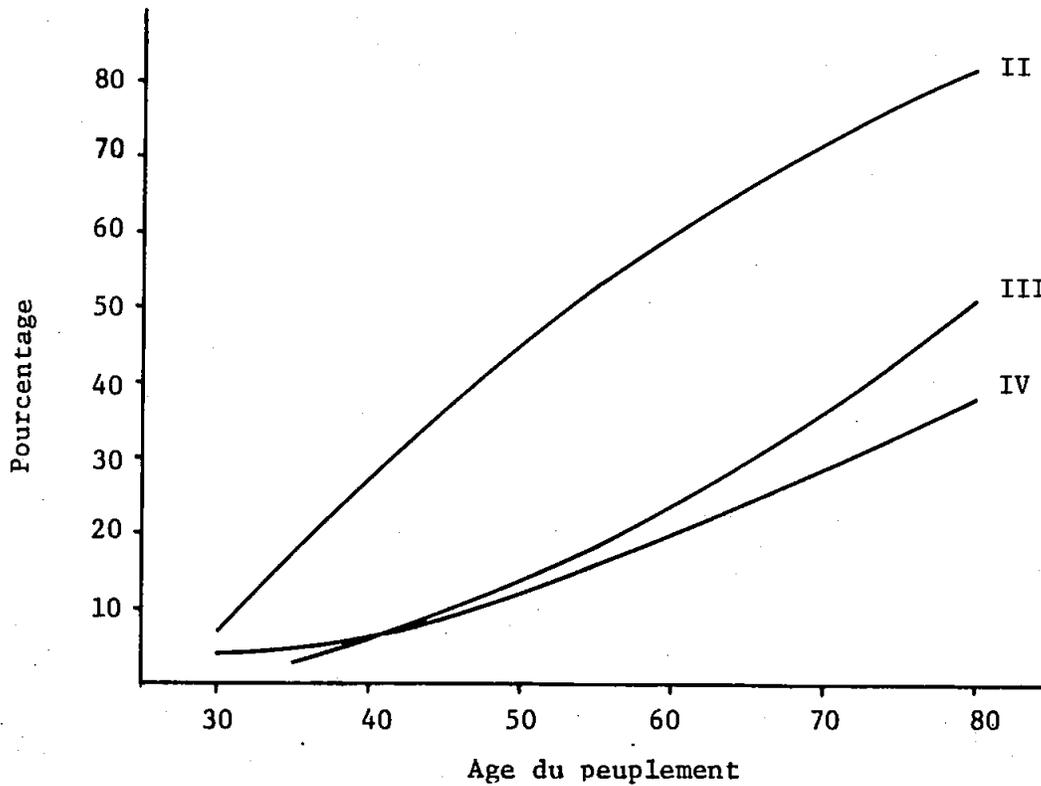


Figure 14 - Valeurs numériques du nombre de tiges marchandes par mètre cube d'épinette noire, en fonction de l'âge

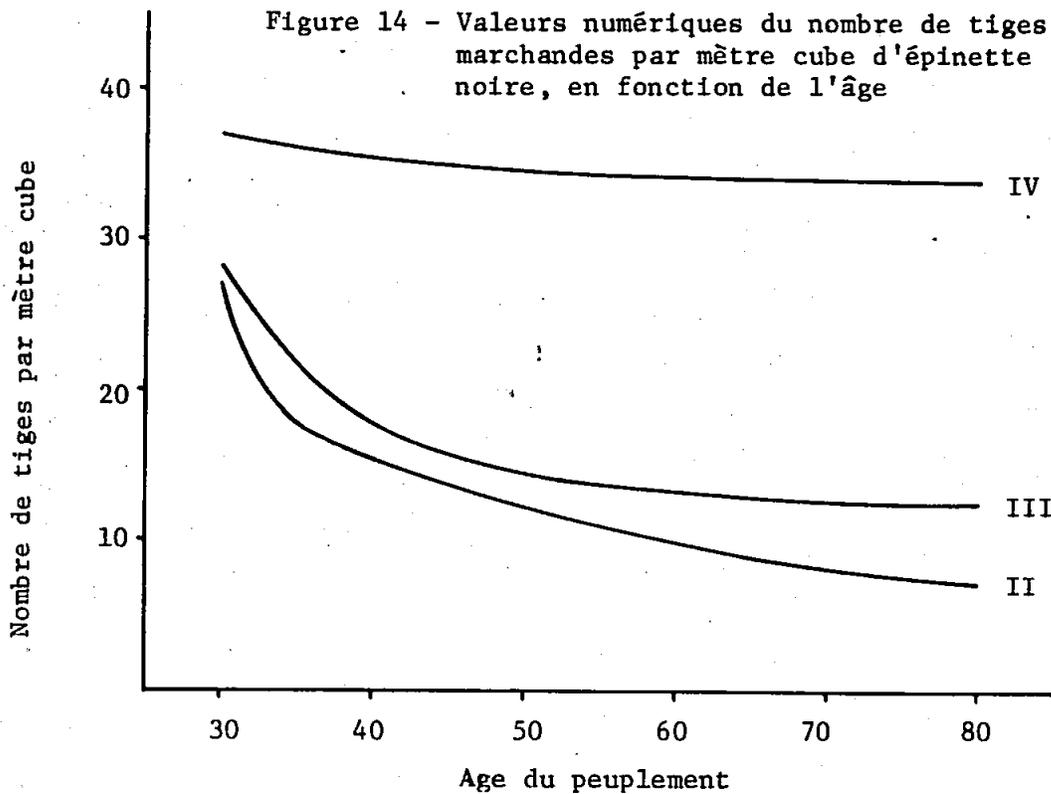


Figure 15 - Pourcentages estimés du nombre de tiges marchandes par rapport au nombre total d'arbres en fonction de l'âge, dans un peuplement de sapin - épinette de qualité de station I, II et III

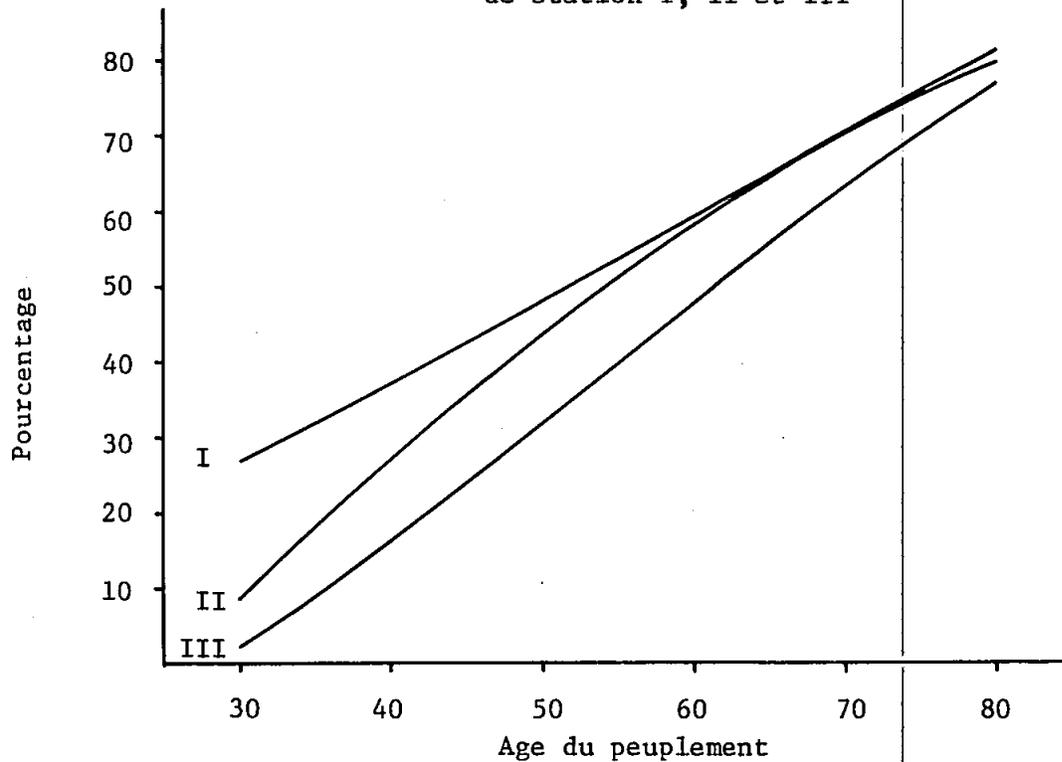
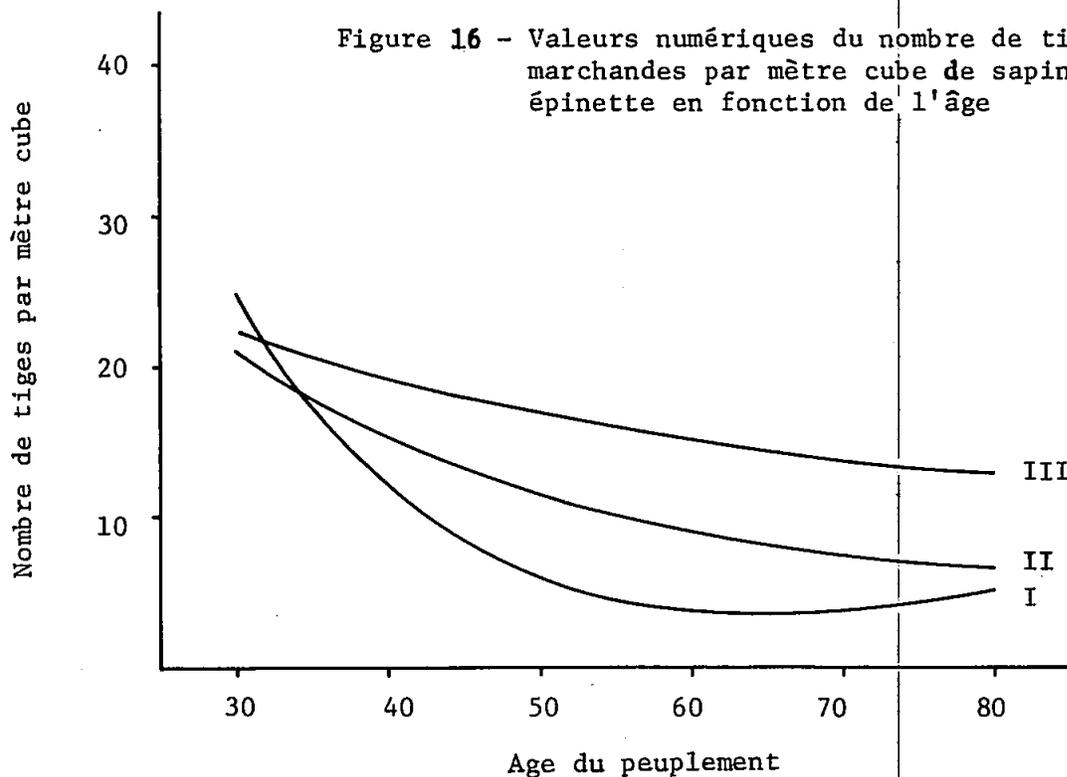
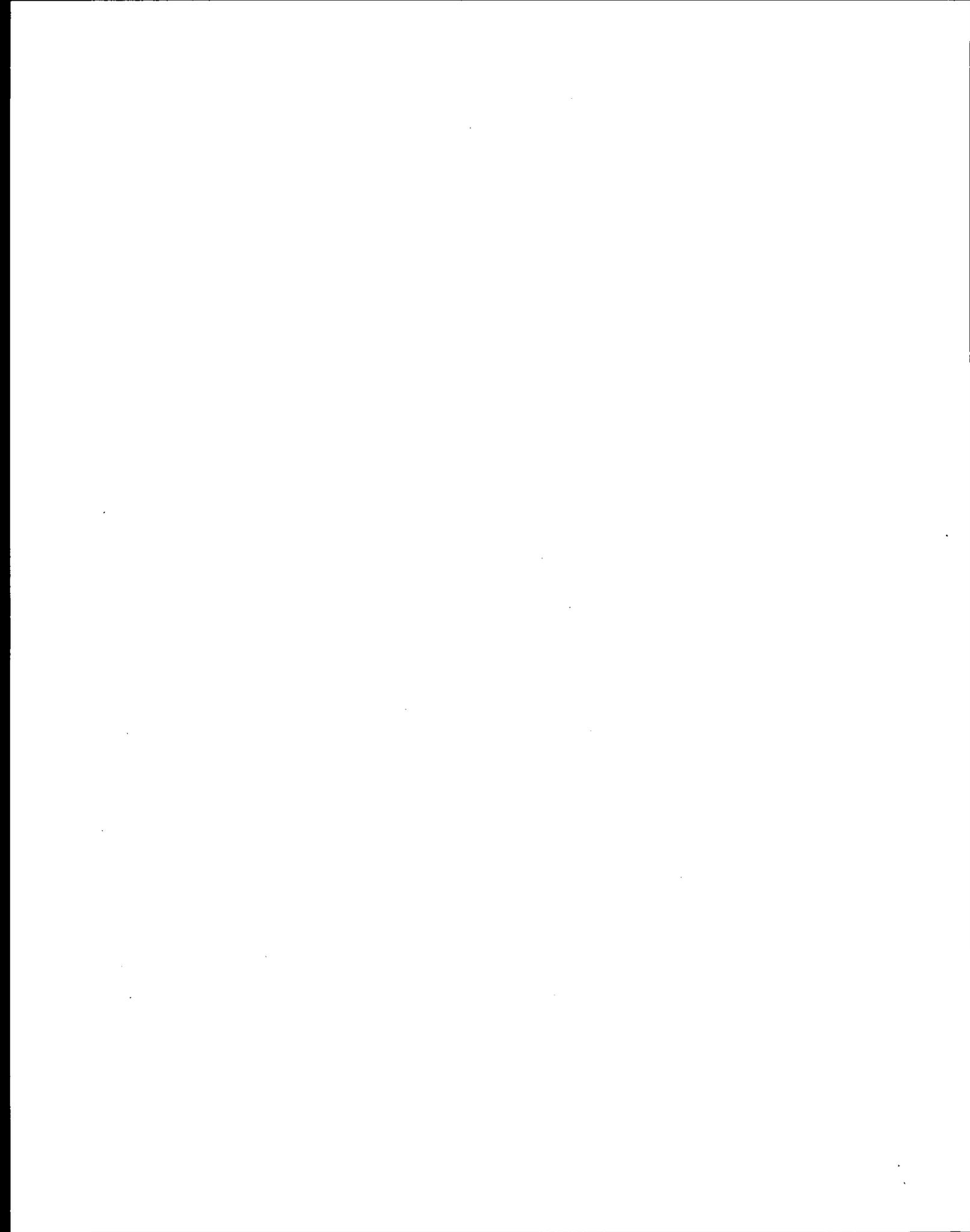


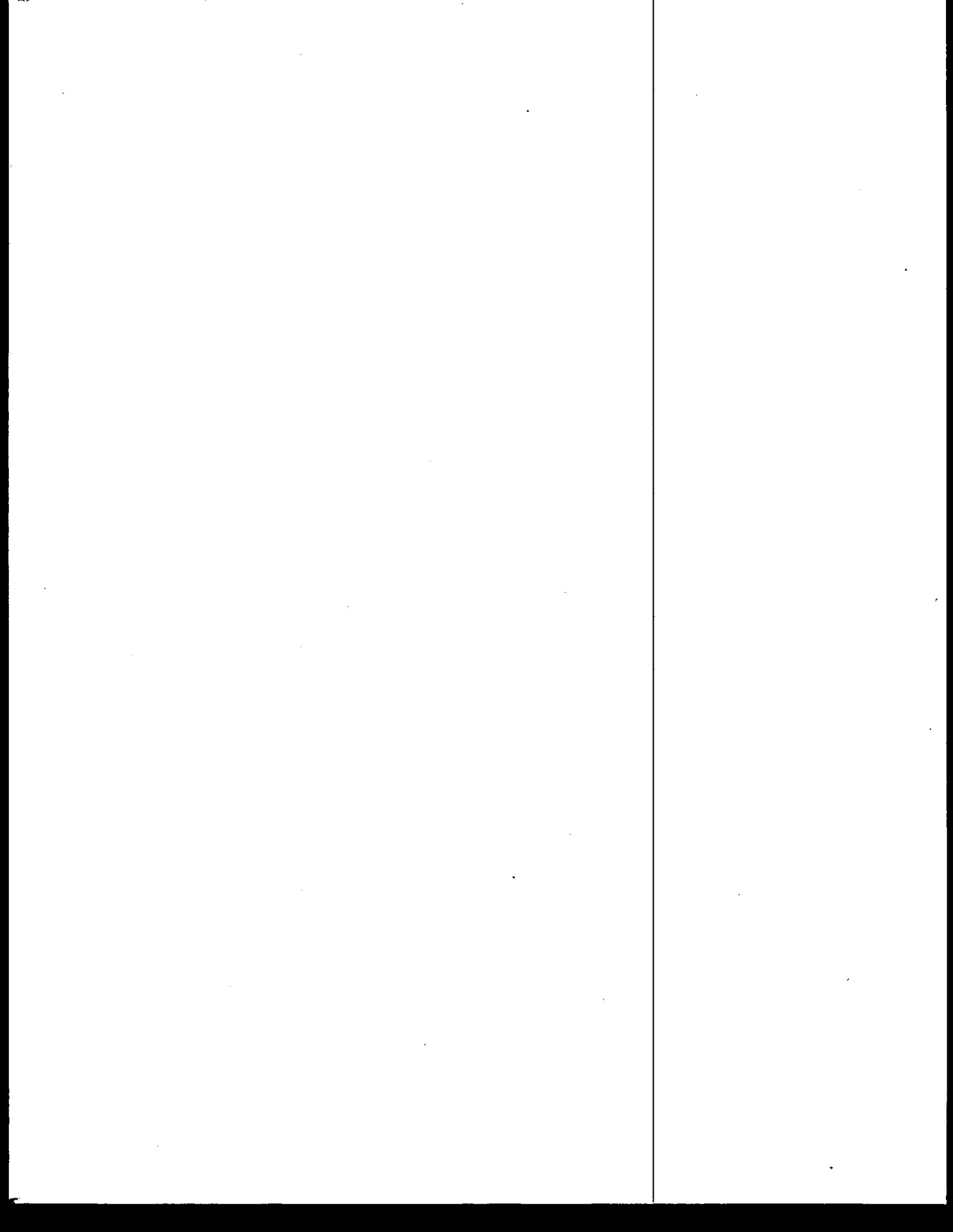
Figure 16 - Valeurs numériques du nombre de tiges marchandes par mètre cube de sapin - épinette en fonction de l'âge





11

Achévé d'imprimer à
Québec en août 1979, sur
les presses du Service des impressions en régie
du Bureau de l'Éditeur officiel
du Québec



Le ministère des Terres et Forêts est responsable de l'administration des terres et des forêts publiques dans l'intérêt général du Québec. C'est au Service de la recherche qu'il a confié la responsabilité de diriger les recherches dont il a besoin pour définir et appliquer ses politiques. Dans les limites de sa juridiction, le Service de la recherche contribue donc à un aménagement rationnel et à une saine utilisation des richesses territoriales et forestières du Québec. La plus grande partie du budget du Service est consacrée aux recherches ayant pour but d'accroître et d'améliorer la production des forêts québécoises.



Éditeur officiel du Québec
Imprimé au Québec