

GERMAIN PARÉ est bachelier ès sciences appliquées (génie forestier) de l'université Laval depuis 1973. Il est à l'emploi du Service de la recherche depuis lors.

BLAISE PARENT, diplômé d'études collégiales en informatique, est bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval depuis 1977. Il travaille depuis lors dans la division d'économie forestière du Service de la recherche (Terres et Forêts) du ministère de l'Énergie et des Ressources et collabore aussi aux activités d'autres Services du Ministère.



MATURITÉ FINANCIÈRE DES PEUPEMENTS
FORESTIERS AU QUÉBEC

III - MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE POUR DÉTERMINER
L'ÂGE DE MATURITÉ FINANCIÈRE

par

GERMAIN PARÉ

et

BLAISE PARENT

MÉMOIRE N° 81

SERVICE DE LA RECHERCHE
(TERRES ET FORÊTS)
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES

1982

Ce texte constitue le rapport final du projet de recherche Ecn 74-2

ISBN 2-550-02795-7

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec

Tous droits réservés-Gouvernement du Québec

AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS

Ce rapport s'inscrit comme une suite logique des recherches sur la détermination de la maturité financière des peuplements résineux et feuillus au Québec menées précédemment par Dominic Ménard et Alain Musnier. Il utilise abondamment les résultats des rapports précédents¹ et on voudra bien s'y référer pour de plus amples explications concernant les fondements théoriques et mathématiques des solutions proposées.

La méthode des cas-types (exemples) est utilisée pour illustrer les résultats de cette recherche. Le lecteur est prié de noter que tous les prix et coûts utilisés sont des estimations réalistes de la situation en 1981. Ces chiffres demeurent cependant des approximations et les résultats numériques des exemples ne devraient pas être considérés comme des certitudes absolues. Leur seul but est d'illustrer la méthodologie de calcul décrite dans ce rapport. Toute autre utilisation ne pourra être envisagée qu'avec prudence.

Nous tenons à remercier tout particulièrement, messieurs Gilles Rhéaume et Jacques Savard du Service de la restauration pour leur étroite collaboration lors de la recherche des données et de la formulation de certaines hypothèses. Nous remercions également le Dr Jean-Paul Nadeau, chef de la Division d'économie forestière pour ses conseils. Finalement, il faut mentionner M. Maurice Gagnon, technicien forestier et Mme Linda Jobin, secrétaire.

¹ Ménard, 1979. Musnier, 1979.

RÉSUMÉ

La maturité financière est un concept qui détermine l'âge de révolution optimale d'un peuplement forestier en tenant compte de variables bio-physiques et économiques, contrairement à la pratique actuelle qui ne tient compte que des caractéristiques bio-physiques. La solution de Faustmann, suggérée dans les études précédentes parce qu'elle tient compte du plus grand nombre de variables, est utilisée pour déterminer l'âge de maturité financière.

Ce rapport poursuit deux objectifs:

a) Généraliser la solution de Faustmann pour tenir compte de traitements sylvicoles intermédiaires durant la révolution du peuplement et d'une utilisation intégrée (pâte, sciage, déroulage) de la matière ligneuse.

b) Décrire une méthodologie de calcul simple permettant de déterminer l'âge de maturité financière d'une grande variété de peuplements, d'utilisations et de conditions bio-physiques et économiques.

La généralisation de la formule de Faustmann ne pose pas de problèmes mathématiques particuliers. La méthodologie de calcul est obtenue en fractionnant la formule de Faustmann en calculs simples et en utilisant un procédé itératif (données discrètes) plutôt que la dérivation de fonctions continues, plus difficiles à obtenir et à manipuler. Cette façon de procéder ne requiert pas l'utilisation d'un ordinateur. La méthodologie de calcul est illustrée à l'aide de trois exemples d'aménagement d'une sapinière; soit l'aménagement extensif

(coupe à blanc à la fin de la révolution), la coupe à blanc par bandes et l'aménagement intensif (traitements sylvicoles pour faciliter la régénération et augmenter la productivité).

L'accent est mis sur la détermination de la maturité financière pour des peuplements sur terres publiques bien que la méthodologie puisse être utilisée par d'autres types de propriétaires ou d'utilisateurs. Il est également fait mention de la possibilité d'utiliser le concept de maturité financière pour déterminer la meilleure option d'aménagement au point de vue économique.

ABSTRACT

Financial maturity is a concept that determines the age of optimum rotation of a forest stand by taking into account bio-physical and economic variables, contrary to the present practice of neglecting everything but bio-physical characters. Faustmann's solution, as suggested in the preceding studies because it entails the largest number of variables, is used to determine the age of financial maturity.

This report follows two aims:

a) Generalizing Faustmann's solution to take into account intermediate silvicultural treatments during the stand rotation, and integrated wood utilization (pulp, sawing, veneer).

b) Describing a simple methodology for determining the age of financial maturity of a large variety of stands, uses, and bio-physical and economic conditions.

Generalizing Faustmann's formula does not cause for any particular mathematical problem. The computing methodology is derived by splitting up Faustmann's formula into simple calculi and by using an iterative process (discrete data) rather than a derivation in continuous functions, more difficult to obtain and to manipulate. This manner of proceeding does not require the use of a computer. The methodology is illustrated by three examples of fir stand management: extensive management (clear cutting at the end of the rotation), strip clear cutting, and intensive management (silvicultural treatments to help regeneration and increase productivity).

Determining financial maturity for stands on public land is emphasized, even if the methodology could be used by other types of landowners or users. The possibility of using the concept of financial maturity to determine the best management alternative from an economic point of view, is also mentioned.

TABLE DES MATIÈRES

	page
AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS	iii
RÉSUMÉ	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
TABLE DES MATIÈRES	ix
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xiii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I - LA MATURITÉ FINANCIÈRE (OU ÂGE D'EXPLOITABILITÉ ÉCONOMIQUE)	3
1.1 Définition	3
1.2 Rappel théorique	4
1.3 Généralisation de la formulation mathématique	6
1.4 Les variables et leurs influences	8
1.5 L'utilisation du concept de maturité financière	9
CHAPITRE II - MÉTHODOLOGIE POUR LE CALCUL DE LA MATURITÉ FINANCIÈRE	11
2.1 Introduction	11
2.2 Étape 1: Détermination des données de base et des hypothèses de travail	14
2.2.1 Description de l'option d'aménagement	14
2.2.2 Données forestières	17
2.2.3 Données économiques	22

	page
2.3 Étape 2: Calculs concernant les coûts de régénération	24
2.4 Étape 3: Calculs concernant les coûts des traitements précommerciaux	25
2.5 Étape 4: Calculs concernant les coûts et revenus des traitements commerciaux	26
2.6 Étape 5: Calculs concernant les coûts et revenus de la coupe finale	30
2.7 Étape 6: Calcul du diviseur	34
2.8 Étape 7: Détermination de la valeur d'attente du sol (SE)	34
2.9 Étape 8: Détermination de l'âge de maturité financière	37
2.10 Remarques	38
 CONCLUSION	 41
 BIBLIOGRAPHIE	 45
 ANNEXE I : ESTIMATION DE LA VALEUR DU BOIS SUR PIED	 47
 ANNEXE II : TABLE DE $(1 + I)^t$	 57

LISTE DES TABLEAUX

	page
Tableau 1	Tables de rendement utilisées 18
Tableau 2	Valeurs des bois sur pied en fonction de l'âge et de l'utilisation 23
Tableau 3	Âges de maturité physique et nombres de tiges marchandes par mètre cube selon l'âge 52
Tableau 4	Coûts d'exploitation selon l'état du peuplement . . 53
Tableau 5	Valeur du bois sur pied selon l'âge, l'utilisation et la table de rendement 55

LISTE DES FIGURES

	page
Figure 1	
Méthodologie de calcul de l'âge de maturité financière	12

INTRODUCTION

Le concept de la maturité financière consiste à déterminer l'âge d'exploitation des peuplements forestiers en fonction de variables économiques et de la réalité forestière. La pratique actuelle au Québec consiste à fixer l'âge d'exploitation uniquement à partir d'un critère bio-physique, le rendement maximum en volume à long terme. L'introduction du concept de la maturité financière est donc une modification importante dans la pratique actuelle de la foresterie au Québec, malgré que le concept soit connu depuis longtemps et utilisé dans plusieurs pays.

Les mémoires précédents de Ménard (1979) et Musnier (1979) ont présenté le concept de la maturité financière. Ils ont montré que son utilisation réduirait significativement, dans des conditions moyennes, l'âge d'exploitation de plusieurs peuplements forestiers, résineux et feuillus. Ils se sont cependant limités à une forme d'aménagement extensif (uniquement une coupe à blanc à maturité) et à une seule utilisation de la matière ligneuse (bois à pâte).

Le présent mémoire poursuit deux objectifs:

1- Généraliser la solution de Faustmann pour tenir compte de traitements sylvicoles intermédiaires durant la révolution du peuplement et d'une utilisation intégrée (pâte, sciage et déroulage) de la matière ligneuse.

2- Décrire une méthodologie de calcul simple permettant de déterminer l'âge de maturité financière d'une grande variété de peuplements, d'utilisations et de conditions bio-physiques et économiques.

Le premier objectif est rencontré au chapitre I. Après une brève revue des aspects théoriques, une forme généralisée de la formule de Faustmann est présentée. Elle tient compte des traitements sylvicoles aussi bien commerciaux que précommerciaux et peut s'appliquer à tous les types de peuplements. La formulation mathématique ne présente aucune difficulté particulière. Le chapitre I est également consacré à une explication du concept de maturité financière et des conditions dans laquelle elle est utilisée et à la définition des variables et de leurs influences sur l'âge de maturité financière.

Le deuxième chapitre décrit une méthodologie de calcul simple pour déterminer l'âge de maturité financière d'un peuplement. La méthodologie consiste à fractionner la formule de Faustmann suggérée au chapitre I en étapes de calculs simples. Les calculs sont simplifiés par l'emploi d'un procédé itératif utilisant des données discrètes, beaucoup plus faciles à obtenir et à manipuler que l'utilisation de fonctions continues. La détermination de l'âge de maturité financière ne présente en soi aucune difficulté; c'est plutôt la détermination des données de base qui constitue la plus grande difficulté. C'est évidemment de la valeur des données utilisées que dépend la validité du calcul. On doit donc apporter tout le soin possible à la réalisation de cette étape.

Pour illustrer la méthodologie de calcul décrite, trois exemples sont présentés. Chacun de ces exemples présente un degré de difficulté différent. Les exemples proviennent des options d'aménagement de la sapinière décrites par le Service de la restauration. Les variables économiques sont déterminées par hypothèse et ne sauraient être considérées comme représentatives de la situation de l'ensemble des peuplements du Québec.

En conclusion, le concept de maturité financière, son utilisation et surtout les conséquences qu'entraîneraient son utilisation sont discutés.

CHAPITRE I

LA MATURITÉ FINANCIÈRE (OU ÂGE D'EXPLOITABILITÉ ÉCONOMIQUE)

1.1 DÉFINITION

La maturité financière d'un peuplement forestier correspond à la période de révolution qui procure le profit maximum en termes monétaires compte tenu de la valeur réelle de la production et des coûts de son exploitation et de son aménagement. Elle se définit comme le nombre d'années entre deux coupes finales successives du peuplement. Deux aspects importants caractérisent le concept de maturité financière.

Premièrement, il considère la valeur réelle de la production qui, bien entendu, dépend du volume produit mais aussi de l'environnement économique: localisation du peuplement, utilisation de la matière ligneuse, etc. Contrairement au critère du rendement maximum en volume utilisé actuellement au Québec, la maturité financière d'un type de peuplement donné ne sera pas nécessairement la même s'il est exploité dans des conditions économiques différentes.

La deuxième caractéristique du concept de maturité financière (ou âge d'exploitabilité économique) est qu'il considère la valeur économique du temps. Même en faisant abstraction de l'inflation, toute personne a une préférence pour un revenu immédiat par rapport à un revenu futur. Cette préférence s'exprime par le taux de

préférence intertemporelle qui spécifie le taux de rendement minimum à obtenir pour préférer un revenu futur. Tout propriétaire de boisé, y compris l'État propriétaire du domaine public, a un taux de préférence intertemporelle.

1.2 RAPPEL THÉORIQUE

L'âge de maturité financière d'un peuplement forestier est celui qui maximise le profit net provenant de l'exploitation de ce peuplement. Supposons le cas simple d'une plantation dont le coût d'installation est C_0 à l'année 0 et qui procurera un revenu net g lors de la coupe finale, à l'année t . Appelons A , le profit net qui sera reçu à l'année t :

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

Plutôt que de travailler en valeur future, estimons a , l'équivalent annuel d'une somme reçue à l'année t . Cette valeur a , composée et cumulée annuellement, permettra d'avoir dans un nombre d'années t , une somme totale A . Soit:

$$A = a + a(1 + I) + a(1 + I)^2 + \dots + a(1 + I)^{t-1}$$

ou, par la sommation de cette progression géométrique:

$$A = \frac{a \left((1 + I)^t - 1 \right)}{I}$$

Par transformation, on obtient:

$$a = \frac{A.I}{(1 + I)^t - 1} \quad (2).$$

Appliquée à un peuplement forestier, a est la rémunération du sol forestier.

En intégrant la valeur de A de l'équation (1) dans l'équation (2), on obtient:

$$a = \frac{(g - C_0 (1 + I)^t) . I}{(1 + I)^t - 1} \quad (3).$$

La valeur de t qui maximise a est l'âge de maturité financière recherché.

On peut aussi déterminer l'âge de maturité financière en utilisant la valeur d'attente du sol Se qui est le prix de vente de la terre dérivé de la sommation d'une série infinie de rendements nets périodiques et actualisés, c'est-à-dire:

$$Se = \frac{A}{(1+I)^t} + \frac{A}{(1+I)^{2t}} + \dots + \frac{A}{(1+I)^{\infty t}} \quad (4).$$

Soit, en résolvant cette progression géométrique:

$$Se = \frac{A}{(1+I)^t - 1} \quad (5).$$

En considérant l'équation (2), on trouve que:

$$Se = \frac{a}{I} \quad (6).$$

Puisque I est indépendant du temps, Se et a atteignent un maximum pour une même valeur de t . On peut donc utiliser l'équation du Se pour déterminer l'âge de maturité financière. En intégrant l'équation (1) à l'équation (5), on a:

$$Se = \frac{g - C_0 (1+I)^t}{(1+I)^t - 1} \quad (7).$$

Ménard (1979)¹ a montré comment on pouvait isoler t de l'équation de la rente du sol a (équation 3) en la dérivant par rapport à t ou par une analyse marginale. Cette démonstration demande de nombreuses transformations puisqu'il faut considérer que g est une fonction de t et de ρ , la force du taux d'intérêt en fonction continue. A titre d'information, cette solution s'exprime comme suit:

¹Ménard, 1979, p. 17-20.

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

où

t = l'âge de maturité financière qui maximise la rente du sol

ρ = force du taux d'intérêt en fonction continue

g = fonction du revenu par rapport au temps

g' = revenu marginal par rapport au temps, c'est-à-dire la dérivée première de la fonction g

C_0 = coût de régénération.

On peut constater que tout coût ou revenu annuel et constant (tel que les taxes foncières) n'influencera pas l'âge de maturité financière puisque celui-ci s'additionne à a ou s'en soustrait, soit:

$$a - C + R$$

et qu'en maximisant a , c'est-à-dire:

$$\frac{d}{dt} (a - c + R) = 0$$

celui-ci s'élimine de lui-même parce qu'indépendant de t .

1.3 GÉNÉRALISATION DE LA FORMULATION MATHÉMATIQUE

Jusqu'à maintenant, nous n'avons considéré que le cas simple où tout le peuplement était récolté la même année. Il s'agit maintenant d'introduire les coûts et revenus des travaux sylvicoles intermédiaires qui auront une influence sur la maturité financière. Leur introduction dans la formule ne pose pas de problèmes majeurs; il suffit d'en faire la sommation après les avoir composés.¹ Si on considère l'équation de la valeur d'attente du sol (équation 7), l'expression à maximiser devient:

¹ Ménard, 1979, p. 40.

$$Se_t = \frac{g_t + \sum_0^t RIN (1 + I)^{t-m}}{(1 + I)^t - 1} \quad (9)$$

où

- Se_t = valeur d'attente du sol à l'année t
 RIN = revenus intermédiaires nets (c'est-à-dire solde entre revenus et coûts) des travaux sylvicoles, y compris les travaux de régénération
 m = année des interventions sylvicoles.

On cherche la valeur de t (période de révolution) qui maximise la valeur de Se . Il faut noter cependant que Se , par définition, représente le prix de vente d'un terrain provenant de la sommation d'une série infinie de revenus nets périodiques. Pour correspondre à cette définition, nous devrions tenir compte des revenus et coûts annuels fixes, tels les taxes foncières. Cependant, nous utilisons l'équation pour déterminer la maturité financière et il a été démontré que ce type de coût ou de revenu n'avait pas d'influence: nous en faisons donc abstraction. Par conséquent, la valeur de Se calculée ne représente plus exactement le prix de vente d'un terrain.

Pour la rendre plus intelligible et pour dégager davantage les intrants au calcul, on peut réécrire l'équation 9 sous la forme:

$$Se_t = \frac{g_t - \sum CTP_i (1 + I)^{t-m_i} + \sum RIN_j (1 + I)^{t-m_j} - C_o (1 + I)^t}{(1 + I)^t - 1} \quad (10)$$

où

- Se_t = valeur d'attente du sol à l'année t
 g_t = revenu net l'année de la coupe finale t
 CTP_i = coût du traitement précommercial i
 m_i = année du traitement précommercial i
 RIN_j = revenu intermédiaire net du traitement commercial j
 m_j = année du traitement commercial j
 C_o = coût de régénération

- I = taux d'actualisation ou de préférence intertemporelle
- t = année de la coupe finale qui détermine la période de révolution

1.4 LES VARIABLES ET LEURS INFLUENCES

Le facteur le plus important de l'équation est l'estimation du revenu net de la coupe finale (g_t) et des traitements commerciaux (RIN_j). Le revenu doit être estimé à partir de la valeur réelle du bois, qui dépend de l'essence, de la productivité du site, des coûts de récolte, de l'utilisation et de la localisation du peuplement. En d'autres mots, il faut considérer la valeur de bois sur pied ($VBSP$) comme étant le revenu net. Pour le calcul de l'âge de maturité financière, il n'est pas réaliste de supposer que cette valeur reste constante dans le temps (tel un droit de coupe par unité de volume) puisqu'instinctivement, on sait que le coût de récolte par unité tend à décroître avec le temps. Il n'est pas besoin non plus de démontrer qu'un mètre cube de bois n'a pas la même valeur pour le propriétaire s'il est situé à 10 ou 50 kilomètres de l'usine. Prendre une valeur fixe par unité reviendrait à ne considérer que le taux d'accroissement en volume pour fixer l'âge de maturité. Tout facteur qui tend à augmenter le revenu avance l'âge de maturité financière et inversement.

Pour évaluer l'âge de maturité financière d'un peuplement sur terre publique, il faut considérer, en plus du revenu direct ($VBSP$), les revenus indirects provenant de la fiscalité et de la parafiscalité, parce que l'État est un type particulier de propriétaire.

Le coût de régénération (C_o) et les coûts des traitements sylvicoles précommerciaux (CTP_i) tendent à éloigner l'âge de maturité financière mais l'augmentation de croissance résultant de ces travaux a l'effet contraire, c'est-à-dire un raccourcissement de la période de révolution. L'effet combiné dépend donc de l'importance relative de ces effets contraires.

Finalement, le taux d'actualisation I a une grande influence. Une augmentation de I réduit l'âge de maturité financière et inversement.

1.5 L'UTILISATION DU CONCEPT DE MATURITÉ FINANCIÈRE

Le concept de maturité financière fait entrer en ligne de compte des variables économiques dans l'estimation de la période de révolution optimum. Les facteurs économiques subissent des fluctuations relativement importantes aussi bien dans l'espace que dans le temps. À la limite, l'âge de maturité financière devrait donc être estimé pour chaque peuplement et réévalué périodiquement pour tenir compte des changements macroéconomiques (fluctuations des marchés des différents produits, par exemple) et microéconomiques (amélioration des technologies d'exploitation, par exemple). L'utilisation de moyennes provinciales et même régionales peut être bonne en soi mais conduit nécessairement à des résultats discutables, parce qu'il est très rare de retrouver des peuplements «moyens», surtout en regard des considérations économiques. La méthodologie de calcul présentée au chapitre suivant a justement pour but de faciliter et simplifier grandement l'estimation de l'âge de maturité financière. Le concept de maturité financière est alors utilisable rapidement et à peu de frais.

La détermination de l'âge de maturité financière est une technique par laquelle le propriétaire vise à maximiser le profit net découlant de l'exploitation de sa forêt. Ce critère du profit net maximum en termes monétaires, tout en étant très valable en soi, peut ne pas être le seul critère dont le propriétaire doit tenir compte. L'État, en tant que propriétaire, doit également tenir compte d'autres critères comme la stabilité de l'approvisionnement des usines, les autres utilisations des forêts, ses objectifs de développement économique et social, etc. En ce sens, le concept de maturité financière doit être considéré comme un outil de prise de décision au même titre que d'autres (analyse coût/bénéfice, taux interne de rendement, taux de rendement social, etc.). Il permet cependant de mesurer le sacrifice économique qu'engendre le choix d'une période de révolution autre

que la période optimum au point de vue économique (âge de maturité financière).

Une autre utilisation du concept de maturité financière peut être le choix de l'option d'aménagement optimum au point de vue économique. L'estimation de la valeur d'attente du sol (Se) correspond à celle de la valeur présente nette (VPN) des bénéfices nets escomptés de l'exploitation d'une superficie de forêt en une série infinie de révolutions identiques. En ce sens, l'option d'aménagement qui procure le Se le plus élevé est préférable à toutes les autres, pourvu que le Se soit positif.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE POUR LE CALCUL DE LA MATURITÉ FINANCIÈRE

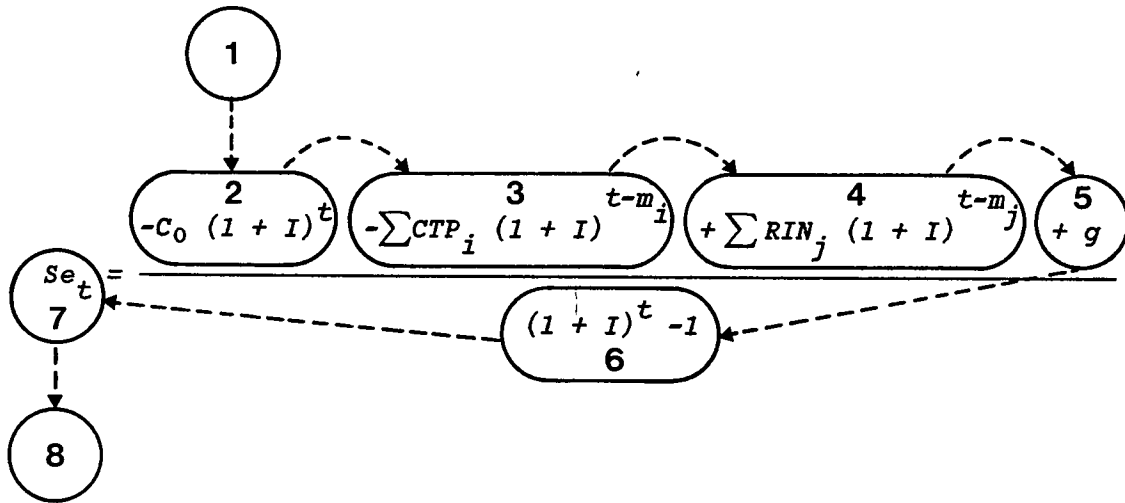
2.1 INTRODUCTION

Il faut maintenant vulgariser les calculs nécessaires pour déterminer l'âge de maturité financière d'un peuplement forestier. Le processus de détermination de la maturité financière est subdivisé en 8 étapes simples. Comme l'illustre la figure 1, la base de la méthodologie consiste à fractionner l'équation de détermination de la valeur d'attente du sol (S_e) de Faustmann (équation 10, chapitre 1), en étapes de calculs simples. Cette méthodologie s'applique lorsqu'on considère une série infinie de révolutions identiques du même peuplement. Cependant, une modification mineure du diviseur permet de déterminer la valeur S_e pour une seule révolution. Le diviseur est alors de $((1 + I)^t)$ au lieu de $((1 + I)^t - 1)$. Toutes les autres étapes demeurent identiques. Chacune des étapes du calcul est expliquée dans les sections suivantes.

Trois exemples illustrent la méthodologie de détermination de l'âge de maturité financière et représentent des degrés de difficulté différents. Ces exemples permettent de comprendre les diverses phases du calcul de l'âge de maturité financière. En même temps, ces exemples représentent trois possibilités d'aménagement d'un même territoire. Le premier cas est celui d'une sapinière naturelle soumise à

Figure 1

Méthodologie de calcul de l'âge de maturité financière



$$Se_t = \frac{R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{R_6}$$

où:

Se_t = valeur d'attente du sol pour une période de révolution t

C_0 = coût de régénération

I = taux d'actualisation

CTP_i = coût du traitement précommercial i

m_i = année du traitement précommercial i

RIN_j = revenu intermédiaire net pour le traitement commercial j

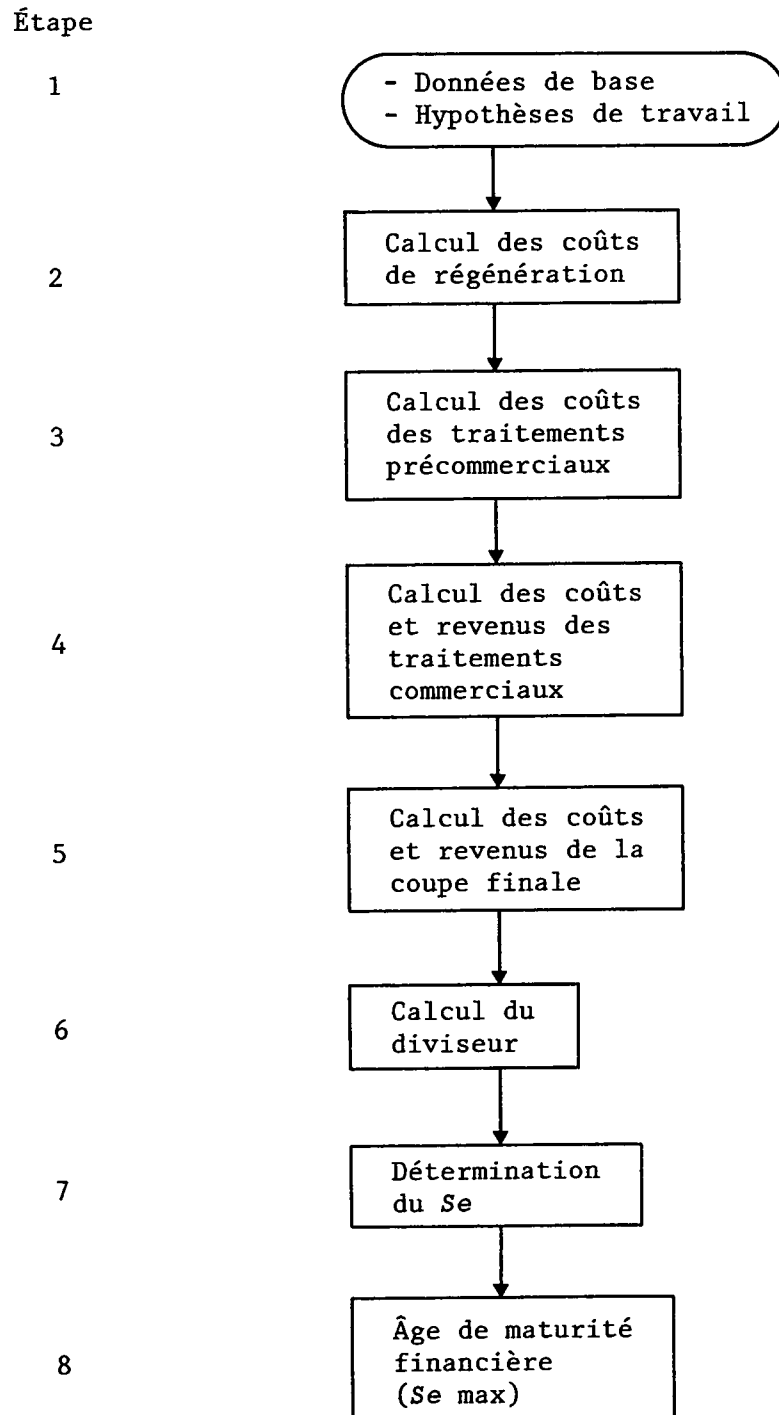
m_j = année du traitement commercial j

g = revenu net de la coupe finale

t = année de la coupe finale ou période de révolution

Figure 1 (suite)

Même méthodologie de calcul sous forme de diagramme logique



un régime d'aménagement extensif (c'est-à-dire uniquement une coupe à blanc à maturité) et dont le volume correspond à une table de Boudoux pour un peuplement naturel de sapin de qualité de station I. Dans le cas 2, on suppose que la même superficie, aménagée suivant la technique des coupes à blanc par bandes, verrait sa production augmentée au niveau de celle d'une table de Vézina et Linteau pour un peuplement normal de qualité de station I. Cette augmentation de productivité serait due à une régénération plus uniforme, donc à une meilleure densité du peuplement. Au cas 3, on suppose que par un aménagement très intensif [dégagement chimique pour éliminer la concurrence de la régénération naturelle, coupe de nettoyage (éclaircie précommerciale) pour assurer un espacement et une densité corrects, éclaircie commerciale (coupe progressive) pour augmenter le volume récolté et éviter un délai de régénération, et coupe finale] une sapinière pourrait avoir le rendement en volume d'une pessière blanche de classe 10 mètres (table de Bertrand et Bolghari). En comparant les valeurs de S_e dans chaque cas, on pourra choisir la meilleure option d'aménagement pour une sapinière au point de vue économique si, bien entendu, les hypothèses de rendement se réalisent.

2.2 ÉTAPE 1: DÉTERMINATION DES DONNÉES DE BASE ET DES HYPOTHÈSES DE TRAVAIL

La première étape du travail est, bien entendu, de définir exactement le peuplement dont on veut déterminer l'âge de maturité financière, de décrire l'option d'aménagement à laquelle est soumis le peuplement et de recueillir ou d'estimer les données nécessaires aux calculs subséquents. Cette étape se réalise en trois temps: la description de l'option d'aménagement, les données forestières et, finalement, les données économiques.

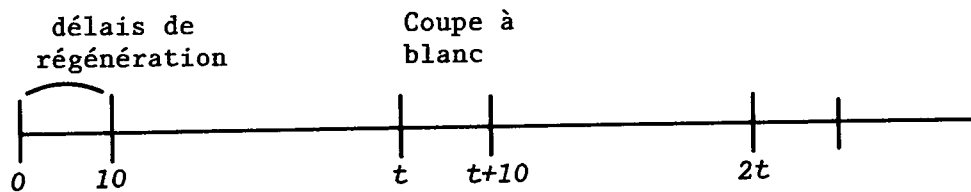
2.2.1 DESCRIPTION DE L'OPTION D'AMÉNAGEMENT

Il s'agit de décrire clairement le cheminement des travaux sylvicoles impliqués et les hypothèses de réaction du peuplement. Les trois exemples suivants illustrent bien la façon de procéder. Il est à noter que puisque le but des calculs est de trouver l'âge de la

coupe finale (t) le plus avantageux au point de vue économique, celui-ci n'est pas fixé dans l'option d'aménagement. Les travaux sylvicoles sont prévus dans le temps soit par rapport à l'année de naissance du peuplement (année 0), soit par rapport à l'année de la coupe finale t (par exemple, $t-10$ signifie 10 ans avant la coupe finale). Comme dernière remarque, t représente le nombre d'années entre chaque coupe finale (ou période de révolution) et n'indique pas nécessairement l'âge physique du peuplement (voir cas 1 ci-dessous).

Exemples:

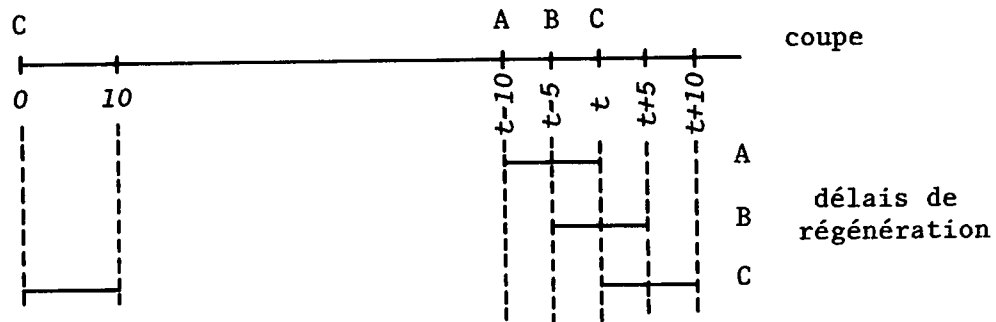
Cas 1: Dans une sapinière de qualité de station I (table de Boudoux modifiée)¹, on pratique uniquement la coupe à blanc (aménagement extensif). Pour tenir compte de la compétition, un délai de régénération de 10 ans est considéré. Graphiquement,



L'âge physique du peuplement au moment de la coupe est donc ($t-10$) ans.

Cas 2: Coupes à blanc par bandes (intervalles de 5 ans) dans une sapinière de classe I, que l'on suppose stockée selon la table de Vézina et Linteau. On considère également un délai de régénération de 10 ans après la coupe à blanc. Il faut noter que puisqu'on considère une série infinie de révolutions identiques, le peuplement sera d'âges variés puisqu'issu des coupes à blanc par bandes de la révolution précédente. On cherche à estimer la période de temps (t) qui s'écoulera avant de revenir dans la même bande. Cette période de temps est identique pour toutes les bandes même si elles ne sont pas coupées la même année; les bandes ont donc le même volume lors de la coupe. Graphiquement on aura, en supposant la coupe en trois bandes A, B et C:

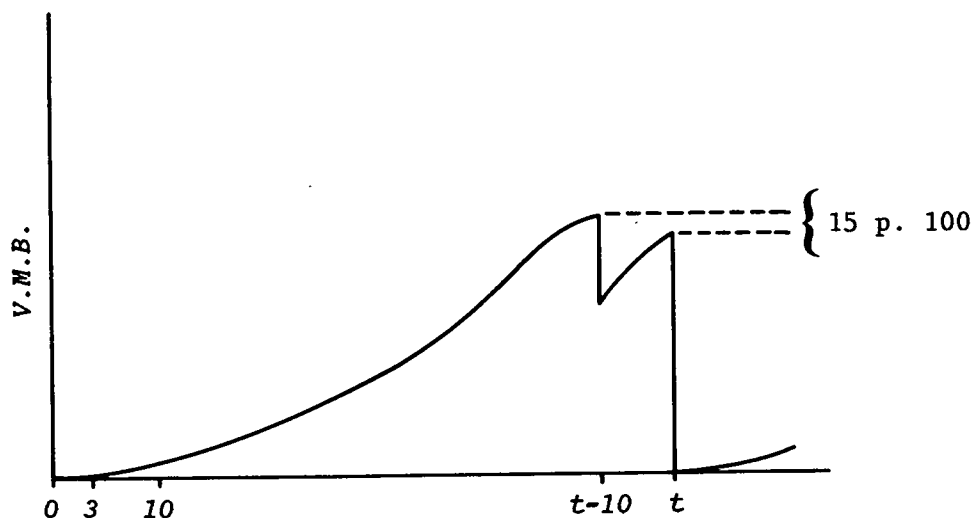
¹ Table de Boudoux dont l'âge du peuplement est augmenté de 5 ans pour tenir compte du fait que Boudoux utilise l'âge au d.h.p.



Comme pour le cas 1, l'âge physique de la forêt au moment de la coupe sera $(t-10)$ ans pour chacune des bandes.

Cas 3: Dans la même sapinière, on pratique un dégagement chimique 3 ans après la régénération naturelle pour éliminer la concurrence. Le peuplement est ensuite aménagé par une coupe de nettoyage (éclaircie précommerciale) pour assurer un espacement et une densité corrects, suivie d'une éclaircie commerciale (coupe progressive) 10 ans avant la coupe finale, pour éviter un délai de régénération. On suppose que cette sapinière ainsi aménagée aurait le rendement en volume d'une pessière blanche de classe 10 m (tables de Bertrand et Bolghari).

Les éclaircies commerciales pratiquées dans un peuplement de 50 ans et moins enlèveront 40 p. 100 du volume marchand brut tandis que dans des peuplements plus vieux, elles n'enlèveront que 30 p. 100 du volume. On fait l'hypothèse selon laquelle un peuplement éclairci retrouve après 10 ans 85 p. 100 du volume qu'il aurait eu sans cette éclaircie et qu'il demeure à ce niveau. Cette hypothèse est valable pour chaque éclaircie, s'il y avait plusieurs éclaircies. Graphiquement, nous aurons dans ce cas-ci:



- à 0 : régénération
- 3 : dégagement chimique
- 10 : coupe de nettoyage
(éclaircie précommerciale)
- t-10: éclaircie commerciale
- t : coupe finale

2.2.2 DONNÉES FORESTIÈRES

A partir des données forestières existantes et des hypothèses, il s'agit de:

- a) fixer l'intervalle de variation de t pour identifier toutes les possibilités;
- b) déterminer les volumes récoltés lors des interventions commerciales et de la coupe finale;
- c) spécifier l'utilisation du bois selon les caractéristiques du peuplement ou les besoins.

Pour les exemples, les trois tables de rendement montrées au tableau 1 ont été utilisées. On suppose une exploitation intégrée: pâte et sciage. Le déroulage n'est pas considéré dans ces exemples parce que le sapin n'est pas propice à cette utilisation. Cependant, il serait facile de considérer cette utilisation de la même façon que la pâte et le sciage, dans le cas d'une autre espèce.

Tableau 1

Tables de rendement utilisées

Age	Volume marchand brut (m ³ /ha)		
	Boudoux (modifiée) Site de classe I (cas 1)	Vézina et Linteau Site de classe I (cas 2)	Bertrand et Bolghari 10 m (cas 3)
15			13,22
20			41,42
25			71,16
30		80,82	102,58
35	96,56	110,56	135,19
40	115,59	139,95	168,07
45	131,13	167,93	200,40
50	143,93	194,52	231,26
55	154,36	219,01	260,09
60	162,76	242,10	286,19
65	169,26	263,45	
70	174,02	283,39	
75	177,10	301,58	
80	178,57	318,72	

Exemples:

Cas 1: Coupe à blanc

	Possibilités									
	1 t=45	2 t=50	3 t=55	4 t=50	5 t=65	6 t=70	7 t=75	8 t=80	9 t=85	10 t=90
Age physique du peuplement au moment de la coupe finale (ans)	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Volume marchand brut récolté (m ³ /ha)	96,56	115,59	131,13	143,93	154,36	162,76	169,26	174,02	177,10	178,57
Répartition pâte-sciage (p. 100)	100	50	50	50	40	40	25	25	25	25
pâte	0	50	50	50	60	60	75	75	75	75
sciage										

N.B.: Le tableau montre toutes les possibilités de périodes de révolution. Ainsi, la possibilité #1 suppose que l'on pratique une coupe à blanc tous les 45 ans. A cause du délai de régénération de 10 ans, l'âge physique du peuplement au moment de la coupe sera de 35 ans et il procurera un volume de 96,56 m³/ha selon la table de Boudoux modifiée (cf. tableau 1) que l'on suppose applicable à ce cas. Pour la possibilité #1, tout le bois sera destiné à la pâte à cause des dimensions relativement faibles des arbres d'un peuplement de 35 ans.

Cas 2: Coupes à blanc par bandes

Possibilités											
	1 t=40	2 t=45	3 t=50	4 t=55	5 t=60	6 t=65	7 t=70	8 t=75	9 t=80	10 t=85	11 t=90
Bande A coupée à t =	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Bande B coupée à t =	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
Bande C coupée à t =	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Âge physique de chaque bande au moment de la récolte	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Volume marchand brut récolté dans chaque bande (m ³ /ha)	(80,82 x $\frac{1}{3}$) 26,94	36,85	46,65	55,98	64,84	73,00	80,70	87,82	94,46	100,53	106,24
Répartition pâte-sciage (p. 100)											
pâte	100	100	100	80	75	50	40	40	25	20	15
sciage	0	0	0	20	25	50	60	60	75	80	85

Cas 3: Aménagement intensif

		Possibilités				
		1 t=40	2 t=45	3 t=50	4 t=55	5 t=60
Dégagement chimique à t =		3	3	3	3	3
Coupe de nettoyage à t =		10	10	10	10	10
Eclaircie commerciale (coupe progressive)	Age physique au moment de la récolte (t=)*	30	35	40	45	50
	Volume récolté (m ³ /ha)	(102,58 × 0,40) 41,03	54,08	67,23	80,16	92,50
	Répartition pâte- sciage (p. 100)					
	pâte	100	50	25	25	20
	sciage	0	50	75	75	80
Coupe finale	Age physique au moment de la récolte (t=)*	40	45	50	55	60
	Volume récolté (m ³ /ha)	(168,07 × 0,85) 142,86	170,34	196,57	221,00	243,26
	Répartition pâte- sciage (p. 100)					
	pâte	25	25	20	15	15
	sciage	75	75	80	85	85

* L'âge physique du peuplement est égal au temps écoulé (t) puisqu'il n'y a pas de délai de régénération

2.2.3 DONNÉES ÉCONOMIQUES

Les données économiques nécessaires aux calculs sont le taux d'actualisation (I), les coûts et revenus des travaux sylvicoles précommerciaux et commerciaux (CTP et RIN), la valeur de bois sur pied ($VBSP$) et la valeur des bénéfices indirects reçus par les gouvernements fédéral et provincial. La valeur des bénéfices indirects est retenue seulement pour calculer la maturité financière d'un peuplement pour l'État. Pour tout autre type de propriétaire, il ne faudrait retenir que les revenus directs.

Le choix d'un taux d'actualisation doit être fait avec soin car il a une influence importante sur l'âge de maturité financière. Étant donné les longues périodes impliquées dans les calculs, ceux-ci se font généralement en dollars constants, c'est-à-dire sans tenir compte de l'inflation en faisant l'hypothèse que celle-ci affecte également les coûts et les revenus. Le taux d'actualisation doit tenir compte de ces hypothèses. A l'heure actuelle, un taux d'actualisation entre 3 et 5 p. 100 est généralement accepté pour des investissements en foresterie.

L'objectif du calcul de la maturité financière est d'optimiser, pour le propriétaire, le revenu net provenant de l'exploitation de son boisé. Pour établir l'âge véritable de maturité financière, il importe d'utiliser la réelle valeur du bois pour le propriétaire, c'est-à-dire la valeur du bois sur pied au moment de la coupe. Pour le gouvernement, qui est un type particulier de propriétaire, il faut estimer la $VBSP$, puisque le prix du bois (droit de coupe) utilisé actuellement au Québec ne représente pas la $VBSP$. De plus, nous ajoutons les revenus indirects provenant de la fiscalité et de la parafiscalité.

Exemples:

Cas 1, 2 et 3: Taux d'actualisation utilisé; $I = 4\%$

Les valeurs du bois sur pied, en fonction de l'âge et de l'utilisation, apparaissent au tableau 2 pour les trois tables de rendement concernées. La méthode utilisée pour estimer ces valeurs est présentée à l'annexe I.

Tableau 2

Valeurs des bois sur pied en fonction
de l'âge et de l'utilisation
(en \$/m³)

Age	Boudoux classe I (cas 1)		Vézina et Linteau classe I (cas 2)		Bertrand et Bolghari classe 10 m (cas 3)	
	Pâte	Sciage	Pâte	Sciage	Pâte	Sciage
30			-5,76	2,24	-5,32	2,68
35	-2,72	5,28	-3,08	4,92	-1,10	6,90
40	-0,59	7,41	-0,81	7,19	1,74	9,74
45	0,22	8,22	1,16	9,16	3,71	11,71
50	1,14	9,14	2,84	10,84	5,11	13,11
55	1,85	9,85	4,28	12,28	6,12	14,12
60	2,43	10,43	5,52	13,52	6,85	14,85
65	2,95	10,95	6,56	14,56		
70	3,39	11,39	7,46	15,46		
75	3,84	11,84	8,23	16,23		
80	4,45	12,45	8,92	16,92		

Les revenus indirects¹ provenant de la fiscalité et de la parafiscalité sont estimés à, selon l'utilisation:

- sciage : 14,66\$/m³
- papier journal : 13,89\$/m³

Ces revenus se répartissent à peu près également entre les gouvernements provincial et fédéral.

Cas 2: Une coupe à blanc par bandes engendre un déboursé supplémentaire de 0,92\$/m³ par rapport à une coupe à blanc ordinaire.

Cas 3: Un dégagement chimique coûte 110,32\$/ha.
Une coupe de nettoyage (éclaircie précommerciale) coûte 516,17\$/ha.
Une éclaircie commerciale (coupe progressive) engendre un déboursé supplémentaire de 6,30\$/m³ par rapport à une coupe à blanc ordinaire.

2.3 ÉTAPE 2: CALCULS CONCERNANT LES COÛTS DE RÉGÉNÉRATION

Si on appelle R_2 le résultat de l'étape 2:

$$R_2 = -C_0 (1 + I)^t$$

C_0 = coûts de régénération comprenant généralement la préparation du terrain et la plantation ou l'ensemencement.

I = taux d'actualisation

t = temps écoulé entre le début de la révolution et la coupe finale.

Le but de ce calcul est de ramener le coût de régénération à l'âge de la coupe finale pour permettre la comparaison avec les revenus étant donné le temps écoulé.

¹ En dollars de 1981. Communication personnelle de J.-P. Nadeau.

Exemples

Cas 1, 2 et 3:

Les trois exemples décrits précédemment ne comportent aucun coût de régénération, donc $R_2 = 0$ dans tous les cas.

2.4 ÉTAPE 3: CALCULS CONCERNANT LES COÛTS DES TRAITEMENTS PRÉCOMMERCIAUX

Pour chacune des possibilités (chacune des valeurs de t possibles), il faut calculer:

$$R_3 = - \sum CTP_i (1 + I)^{t-m_i}$$

CTP_i = coût du traitement précommercial i

I = taux d'actualisation

t = période de révolution

m_i = temps écoulé entre le début de la révolution et le traitement i

Si un traitement précommercial engendrait un revenu ou un bénéfice indirect pour l'État, il faudrait réduire le coût d'autant pour ne conserver que le coût net.

Exemples:

Cas 1 et 2: Aucun traitement précommercial, donc $R_3 = 0$

Cas 3:

Possibilité #1

$CTP_1 = 110,32\$/ha$ (dégagement chimique)

$m_1 = 3$

$CTP_2 = 516,17\$/ha$ (coupe de nettoyage)

$m_2 = 10$

$t = 40$

$I = 4\%$

$$R_3 = - \left(CTP_1 (1 + I)^{t-m_1} + CTP_2 (1 + I)^{t-m_2} \right)$$

$$R_3 = - \left(110,32 (1,04)^{40-3} + 516,17 (1,04)^{40-10} \right)$$

$$R_3 = - 2145,00\$/\text{ha}$$

N.B.: On trouvera à l'annexe II, une table permettant d'évaluer rapidement l'expression $(1 + I)^t$ pour différentes valeurs de I et de t .

Possibilité #2

- toutes les valeurs demeurent identiques sauf $t = 45$, donc:

$$R_3 = - \left(110,32 (1,04)^{45-3} + 516,17 (1,04)^{45-10} \right)$$

$$R_3 = - 2\,609,72\$/\text{ha}$$

Possibilité #3: $t = 50$

$$R_3 = - 3\,175,12\$/\text{ha}$$

Possibilité #4: $t = 55$

$$R_3 = - 3\,863,03\$/\text{ha}$$

Possibilité #5: $t = 60$

$$R_3 = - 4\,699,96\$/\text{ha}.$$

2.5 ÉTAPE 4: CALCULS CONCERNANT LES COÛTS ET REVENUS DES TRAITEMENTS COMMERCIAUX

Comme auparavant:

$$R_4 = \sum RIN_j (1 + I)^{t-m_j}$$

RIN_j = revenu intermédiaire net du traitement commercial j

m_j = temps écoulé entre le début de la révolution et le traitement j

t = période de révolution

I = taux d'actualisation.

RIN est le revenu net provenant du traitement. Il est composé d'un revenu direct et d'un revenu indirect. D'autre part, les revenus vont varier selon l'utilisation. On peut écrire:

$$RIN = RE - CO$$

où

RE = revenu

CO = coût

et

$$RE = (VBSP_p + RI_p) VOL_p + (VBSP_s + RI_s) VOL_s$$

où

$VBSP_p$ ou s = valeur du bois sur pied selon la destination, pâte ou sciage

RI_p ou s = revenu indirect, pâte ou sciage

VOL_p ou s = volume destiné à la pâte ou au sciage

Il est à noter qu'il faut prendre la $VBSP$ correspondant à l'âge physique du peuplement et non à m_j étant donné qu'il peut y avoir une différence, à cause d'un délai de régénération.

Exemples:

Cas 1: Aucun traitement commercial

$$R_4 = 0$$

Cas 2: Si on considère qu'un peuplement est coupé en trois bandes à un intervalle de 5 ans, il faut considérer la coupe à blanc des deux premières bandes comme des traitements commerciaux, la dernière bande étant considérée comme la coupe finale.

Possibilité #1:

$$t = 40$$

$$m_1 = 30 \text{ (bande A)}$$

$$m_2 = 35 \text{ (bande B)}$$

N.B.: âge physique du peuplement au moment de la coupe = 30 ans (bandes A et B)

$$VBSP_p = -5,76\$/m^3$$

$$VBSP_s = 2,24\$/m^3 \text{ (à 30 ans selon une table de Vézina et Linteau, voir tableau 2)}$$

$$RI_p = 13,89\$/m^3$$

$$RI_s = 14,66\$/m^3 \text{ (voir section 2.2.3)}$$

$$VOL_p = 26,94 \times 1,00 = 26,94 \text{ m}^3$$

$$VOL_s = 26,94 \times 0,00 = 0 \text{ m}^3$$

$$I = 4\%$$

$$\text{coût de la coupe à blanc par bandes} = 0,92\$/m^3 \\ \text{(voir section 2.2.3).}$$

On peut maintenant déterminer les revenus pour les bandes A et B, qui seront identiques:

$$RE = (VBSP_p + RI_p) VOL_p + (VBSP_s + RI_s) VOL_s$$

$$RE = (-5,76 + 13,89) 26,94 + (2,24 + 14,66) 0$$

$$RE = 219,02\$/ha.$$

Le revenu intermédiaire net pour chacune des bandes sera:

$$RIN = RE - CO$$

$$RIN = 219,02 - (0,92 \times 26,94)$$

$$RIN = 194,24\$/ha$$

et

$$R_4 = RIN_1 (1 + I)^{t-m_1} + RIN_2 (1 + I)^{t-m_2}$$

$$R_4 = 194,24 (1,04)^{40-30} + 194,24 (1,04)^{40-35}$$

$$R_4 = 523,84\$/ha$$

Il s'agit par la suite de réaliser les mêmes calculs pour chacune des 10 autres possibilités du cas 2 en prenant bien soin de prendre les données correspondantes, notamment en ce qui concerne la VBSP, le volume récolté, l'âge du peuplement au moment de la récolte et la répartition pâte-sciage.

Possibilité #2

$$RE = (-3,08 + 13,89) 36,85 + (4,92 + 14,66) 0,00$$

$$RE = 398,35 (\$/ha)$$

$$RIN = 398,35 - (0,92 \times 36,85)$$

$$RIN = 364,45 (\$/ha)$$

$$R_4 = 364,45 (1,04)^{45-35} + 364,45 (1,04)^{45-40}$$

$$R_4 = 982,88 (\$/ha).$$

Pour les autres possibilités:

	RE	RIN	R ₄
Possibilité #3	610,18	567,26	1 529,85
Possibilité #4	940,69	889,19	2 398,04
Possibilité #5	1 226,93	1 167,28	3 148,03
Possibilité #6	1 646,52	1 579,36	4 259,35
Possibilité #7	1 991,03	1 916,79	5 169,36
Possibilité #8	2 258,03	2 177,23	5 871,76
Possibilité #9	2 638,03	2 551,13	6 880,11
Possibilité #10	2 929,04	2 836,55	7 649,88
Possibilité #11	3 215,30	3 117,56	8 407,72

Cas 3: Seule l'éclaircie commerciale (coupe progressive) est un traitement commercial. Les mêmes calculs s'appliquent:

Possibilité #1

$$t = 40$$

$$m_1 = 30 \quad (\text{l'âge du peuplement est également de 30 ans puisqu'il n'y a pas de délai de régénération})$$

$$\left. \begin{array}{l} VBSP_p = -5,32\$/m^3 \\ VBSP_s = 2,68\$/m^3 \end{array} \right\} \text{à 30 ans selon une table de Bertrand et Bolghari, voir tableau 2}$$

$$RI_p = 13,89\$/m^3$$

$$RI_s = 14,66\$/m^3$$

$$VOL_p = 41,03 m^3/ha$$

$$VOL_s = 0$$

$$I = 4\%$$

coût supplémentaire d'une coupe progressive = 6,30\$/m³.

Le revenu:

$$RE = (VBSP_p + RI_p) VOL_p + (VBSP_s + Ri_s) VOL_s$$

$$RE = (-5,32 + 13,89) 41,03 + (2,68 + 14,66) 0$$

$$RE = 351,63$$

Le revenu intermédiaire net :

$$RIN = RE - CO$$

$$RIN = 351,63 - (6,30 \times 41,03)$$

$$RIN = 93,14$$

Le résultat de l'étape 4

$$R_4 = RIN (1 + I)^{t-m_1}$$

$$R_4 = 93,14 (1,04)^{40-30}$$

$$R_4 = 137,87\$/ha$$

Ainsi de suite pour les autres possibilités:

		RE	RIN	R ₄
possibilité #2		928,82	588,12	870,56
possibilité #3		1 492,99	1 069,44	1 583,03
possibilité #4		1 938,07	1 433,06	2 121,27
possibilité #5		2 406,48	1 823,73	2 699,56.

2.6 ÉTAPE 5: CALCULS CONCERNANT LES COÛTS ET REVENUS DE LA COUPE FINALE

$$R_5 = g$$

Le but de ces calculs est de déterminer le revenu net de la coupe finale, au moment t de la période de révolution. Comme à l'étape 4, le revenu est composé d'une partie directe (VBSP) et d'une partie indirecte (revenu provenant de la fiscalité et parafiscalité).

On procède comme à l'étape 4

$$g = RE = (VBSP_p + RI_p) VOL_p + (VBSP_s + RI_s) VOL_s.$$

Normalement, il n'y a pas de coût imputé à la coupe finale puisque la $VBSP$ et RI sont déjà des revenus nets et que la coupe finale est généralement une coupe à blanc. Une exception serait la coupe de la dernière bande qui, tout en étant considérée comme la coupe finale, engendre un coût supplémentaire.

Exemples

Cas 1:

Possibilité #1

$$t = 45$$

$$VBSP_p = -2,72\$/m^3 \text{ (tableau de Boudoux, tableau 2)}$$

$$VBSP_s = 5,28\$/m^3$$

Noter qu'il faut prendre la $VBSP$ à 35 ans parce qu'il y a un délai de régénération de 10 ans

$$RI_p = 13,89\$/m^3$$

$$RI_s = 14,66\$/m^3$$

$$VOL_p = 96,56 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$VOL_s = 0$$

$$R_5 = (VBSP_p + RI_p) VOL_p + (VBSP_s + RI_s) VOL_s$$

$$R_5 = (-2,72 + 13,89) 96,56 + (5,28 + 14,66) 0$$

$$R_5 = 1\,078,58\$/\text{ha}$$

Pour les autres possibilités, les calculs se répètent en choisissant les données appropriées concernant la $VBSP$, le volume récolté, la répartition pâte-sciage.

R_5

Possibilité #2	2 044,39	\$/ha
Possibilité #3	2 425,43	\$/ha
Possibilité #4	2 794,60	\$/ha
Possibilité #5	3 241,90	\$/ha
Possibilité #6	3 512,72	\$/ha
Possibilité #7	3 965,71	\$/ha
Possibilité #8	4 151,90	\$/ha
Possibilité #9	4 305,08	\$/ha
Possibilité #10	4 449,54	\$/ha.

Cas 2: Comme précédemment, il faut considérer un coût supplémentaire de 0,92\$/m³, même s'il s'agit s'agit d'une coupe finale.

Possibilité #1

$$t = 40$$

$$VBSP_p = -5,76\$/m^3 \text{ (table de Vézina et Linteau, tableau 2)}$$

$$VBSP_s = 2,24\$/m^3$$

Comme pour le cas 1, il faut considérer le délai de régénération de 10 ans.

$$RI_p = 13,89\$/m^3$$

$$RI_s = 14,66\$/m^3$$

$$VOL_p = 26,94 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$VOL_s = 0$$

Coût supplémentaire d'une coupe à blanc par bandes = 0,92\$/m³

$$R_5 = \left((VBSP_p + RI_p) \times VOL_p \right) + \left((VBSP_s + RI_s) \times VOL_s \right) - \left(CO \times (VOL_p + VOL_s) \right)$$

$$R_5 = \left((-5,76 + 13,89) \times 26,94 \right) + \left((2,24 + 14,66) \times 0 \right) - \left(0,92 \times 26,94 \right)$$

$$R_5 = 194,24\$/\text{ha}.$$

Pour les autres possibilités:

	R_5	
Possibilité #2	364,45	\$/ha
Possibilité #3	567,26	\$/ha
Possibilité #4	889,19	\$/ha
Possibilité #5	1 167,28	\$/ha
Possibilité #6	1 579,36	\$/ha
Possibilité #7	1 916,79	\$/ha
Possibilité #8	2 177,23	\$/ha
Possibilité #9	2 551,13	\$/ha
Possibilité #10	2 836,55	\$/ha
Possibilité #11	3 117,56	\$/ha.

Cas 3: Le même raisonnement que les cas précédents s'applique.

Possibilité #1

$$t = 40$$

$$VBSP_p = 1,74\$/m^3 \text{ (table de Bertrand et Bolghari, tableau 2)}$$

$$VBSP_s = 9,74\$/m^3$$

$$RI_p = 13,89\$/m^3$$

$$RI_s = 14,66\$/m^3$$

$$VOL_p = 35,72 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$VOL_s = 107,15 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$R_5 = (VBSP_p + RI_p) VOL_p + (VBSP_s + RI_s) VOL_s$$

$$R_5 = (1,74 + 13,89) 35,72 + (9,74 + 14,66) 107,15$$

$$R_5 = 3 172,76\$/\text{ha}.$$

Pour les autres possibilités:

	R_5	
Possibilité #2	4 118,62	\$/ha
Possibilité #3	5 114,00	\$/ha
Possibilité #4	6 069,65	\$/ha
Possibilité #5	6 858,59	\$/ha.

2.7 ÉTAPE 6: CALCUL DU DIVISEUR

$$R_6 = (1 + I)^t - 1$$

Ce calcul ne présente aucune difficulté. Il sert à ramener tous les coûts et revenus à l'année 0.

Exemples

Cas 1, 2 et 3: $I = 4\%$; en utilisant la table de l'annexe II:

t	R_6
40	3,80102
45	4,84118
50	6,10668
55	7,64637
60	9,51963
65	11,79874
70	14,57162
75	17,94525
80	22,04980
85	27,04360
90	33,11933.

2.8 ÉTAPE 7: DÉTERMINATION DE LA VALEUR D'ATTENTE DU SOL (SE)

En utilisant les résultats des étapes précédentes:

$$Se = \frac{R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{R_6} .$$

Se représente la valeur d'attente du sol et chacune des possibilités représente une période de révolution possible.

Exemples

Cas 1:

Poss. #	C_0 R_2	CTP R_3	RIN R_4	g R_5	Diviseur R_6	Se
1 $t=45$	0	0	0	1 078,58	4,84118	222,79
2 $t=50$	0	0	0	2 044,39	6,10668	334,78
3 $t=55$	0	0	0	2 425,43	7,64637	317,20
4 $t=60$	0	0	0	2 794,60	9,51963	293,56
5 $t=65$	0	0	0	3 241,90	11,79874	274,77
6 $t=70$	0	0	0	3 512,72	14,57162	241,07
7 $t=75$	0	0	0	3 965,71	17,94525	220,99
8 $t=80$	0	0	0	4 151,90	22,04980	188,30
9 $t=85$	0	0	0	4 305,08	27,04360	159,19
10 $t=90$	0	0	0	4 449,54	33,11933	134,35

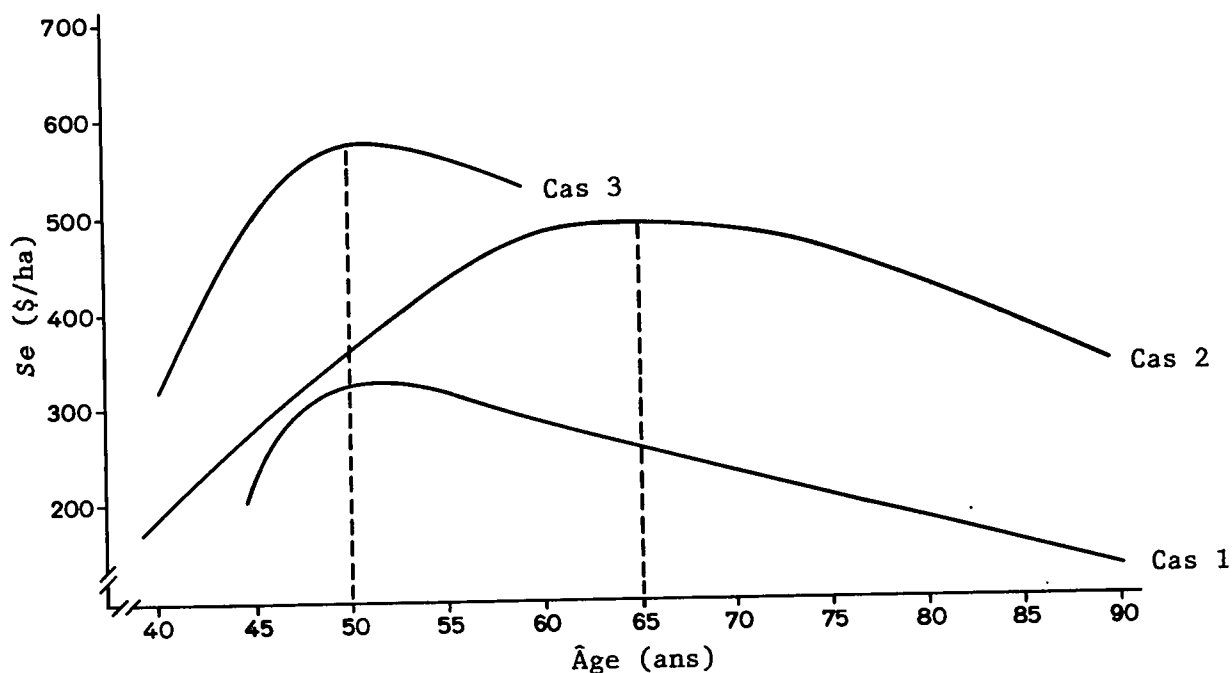
Cas 2:

Poss. #	C_0 R_2	CTP R_3	RIN R_4	g R_5	Diviseur R_6	Se
1 $t=40$	0	0	523,84	194,24	3,80102	188,92
2 $t=45$	0	0	982,87	364,45	4,84118	278,30
3 $t=50$	0	0	1 529,85	567,26	6,10668	343,41
4 $t=55$	0	0	2 398,04	889,19	7,64637	429,91
5 $t=60$	0	0	3 148,03	1 167,28	9,51963	453,31
6 $t=65$	0	0	4 259,35	1 579,36	11,79874	494,86
7 $t=70$	0	0	5 169,36	1 916,79	14,57162	486,30
8 $t=75$	0	0	5 871,76	2 177,23	17,94525	448,53
9 $t=80$	0	0	6 880,11	2 551,13	22,04980	427,72
10 $t=85$	0	0	7 649,88	2 836,55	27,04360	387,76
11 $t=90$	0	0	8 407,72	3 117,56	33,11933	347,99

Cas 3:

Poss. #	C_0 R_2	CTP R_3	RIN R_4	g R_5	Diviseur R_6	Se
1 $t=40$	0	-2 145,00	137,87	3 172,76	3,80102	306,66
2 $t=45$	0	-2 609,72	870,56	4 118,62	4,84118	491,50
3 $t=50$	0	-3 175,12	1 583,03	5 114,00	6,10668	576,73
4 $t=55$	0	-3 863,03	2 121,27	6 069,65	7,64637	566,01
5 $t=60$	0	-4 699,96	2 699,56	6 858,59	9,51963	510,33

Sous forme graphique, la valeur d'attente du sol
 Se en fonction du temps peut se représenter comme ceci:



2.9 ÉTAPE 8: DÉTERMINATION DE L'ÂGE DE MATURITÉ FINANCIÈRE

La période de révolution optimum au point de vue économique est celle qui procure le Se maximum. Le choix de toute autre période de révolution implique un sacrifice financier de la part de l'État. Le sacrifice financier se mesure par la différence entre le Se maximum (âge de maturité financière) et le Se à tout autre âge d'exploitation. En considérant l'équation 6 (chapitre 1), $Se = a/I$, on peut obtenir le sacrifice financier annuel par hectare en faisant $\Delta Se \times I$.

Exemples

- Cas 1: La période de révolution est de 50 ans compte tenu du délai de régénération de 10 ans, ce qui signifie que la sapinière sera exploitée lorsqu'elle aura atteint l'âge de 40 ans. La valeur d'attente du sol sera de 334,78\$/ha, l'âge de maturité physique (accroissement annuel moyen maximum) d'une telle sapinière étant de 55 ans (voir tableau 3 compte tenu d'un délai de régénération de 10 ans. On obtiendrait alors un Se de 317,20\$/ha, soit une différence de 17,58\$/ha représentant un sacrifice financier de 0,70\$/ha/année pour l'État.
- Cas 2: Pour une sapinière de classe I stockée selon une table de rendement de Vézina et Linteau et exploitée selon la technique des coupes à blanc par bandes, la période de révolution optimum est de 65 ans (y compris le délai de régénération de 10 ans). Chaque bande sera exploitée lorsque le peuplement aura atteint l'âge de 55 ans, pour une valeur d'attente du sol de 494,86 \$/ha, comparativement à 448,53\$/ha pour une période de révolution basée sur l'âge de maturité physique (75 ans y compris le délai de régénération). Le sacrifice financier est alors de 1,85\$/ha/année.
- Cas 3: Pour cette option d'aménagement intensif de la sapinière, l'âge de maturité financière est atteint à 50 ans et procure une valeur d'attente du sol de 576,73\$/ha. Physiquement, la période de révolution optimum est de 60 ans et procure un Se de 510,33\$/ha, représentant un sacrifice financier de 2,66\$/ha/année par rapport à la période de révolution basée sur l'âge de maturité financière.

Dans la comparaison des options d'aménagement, c'est la troisième (aménagement intensif) qui procure la valeur d'attente du sol la plus élevée. C'est donc la meilleure des options étudiées au point de vue économique, si toutefois les hypothèses de croissance et de réaction des peuplements aux travaux sylvicoles se révèlent correctes.

2.10 REMARQUES

La méthodologie développée dans ce chapitre permet d'estimer l'âge de maturité financière en utilisant l'équation de la

valeur d'attente du sol (Se) de Faustmann. Elle utilise un procédé itératif (répétition des mêmes calculs pour chacune des possibilités) qui utilise des données discrètes évitant ainsi le recours à la dérivation de fonctions continues, difficiles à obtenir et à manipuler. Les calculs arithmétiques sont relativement simples et ils peuvent être réalisés rapidement sans nécessiter l'utilisation d'un ordinateur. Une simple calculatrice de poche, programmable de préférence, améliore sensiblement la rapidité et la précision et diminue le risque d'erreurs.

L'équation du Se utilisée a été débarrassée de tous les éléments (telles les taxes foncières annuelles) qui n'ont pas d'influence sur l'âge de maturité financière. L'équation a aussi été généralisée de façon à s'appliquer à une grande variété de peuplements forestiers, soumis ou non à des traitements sylvicoles. La valeur Se calculée ne devrait pas être considérée comme le prix de vente d'un terrain forestier mais plutôt comme la valeur présente des bénéfices nets provenant uniquement de l'exploitation de la forêt.

Les exemples présentés dans ce chapitre ont uniquement pour but d'illustrer la méthodologie et d'en faciliter la compréhension. Les données utilisées et les hypothèses concernant la réaction des peuplements aux travaux sylvicoles, tout en étant des estimations réalistes de ce qui pourrait se produire en réalité, ne doivent pas être considérées pour d'autres fins. L'évaluation de l'âge de maturité financière d'une sapinière, selon les diverses options d'aménagement étudiées, poursuit les mêmes objectifs et présente les mêmes restrictions quant à son utilisation. Bien entendu, il en va également de même pour le choix de la meilleure option au point de vue économique.

CONCLUSION

Le principal objectif de cette recherche était d'élaborer une méthodologie de calcul simple qui permettrait d'évaluer relativement rapidement et facilement l'âge de maturité financière d'un peuplement forestier. Après un rappel théorique du concept de maturité financière au chapitre I, nous avons présenté la méthodologie de calcul au chapitre II. A l'aide d'exemples, on y a également montré qu'elle s'applique avec un minimum d'efforts et de connaissances théoriques. Cette méthodologie est destinée aux gestionnaires des forêts publiques pour leur permettre d'évaluer l'âge de maturité financière des peuplements forestiers étant donné leur environnement bio-physique et économique respectif.

Comme le mentionne le chapitre I, l'âge de maturité financière, tel qu'évalué par la méthodologie décrite ici, permet de connaître la période de révolution optimum au point de vue économique, c'est-à-dire celle qui procure un maximum de profits au propriétaire de la forêt. A cause de la «valeur» économique du temps, l'âge de révolution financière est généralement plus faible que l'âge de révolution physique (évalué à l'aide de l'accroissement annuel moyen maximum) qui, pour sa part, procure le maximum de rendement en volume. Le choix entre la maximisation du profit financier ou du volume ligneux produit est une décision relevant des désirs du propriétaire ou, si c'est l'État, de la politique forestière. La pertinence des facteurs autres que le rendement financier, tels que l'utilisation intégrée d'un territoire forestier pour la production de matière ligneuse et pour d'autres fins, la garantie d'un approvisionnement stable pour

les usines, les objectifs du développement économique, etc., dans la fixation de la période de révolution d'un peuplement forestier n'a pas à être discutée ici. Notre seul objectif est de mettre à la disposition des gestionnaires un outil leur permettant d'évaluer l'âge de maturité financière. Nous avons également mentionné comment utiliser le concept de maturité financière pour mesurer le sacrifice financier découlant du choix d'une autre période de révolution que celle dictée par le concept de maturité financière. Nous avons également montré la possibilité d'utiliser le concept pour déterminer la meilleure option d'aménagement d'un peuplement donné au point de vue économique.

Le concept de maturité financière remet en cause de nombreuses idées communément acceptées en foresterie. Tout d'abord, le principe du rendement soutenu maximum en volume n'est plus applicable, ce qui entraîne par le fait même une réduction de la possibilité à long terme. Le concept même de possibilité n'a plus de sens, puisqu'à la limite, ce sont les forces économiques (loi de l'offre et de la demande, ajustements des prix, etc.) qui dictent la période de révolution et, d'une certaine façon, le volume disponible. Toujours en supposant un marché parfait dans le sens économique (c'est-à-dire un marché où les mécanismes d'ajustement sont libres de fonctionner sans contraintes), l'allocation des ressources ligneuses se ferait automatiquement entre les diverses utilisations. Pour toutes sortes de raisons, dont la principale est certainement que la maximisation du profit en termes monétaires (en considérant les utilisations de la forêt et les caractéristiques actuelles de l'économie) ne peut être considérée comme l'unique critère de décision valable, le concept de maturité financière est davantage un guide et un outil de travail parmi d'autres pour les gestionnaires de la forêt. La pérennité des ressources forestières, la conservation de forêts productives pour les générations futures, les autres utilisations que la production de matière ligneuse, l'hypothèse de l'augmentation de la valeur relative des ressources forestières dans le futur à cause de l'épuisement des ressources non-renouvelables, les changements importants au niveau

technologique et dans les habitudes de consommation, etc. sont autant de questions à considérer dans l'aménagement des ressources forestières, surtout celles qui appartiennent à l'État.

Une dernière remarque concerne les données utilisées dans la méthodologie de calcul. Étant donné la grande variation des conditions bio-physiques et économiques, la responsabilité de recueillir les données adéquates est celle de l'utilisateur de la méthodologie. La validité et la précision de l'âge de maturité financière calculé sont bien entendu fonction de la qualité des données et hypothèses utilisées. Pour des raisons évidentes, le plus grand soin devrait être apporté à cette étape. Lorsqu'une donnée ou une hypothèse est imprécise, rien n'empêche de calculer plusieurs fois l'âge de maturité financière avec chacune des valeurs plausibles, ce qui permet ainsi de constater la variation et la sensibilité de l'âge de maturité financière pour cette variable.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUDOUX, M., 1978. *Tables de rendement empiriques pour l'épinette noire, le sapin baumier et le pin gris au Québec.* Gouv. du Québec, ministère des Terres et Forêts, groupe COGEF.
- BOLGHARI, H.A. et V. BERTRAND, 1979. *Tables provisoires de production de quelques essences plantées au Québec.* Serv. de la Rech., Dir. gén. des Forêts, ministère des Terres et Forêts. Rapport interne n° 194.
- CLOUTIER, G., R. PERREAULT et R. DESROSIERS, 1974. *Modèle pour déterminer la valeur du bois sur pied en fonction des systèmes d'exploitation et des types d'utilisation.* Serv. de la Rech., Dir. gén. des Forêts, ministère des Terres et Forêts.
- DAVIS, K., 1966. *Forest management: regulation and valuation.* McGraw-Hill. Toronto.
- GAFFNEY, M. M., 1960. *Concepts of financial maturity of timber and other assets.* Dep. of Agr. Ec., N. Carolina St. Coll, Raleigh, A.E. Inf. Serv. N°. 62.
- LUSSIER, L.-J. et C. GODBOUT, 1974. *Étude du coût des bois F.A.B. destination dans le perspective des droits de coupe variables.* Serv. de la Rech., Dir. gén. des Forêts, ministère des Terres et Forêts, janvier.
- MÉNARD, 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 Forêts, ministère des Terres et Forêts. Rapport interne n° 177.
- MÉNARD, D., 1979. *Maturité financière des peuplements forestiers au Québec. I - Peuplements de résineux.* Serv. de la Rech., ministère des Terres et Forêts. Mémoire n° 52.

- MUSNIER, A., 1979. *Maturité financière des peuplements forestiers au Québec. II - Peuplements de certaines espèces feuillues: peuplier faux-tremble et bouleau blanc.* Serv. de la Rech. Ministère des Terres et Forêts. Mémoire n° 54.
- TRUDEL, P., 1980. *Répartition par produit du volume des tiges en fonction du d.h.p. et de la hauteur totale à l'aide des équations de défilement utilisées dans MODAS.* Serv. des plans d'aménagement, ministère de l'Énergie et des Ressources, rapport non publié.
- VÉZINA, P.-E. et A. LINTEAU, 1968. *Growth and yield of balsam fir and black spruce in Québec.* Can. For. Res. Lab., Inf. rep. Q-X-2.

ANNEXE I

ESTIMATION DE LA VALEUR DU BOIS SUR PIED

La valeur du bois sur pied est la variable la plus importante dans le calcul de la maturité financière. Elle se définit comme la valeur réelle du bois en fonction des caractéristiques du peuplement (essence, densité, localisation, etc.) et de la situation économique (prix de vente, coûts, etc.). Elle représente le prix auquel devrait être vendu le bois sur pied. En théorie, cette valeur varie pour chaque peuplement. Elle peut être estimée par la méthode du rendement de conversion définie par Davis (1966), méthode suivie par Ménard (1979) et Musnier (1979) dans les mémoires précédents. Selon cette méthode, la VBSP s'obtient par la différence entre le prix obtenu pour le bois et les coûts nécessaires pour l'exploiter; mathématiquement:

$$VBSP = PV - CTLE \quad (1)$$

où

$VBSP$ = valeur de bois sur pied en $\$/m^3$

PV = prix de vente du bois rendu à l'usine

$CTLE$ = coûts totaux d'exploitation, y compris les coûts de transport à l'usine.

Le prix de vente est fonction de l'essence, de l'utilisation (pâte, sciage, déroulage) et de la situation économique. Ces prix peuvent assez facilement être obtenus. Ils varient selon la région et même l'usine. Pour les exemples¹ qui ne concernent que le sapin baumier, nous considérons les prix de vente suivants (bois rendu à l'usine):

- sciage : 41,00 $\$/m^3$ (en dollars 1981)

- pâte : 33,00 $\$/m^3$.

¹ Tous les prix et coûts donnés ici sont des estimations réalistes de ceux en vigueur en 1981. Ces chiffres demeurent cependant des approximations et ne sauraient être considérés comme des certitudes absolues. Leur seul but est d'illustrer la méthodologie de calcul expliquée dans ce rapport.

Les coûts peuvent être désagrégés en:

$$CTLE = CE + CT \quad (2)$$

où

CE = coûts d'exploitation

CT = coûts de transport.

Les coûts de transport sont principalement fonction de la localisation du peuplement par rapport à l'usine utilisatrice et du moyen de transport utilisé. Pour permettre les comparaisons, nous utiliserons un coût de transport uniforme de 5,00\$/m³.

Les coûts d'exploitation varient principalement en fonction de l'état du peuplement (volume, hauteur, diamètre, densité) et du procédé d'exploitation utilisé. Toujours pour faciliter les comparaisons, nous considérons un seul procédé d'exploitation (mixte: pâte et sciage intégrés) que nous pourrions décrire de la façon suivante:

- abattage et ébranchage manuels, débardage des arbres en longueur à une jetée et tronçonnage mécanisé

Selon ce procédé, le coût d'exploitation est identique pour les bois destinés à la pâte et les bois destinés au sciage. Quant à l'état du peuplement, les variables de terrain (topographie, drainage, etc.) seront considérées identiques. Seules les variables forestières en fonction de l'âge (volume marchand, nombre de tiges marchandes, d.h.p. et hauteur moyens) seront considérées comme variables.

En réalisant une analyse approfondie de simulations faites par Ménard (1979), il est apparu que la variation du coût d'exploitation est expliquée très significativement par la variable nombre de tiges marchandes par mètre cube. Pour une sapinière de classe I (table de Vézina et Linteau), la relation suivante a été établie:

$$CE_i = CE_m \times \left[0,684 + 0,313 \left(\frac{Nt_i}{Nt_m} \right) \right] \quad (3)$$

où

CE_i = coût d'exploitation à l'âge «i» en \$/m³
 CE_m = coût d'exploitation à l'âge de maturité physique
 Nt_i = nombre de tiges marchandes par m³ à l'âge «i»
 Nt_m = nombre de tiges marchandes par m³ à l'âge de maturité physique

Cette relation permet de déterminer le coût d'exploitation pour un état de peuplement connu (nombre de tiges par mètre cube) en connaissant le coût d'exploitation pour un état de peuplement de référence (c'est-à-dire à l'âge de maturité physique). L'équation (3) peut aussi s'écrire:

$$CE_i = k \cdot CE_o$$

où $k = 0,684 + 0,313 \left(\frac{Nt_i}{Nt_o} \right) \quad (4)$

CE_i = coût d'exploitation pour un état i
 k = facteur de variation
 CE_o = coût d'exploitation pour l'état de référence
 Nt_i = nombre de tiges marchandes par m³ pour un état i
 Nt_o = nombre de tiges marchandes par m³ pour l'état de référence.

Le tableau 3 présente l'état (nombre de tiges par mètre cube) d'une sapinière selon l'âge et la table de rendement utilisée. En faisant l'hypothèse que cette relation (équation 4) est valable et donne réellement le coût d'exploitation peu importe la table de rendement utilisée, et en supposant que $CE_o = 21,50\$/m^3$ et $Nt_o = 5,40$ tiges marchandes par mètre cube, on obtient les coûts d'exploitation donnés au tableau 4.

Toutes les données nécessaires au calcul de la valeur du bois sur pied (VBSP) sont maintenant disponibles. Le tableau 5

Tableau 3

Ages de maturité physique et nombre de tiges marchandes par mètre cube selon l'âge

Age	Boudoux classe I			Vézina et Linteau classe I			Bertrand et Bolghari classe 10 m		
	VMB	AAM	Nt/m ³	VMB	AAM	Nt/m ^{3**}	VMB	AAM	Nt/m ³
20							41,42	2,07	28,36
25							71,16	2,87	20,10
30				80,82	2,69	15,29	102,58	3,42	14,94
35	96,56	2,76	12,85	110,56	3,16	13,14	135,19	3,86	11,55
40	115,59	2,89	11,14	139,95	3,50	11,32	168,07	4,20	9,27
45	131,13	2,91 ¹	10,49	167,93	3,73	9,74	200,40	4,45	7,69
50	143,93	2,88	9,75	194,52	3,89	8,39	231,26	4,63	6,57
55	154,36	2,81	9,18	219,01	3,98	7,23	260,09	4,73	5,76
60	162,76	2,71	8,72	242,10	4,04	6,24	286,19	4,77 ¹	
65	169,26	2,60	8,30	263,45	4,05 ¹	5,40			
70	174,02	2,49	7,95	283,39	4,05	4,68			
75	177,10	2,36	7,59	301,58	4,02	4,06			
80	178,57	2,23	7,10*	318,72	3,98	3,51			

* estimation

** Le nombre de tiges marchandes par mètre cube provient de Ménard (1979)

p. 58 pour la table de Vézina et Linteau

¹ Age de maturité physique (AAM maximum)

Tableau 4

Coûts d'exploitation selon l'état du peuplement

Age	Boudoux classe I			Vézina et Linteau classe I			Bertrand et Bolghari classe 10 m		
	Nt/m ³	k	CE/m ³	Nt/m ³	k	CE/m ³	Nt/m ³	k	CE/m ³
20							28,36	2,33	50,55
25				15,29	1,57	33,76	20,10	1,85	39,75
30				13,14	1,45	31,08	14,94	1,55	33,32
35	12,85	1,43	30,72	11,32	1,34	28,81	11,55	1,35	29,10
40	11,14	1,33	28,59	9,74	1,25	26,84	9,27	1,22	26,26
45	10,49	1,29	27,78	8,39	1,17	25,16	7,69	1,13	24,29
50	9,75	1,25	26,86	7,23	1,10	23,72	6,57	1,06	22,89
55	9,18	1,22	26,15	6,24	1,05	22,48	5,76	1,02	21,88
60	8,72	1,19	25,57	5,40	1,00	21,44	5,17	0,98	21,15
65	8,30	1,17	25,05	4,68	0,96	20,54			
70	7,95	1,14	24,61	4,06	0,92	19,77			
75	7,59	1,12	24,16	3,51	0,89	19,08			
80	7,10	1,10	23,55						

donne la *VBS* selon l'âge, l'utilisation et la table de rendement. Ces chiffres ne sont que des approximations théoriques destinées à illustrer les exemples de calculs présentés dans ce rapport.

Tableau 5

Valeur du bois sur pied selon l'âge, l'utilisation et la table de rendement
(en \$/m³)

Age	Boudoux classe I				Vézina et Linteau classe I				Bertrand et Bolghari classe 10 m				
	CTLE	VBSP		CTLE	VBSP		CTLE	VBSP		CTLE	VBSP		
		Pâte	Sciage		Pâte	Sciage		Pâte	Sciage		Pâte	Sciage	
20													
25													
30				38,76	-5,76	2,24	38,32	-5,32	2,68	55,05	-22,05	-14,05	
35	35,72	-2,72	5,28	36,08	-3,08	4,92	34,10	-1,10	6,90	44,75	-11,75	-3,75	
40	33,59	-0,59	7,41	33,81	-0,81	7,19	31,26	1,74	9,74	31,26	1,74	9,74	
45	32,78	0,22	8,22	31,84	1,16	9,16	29,29	3,71	11,71	29,29	3,71	11,71	
50	31,86	1,14	9,14	30,16	2,84	10,84	27,89	5,11	13,11	27,89	5,11	13,11	
55	31,15	1,85	9,85	28,72	4,28	12,28	26,88	6,12	14,12	26,88	6,12	14,12	
60	30,57	2,43	10,43	27,48	5,52	13,52	26,15	6,85	14,85	26,15	6,85	14,85	
65	30,05	2,95	10,95	26,44	6,56	14,56							
70	29,61	3,39	11,39	25,54	7,46	15,46							
75	29,16	3,84	11,84	24,77	8,23	16,23							
80	28,55	4,45	12,45	24,08	8,92	16,92							

ANNEXE II

TABLE DE $(1 + I)^t$

Taux d'intérêt

T	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
1	1,03000	1,03500	1,04000	1,04500	1,05000
2	1,06090	1,07122	1,08160	1,09202	1,10250
3	1,09273	1,10872	1,12486	1,14117	1,15762
4	1,12551	1,14752	1,16986	1,19252	1,21551
5	1,15927	1,18769	1,21665	1,24618	1,27628
6	1,19405	1,22926	1,26532	1,30226	1,34010
7	1,22987	1,27228	1,31593	1,36086	1,40710
8	1,26677	1,31681	1,36857	1,42210	1,47746
9	1,30477	1,36290	1,42331	1,48610	1,55133
10	1,34392	1,41060	1,48024	1,55297	1,62889
11	1,38423	1,45997	1,53945	1,62285	1,71034
12	1,42576	1,51107	1,60103	1,69588	1,79586
13	1,46853	1,56396	1,66507	1,77220	1,88565
14	1,51259	1,61869	1,73168	1,85194	1,97993
15	1,55797	1,67535	1,80094	1,93528	2,07893
16	1,60471	1,73399	1,87298	2,02237	2,18287
17	1,65285	1,79468	1,94790	2,11338	2,29202
18	1,70243	1,85749	2,02582	2,20848	2,40662
19	1,75351	1,92250	2,10685	2,30786	2,52695
20	1,80611	1,98979	2,19112	2,41171	2,65330
21	1,86029	2,05943	2,27877	2,52024	2,78596
22	1,91610	2,13151	2,36992	2,63365	2,92526
23	1,97359	2,20611	2,46472	2,75217	3,07152
24	2,03279	2,28333	2,56330	2,87601	3,22510
25	2,09378	2,36324	2,66584	3,00543	3,38635
26	2,15659	2,44596	2,77247	3,14068	3,55567
27	2,22129	2,53157	2,88337	3,28201	3,73346
28	2,28793	2,62017	2,99870	3,42970	3,92013
29	2,35657	2,71188	3,11865	3,58404	4,11614
30	2,42726	2,80679	3,24340	3,74532	4,32194
31	2,50008	2,90503	3,37313	3,91386	4,53804
32	2,57508	3,00671	3,50806	4,08998	4,76494
33	2,65234	3,11194	3,64838	4,27403	5,00319
34	2,73191	3,22086	3,79432	4,46636	5,25335
35	2,81386	3,33359	3,94609	4,66735	5,51602
36	2,89828	3,45027	4,10393	4,87738	5,79182
37	2,98523	3,57103	4,26809	5,09686	6,08141
38	3,07478	3,69601	4,43881	5,32622	6,38548
39	3,16703	3,82537	4,61637	5,56590	6,70475
40	3,26204	3,95926	4,80102	5,81636	7,03999
41	3,35990	4,09783	4,99306	6,07810	7,39199
42	3,46070	4,24126	5,19278	6,35162	7,76159
43	3,56452	4,38970	5,40050	6,63744	8,14967
44	3,67145	4,54334	5,61652	6,93612	8,55715
45	3,78160	4,70236	5,84118	7,24825	8,98501
46	3,89504	4,86694	6,07482	7,57442	9,43426
47	4,01190	5,03728	6,31782	7,91527	9,90597
48	4,13225	5,21359	6,57053	8,27146	10,40127
49	4,25622	5,39606	6,83335	8,64367	10,92133
50	4,38391	5,58493	7,10668	9,03264	11,46740

T	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
51	4,51542	5,78040	7,39095	9,43910	12,04077
52	4,65089	5,98271	7,68659	9,86386	12,64281
53	4,79041	6,19211	7,99405	10,30774	13,27495
54	4,93412	6,40883	8,31381	10,77159	13,93870
55	5,08215	6,63314	8,64637	11,25631	14,63563
56	5,23461	6,86530	8,99222	11,76284	15,36741
57	5,39165	7,10559	9,35191	12,29217	16,13578
58	5,55340	7,35428	9,72599	12,84532	16,94257
59	5,72000	7,61168	10,11503	13,42336	17,78970
60	5,89160	7,87809	10,51963	14,02741	18,67919
61	6,06835	8,15382	10,94041	14,65864	19,61315
62	6,25040	8,43921	11,37803	15,31828	20,59380
63	6,43791	8,73458	11,83315	16,00760	21,62349
64	6,63105	9,04029	12,30648	16,72794	22,70467
65	6,82998	9,35670	12,79874	17,48070	23,83990
66	7,03488	9,68419	13,31068	18,26733	25,03190
67	7,24593	10,02313	13,84311	19,08936	26,28349
68	7,46331	10,37394	14,39684	19,94839	27,59766
69	7,68721	10,73703	14,97271	20,84606	28,97755
70	7,91782	11,11283	15,57162	21,78414	30,42643
71	8,15536	11,50177	16,19448	22,76442	31,94775
72	8,40002	11,90434	16,84226	23,78882	33,54513
73	8,65202	12,32099	17,51595	24,85932	35,22239
74	8,91158	12,75222	18,21659	25,97799	36,98351
75	9,17893	13,19855	18,94525	27,14700	38,83269
76	9,45429	13,66050	19,70306	28,36861	40,77432
77	9,73792	14,13862	20,49119	29,64520	42,81304
78	10,03006	14,63347	21,31083	30,97923	44,95369
79	10,33096	15,14564	22,16327	32,37330	47,20137
80	10,64089	15,67574	23,04980	33,83010	49,56144
81	10,96012	16,22439	23,97179	35,35245	52,03951
82	11,28892	16,79224	24,93066	36,94331	54,64149
83	11,62759	17,37997	25,92789	38,60576	57,37356
84	11,97642	17,98827	26,96500	40,34302	60,24224
85	12,33571	18,61786	28,04360	42,15846	63,25435
86	12,70578	19,26948	29,16535	44,05559	66,41707
87	13,08695	19,94392	30,33196	46,03809	69,73792
88	13,47956	20,64195	31,54524	48,10980	73,22482
89	13,88395	21,36442	32,80705	50,27474	76,88606
90	14,30047	22,11218	34,11933	52,53711	80,73037
91	14,72948	22,88610	35,48411	54,90128	84,76688
92	15,17137	23,68712	36,90347	57,37183	89,00523
93	15,62651	24,51616	38,37961	59,95356	93,45549
94	16,09530	25,37423	39,91479	62,65148	98,12826
95	16,57816	26,26233	41,51139	65,47079	103,03468
96	17,07551	27,18151	43,17184	68,41698	108,18641
97	17,58777	28,13286	44,89872	71,49574	113,59573
98	18,11540	29,11751	46,69466	74,71305	119,27552
99	18,65887	30,13663	48,56245	78,07514	125,23929
100	19,21863	31,19141	50,50495	81,58852	131,50126

Parution, janvier 1983

Le ministère de l'Énergie et des Ressources est responsable de l'administration des terres et des forêts publiques dans l'intérêt général du Québec. C'est à son Service de la recherche (Terres et Forêts) 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 contribue donc à un aménagement rationnel et à une saine utilisation des richesses territoriales et forestières du Québec. La plus grande partie de son budget est consacrée aux recherches ayant pour but d'accroître et d'améliorer la production des forêts québécoises.



Éditeur officiel du Québec
Imprimé au Québec